

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 複数の単電池を含む組電池において、単電池間の熱移動を制御することができる仕切り部材、組電池及び組電池の制御方法を提供する。仕切り部材は、組電池を構成する単電池間を仕切り、厚み方向の二面を有する仕切り部材であって、前記二面のうち一方の平均温度が180℃を超える場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) が下記式1を満たし、かつ、前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たす。 $\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$. . . (式1) $\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$. . . (式2)

明 細 書

発明の名称：仕切り部材、組電池及び組電池の熱伝達制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、仕切り部材、組電池及び組電池の熱伝達制御方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、車両等の電源としての使用が急増している二次電池について、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目的や、一度の充電に対して走行可能な航続距離を伸ばす等の目的から、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] 一方、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、高エネルギー密度を有する二次電池となるほど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。

[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ため、構成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広がるおそれがある。このような電池間の損傷の連鎖を防ぐため、損傷した電池を冷却する技術や、損傷した電池から損傷していない電池への熱の移動を抑制する技術が種々提案されている。

[0005] 例えば、特許文献1では、異常発熱した電池を冷却する方法が検討されている。具体的には、単電池の近傍に冷却材が収容された冷却ユニットを設け、該冷却ユニットにおいてシート状部分が封止されて形成された封止部を備え、かつ該封止部の一部に単電池が異常発熱した際に開封される開封部を設けた電池モジュールが開示されている。

[0006] また、特許文献2では、異常発熱した電池を冷却するための冷却剤収納部

の構造及び冷却剤放出機構についての検討がなされている。具体的には、複数の単電池で構成された電池ユニットと、少なくとも一方が開口端である収納部を有し、該収納部に該電池ユニットを収納する筐体と、開口部を有し、該筐体において、開口端を覆う蓋体と、吸熱材と、該吸熱材を内包する外装フィルムとを有し、該電池ユニットの側面に接触して設けられた吸熱部材と、を備え、該外層フィルムは樹脂層と該樹脂層の軟化温度よりも高い融点を有し、単電池の発熱により溶融する金属フィルムとの積層構造を有する電池モジュールが開示されている。

[0007] また、特許文献3では、電池間に設置した仕切り部材を溶融性の母材と熱硬化性樹脂で構成し、母材の溶融によって仕切り部材による熱伝導を抑制することで、異常発熱した電池から隣接する電池への熱伝達を抑制する方法が開示されている。

[0008] 更に、特許文献4では、蓄電素子間に設置した仕切り部材を樹脂で形成された母材と、この母材に保持され、蓄電素子の発熱に伴う温度上昇に応じて熱分解される発泡剤とを有するものにより構成することにより、異常発熱した電池から隣接する電池への熱伝達を抑制する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特許第5352681号公報

特許文献2：特許第4900534号公報

特許文献3：特開2010-97693号公報

特許文献4：特開2010-165597号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 本発明者等がこれらの従来技術を詳細に検討した結果、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、電池間の損傷の連鎖を防ぐために必要となる熱抵抗

値についての検討は十分になされていないことがわかった。

[0011] 上記特許文献1では、異常発熱した電池を冷却する方法の詳細な検討はなされているが、異常発熱したセルの発熱量と冷却剤の冷却能についての定量的な検討はなされていない。また、上記特許文献2では、異常発熱した電池の発熱量と冷却剤の冷却能についての定量的な検討はなされていない。

[0012] 更に、上記特許文献3では、母材の溶融による仕切り部材の熱抵抗値の変化についての定量的な検討がなされてはならず、また、上記特許文献4においても、発熱に伴う温度上昇に応じて熱分解される発泡剤による仕切り部材の熱抵抗の変化についての定量的な検討はなされていない。そして、これらの仕切り部材の熱抵抗が変化する場合であっても、変化する温度域や変化前後の熱抵抗値等が適切に設計されていない場合、異常発熱した電池から隣接する電池の伝熱量の一部は抑制されるが、結果的に隣接する電池が異常発熱状態に到達することを防ぐことは困難であると考えられる。また、組電池を構成する単電池はバスバーで連結されており、通常バスバーには良熱伝導体である金属が用いられるため、電池間に設置した仕切り部材の母材溶融により電池間の伝熱が抑制された場合であっても、バスバーによる電池間の伝熱は避けられない点が考慮されていない。

[0013] 本発明は、複数の単電池を含む組電池において、単電池間の熱移動を制御することができる仕切り部材、組電池及び組電池の制御方法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

[0014] 本発明者等はこれらの従来技術において十分に検討されていなかった電池間の損傷の連鎖を防ぐために必要となる熱抵抗値について着目し、その条件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間を仕切る厚み方向の二面を有する仕切り部材において、当該二面のそれぞれの平均温度が通常状態のセル温度と同程度であるか、異常発熱状態のセル温度と同程度であるかに応じて、熱抵抗値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。

[0015] [1] 組電池を構成する単電池間を仕切り、厚み方向の二面を有する仕切り部材であって、前記二面のうちの一方の平均温度が180℃を超える場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) が下記式1を満たし、かつ、前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たす、仕切り部材。

$$\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad \dots \text{ (式1)}$$

$$\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad \dots \text{ (式2)}$$

[0016] [2] 前記二面の一方の平均温度が180℃以上である場合において、前記厚み方向の熱伝導率が $2.0 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上 $2.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下であり、かつ、

前記二面の双方の平均温度が80℃以下である場合において、前記厚み方向の熱伝導率が $5.0 \times 10^{-2} \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上 $50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下である、
[1]に記載の仕切り部材。

[0017] [3] 前記単電池の厚みがL [mm] である場合に、前記厚み方向における厚みがL/50 mm以上L/10 mm以下である、[1]又は[2]に記載の仕切り部材。

[0018] [4] 前記二面のうちの一方の平均温度が180℃を超えて300℃までである場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) が下記式1を満たし、かつ、

前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たす、[1]乃至[3]のいずれか1項に記載の仕切り部材。

[0019] [5] [1]乃至[4]のいずれか1項に記載の仕切り部材を含む組電池。

[0020] [6] 第1単電池、第2単電池、及び第3単電池を含む複数の単電池と、前記第1単電池と前記第2単電池間を仕切る第1仕切り部材と、前記第2単電池と前記第3単電池間を仕切る第2仕切り部材とを含み、

異常発熱状態に至った前記第1単電池からの熱により前記第2単電池が通

常状態を逸脱した場合に、前記第1単電池から前記第2単電池へ前記第1仕切り部材を介して伝わる熱の量が前記第1仕切り部材によって抑制されるとともに、前記第1単電池から前記通常状態を保持している前記第3単電池へ伝わる熱の量が前記第2仕切り部材によって抑制されない、組電池。

[0021] [7] 前記第1仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗が増加して前記第1単電池から前記第2単電池へ伝わる熱の量が抑制される、[6]に記載の組電池。

[0022] [8] 前記第2単電池が前記通常状態を逸脱しても、前記第2仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗が増加せず前記第1単電池から前記第3単電池へ伝わる熱の量が抑制されない、[6]又は[7]に記載の組電池。

[0023] [9] 仕切り部材により単電池間を仕切る組電池の熱伝達制御方法であって、

前記仕切り部材は、厚み方向の二面を有し、これらのうちの一方の面は第1単電池と対向する第一面であり、また、他方の面は第2単電池と対向する第二面であって、

前記第1面の平均温度が80℃を超えない場合において、前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗(θ_2)が下記式2を満たして前記第1単電池からの熱を前記第2単電池へ前記仕切り部材を介して伝達し、

前記第1単電池が異常発熱状態に至るとともに前記第2単電池が前記第1単電池から前記仕切り部材を介して伝わる熱で通常状態を逸脱し、かつ前記第1単電池からの熱によって前記第1面の平均温度が180℃を超える場合において、前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗(θ_1)が下記式1を満たして前記第1単電池から前記仕切り部材を介して伝わる熱の量を抑制する、組電池の熱伝達制御方法。

$$\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \quad (\text{式}1)$$

$$\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \quad (\text{式}2)$$

発明の効果

[0024] 本発明によれば、複数の単電池を含む組電池において、単電池間の熱移動

を制御することができる。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1]仕切り部材を例示する図である。
- [図2]櫛形構造を有する仕切り部材を例示する図である。
- [図3]組電池を例示する図である。
- [図4]組電池の伝熱経路を例示する図である。
- [図5]本発明の実施態様の一例である袋状構造物の例である。
- [図6]本発明の実施態様の一例である袋状構造物の変形例である。
- [図7]比較例1におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。
- [図8]比較例1における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。
- [図9]比較例1における仕切り部材の熱抵抗の推移を示すグラフである。
- [図10]実施例1におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。
- [図11]実施例1における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。
- [図12]実施例1における仕切り部材の熱抵抗の推移を示すグラフである。
- [図13]比較例2におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。
- [図14]比較例2における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。
- [図15]比較例2における仕切り部材の熱抵抗の推移を示すグラフである。
- [図16]比較例3におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。
- [図17]比較例3における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。
- [図18]比較例3における仕切り部材の熱抵抗の推移を示すグラフである。
- [図19]比較例4におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。
- [図20]比較例4における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。
- [図21]比較例4における仕切り部材の熱抵抗の推移を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0026] 以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。以下に記載する構成要件の説明は、本発明の実施形態の一例（代表例）であり、本発明はその要旨を超えない限り、これらの内容に限定されない。

[0027] <仕切り部材>

本発明に係る仕切り部材は、組電池を構成する単電池間を仕切る仕切り部材である。この仕切り部材は、組電池を構成する単電池間を仕切り、厚み方向の二面を有するものであって、前記二面のうちの一方の平均温度が180℃を超える場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗（ θ_1 ）が下記式1を満たし、かつ、前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗（ θ_2 ）が下記式2を満たす。

$$\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \text{(式1)}$$

$$\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \text{(式2)}$$

[0028] θ_1 は、好ましくは 1.0×10^{-2} 以上、さらに好ましくは 2.0×10^{-2} 以上である。一方、 θ_2 は、好ましくは 2.0×10^{-3} 以下、さらに好ましくは 1.0×10^{-3} 以下である。また、組電池を構成する単電池間を仕切る前記仕切り部材の厚み方向の二面のうちの一方の平均温度が160℃を超える場合に単位面積当たりの熱抵抗（ θ_1 ）が上記式1を満たし、かつ、前記二面の双方の平均温度が100℃を超えない場合に単位面積当たりの熱抵抗（ θ_2 ）が上記式2を満たすことが好ましい。

[0029] 仕切り部材は組電池を構成する単電池間を仕切る。図1は、仕切り部材を例示する図である。図1には、縦、横、厚み（幅）を有する直方体（板体）の仕切り部材1（図1の説明において、仕切り部材1Aと称する）が例示されている。仕切り部材1Aは、厚み方向において反対方向を向いた2つの面1a及び面1bを有している。

[0030] 仕切り部材1Aは、組電池を構成する単電池間を仕切るため、単電池間に配置される。仕切り部材1Aが単電池間を仕切る状態において、面1a及び

面 1 b のそれぞれは、仕切り対象の単電池と対向した状態にされる。このとき、面 1 a 及び面 1 b のそれぞれは対向する単電池と接触する状態であっても近接する状態であってもよい。

[0031] 図 1 に示す例では、面 1 a 及び面 1 b を「組電池を構成する単電池間を仕切る厚み方向の二面」として使用し得る。但し、仕切り部材 1 A を用いた仕切り方によっては、「組電池を構成する単電池間を仕切る厚み方向の二面」の一方は単電池と対向しない場合もあり得る。

[0032] 本発明において、仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗 (θ) とは、仕切り部材の厚み方向の単位断面積あたりの熱移動抵抗を意味する。仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は、仕切り部材として使用される材料の厚み方向における熱伝導率 (k [$W/m \cdot K$]) 及び仕切り部材の厚み (d [m]) を用いて表すことができる。

[0033] 図 1 に示す仕切り部材 1 A の単位面積当たりの熱抵抗 (θ) について説明する。説明を簡単にするため、仕切り部材 1 A は単一の材料で形成され、密度は一定であるものとする。仕切り部材 1 A の厚み方向の熱伝導率を k [$W/m \cdot K$]、仕切り部材 1 A の厚みを d [m] とする。また、仕切り部材 1 A の面 1 b の表面温度の平均値を T_1 [$^{\circ}C$] とし、面 1 a の表面温度の平均値を T_2 [$^{\circ}C$] とする。

[0034] T_2 が T_1 より低い場合、仕切り部材 1 A の面 1 b 側と面 1 a 側とで表面温度差 $T_1 - T_2$ が生じている。この場合、仕切り部材 1 A の単位断面積当たりの熱流量 (熱流束) q は、以下の式 (1) によって表すことができる。

$$q = k (T_1 - T_2) / d \quad [W/m^2] \quad \dots (1)$$

ここで、熱流束 (q) は、単位面積当たりの熱抵抗 (θ) を用いて以下の式 (2) によって表すことができる。

$$q = (1/\theta) (T_1 - T_2) \quad \dots (2)$$

式 (1) 及び式 (2) から、単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は、仕切り部材 1 A の厚み方向の熱伝導率 (k) 及び仕切り部材の厚み (d) を用いて表すことができる。即ち、単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は以下の式 (3) によ

って表すことができる。

$$\theta = d/k \quad [m^2 \cdot K/W] \quad \dots (3)$$

[0035] 仕切り部材1の形状(構造)は、直方体に制限されない。厚み方向を有する形状であれば、仕切り部材が楕型構造、中空構造、格子構造等を有する場合であっても、仕切り部材1の熱抵抗は上記式(3)によって表すことができる。また、仕切り部材1は、単一の材料で形成される場合に限らず、複数の材料の組み合わせによって形成されてもよい。複数の材料の組み合わせによって形成されている場合であっても、仕切り部材1の単位面積当たりの熱抵抗は上記式(3)によって表すことが可能である。材料の組み合わせは、例えば、ポリエチレン、塩素化ポリエチレン、エチレン塩化ビニルコポリマー、エチレン酢酸ビニルコポリマー、ポリ酢酸ビニル、ポリプロピレン、ポリブテン、ポリブタジエン、ポリメチルペンテン、ポリスチレン、ポリ α -メチルスチレン、ポリパラビニルフェノール、ABS樹脂、SAN樹脂、AES樹脂、AAS樹脂、メタクリル樹脂、ノルボルネン樹脂、ポリ塩化ビニル、アクリル変性ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリアリルアミン、ポリビニルエーテル、ポリビニルアルコール、エチレンビニルアルコール共重合体、石油樹脂、熱可塑性エラストマー、熱可塑性ポリウレタン樹脂、ポリアクリロニトリル、ポリビニルブチラール、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、尿素樹脂、メラフィン樹脂、フラン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ジアリルフタレート、グアナミン、ケトン樹脂、酢酸セルロース、セロファン、硝酸セルロース、アセチルセルロース、ナイロン、ポリアミド、ポリアセタール、ポリオキシメチレン、ポリカーボネート、ポリカーボネート/ABSアロイ、ポリカーボネート/ポリエステルアロイ、ポリフェニレンエーテル、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアリレート、ポリアミドイミド、ポリエーテルイミド、ポリエーテルエーテルケトン、超高分子ポリエチレン、アイソタクチックポリスチレン、液晶ポリマー、ポリイミド、フッ素樹脂、テフロン(登録商標)、4フッ化エチレン

ペルフルオロアルコキシビニルエーテル、4フッ化エチレン・6フッ化エチレン共重合体、ポリクロロトリフルオロエチレン、4フッ化エチレン・エチレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン、ポリビニルフロライド、ポリアミノビスマレインイミド、ポリトリアジン、架橋ポリアミドイミド等から2以上の材料を選択し、組み合わせることができる。

[0036] 図2は、楕型構造を有する仕切り部材1（図2の説明において、仕切り部材1Bと称する）を例示する。図2に示すように、仕切り部材1Bは、全体として板状に形成され、その断面が楕型に形成されている。仕切り部材1Bにおいても、厚さ方向において反対方向を向いた2つの面1c及び面1dを有する。面1cは縞状の凹凸面であり、面1dは平面である。これより、厚さ方向の面で仕切り部材1Bを切断した断面は楕形となっている。面1c及び面1dは、面1a及び面1bと同様に扱うことができる。

[0037] 図2に示す仕切り部材1Bの単位面積当たりの熱抵抗（ θ ）の求め方は以下の通りである。面1c及び面1dの各表面における平均温度を、上記式（1）及び式（2）の T_1 及び T_2 として用いることができる。また、当該仕切り部材1Bの単位断面積当たりの熱流量の平均値を上記式（1）及び式（2）の熱流束（ q ）として用いることができる。

[0038] また、熱伝導率（ k ）として、当該仕切り部材1Bの構造及び材料種を考慮して算出した合成熱伝導率を、上記式（1）及び式（3）の熱伝導率（ k ）として用いることで、単位面積当たりの熱抵抗（ θ ）は、上記式（3）により表すことができる。このように、単位面積当たりの熱抵抗（ θ ）は、仕切り部材1Bの構造及び材料種を考慮して算出される単位面積当たりの有効熱抵抗を用いることが可能である。

[0039] なお、合成熱伝導率は、例えば以下の方法により算出することができる。まず、熱伝導率： k_n [W/m·K]、厚み： d_n [m]、熱抵抗： R_n ($n = 1, 2, \dots, n$) の n 種類の材料を組み合わせた複合部材の熱抵抗（ R ）を求める。 n 種類の材料が直列で並んでいる場合、熱抵抗（ R ）は、以下の式（4）によって表すことができる。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad \dots (4)$$

また、 n 種類の材料が並列で並んでいる場合は、熱抵抗 (R) は、以下の式 (5) によって表すことができる。

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n \quad \dots (5)$$

[0040] 次に、 n 種類の材料が直列で並んでいる場合の複合部材の合成熱伝導率を算出する。この場合、 n 種類の材料の熱移動方向の断面積 (A_n) は全て等しいものとする。即ち、 $A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_n = A$ [m^2] とすると、各材料の熱抵抗 (R_n) は、単位断面積あたりの熱抵抗 (θ_n) を用いて以下の式 (6) によって表される。

$$R_n = \theta_n / A \quad \dots (6)$$

式 (4) を式 (6) 及び式 (3) を用いて変形すると、以下の式 (7) が得られる。

$$\begin{aligned} R &= (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \dots + \theta_n) / A \\ &= (d_1/k_1 + d_2/k_2 + d_3/k_3 + \dots + d_n/k_n) / A \quad \dots (7) \end{aligned}$$

複合部材の合成熱伝導率を κ とすると、複合部材の総厚みは $\sum d_n$ であるから、合成熱伝導率 (κ) は、以下の式 (8) のように表すこともできる。

$$R = (\sum d_n / \kappa) / A \quad \dots (8)$$

式 (7) 及び式 (8) より、合成熱伝導率 (κ) は、以下のよう表すことができる。

$$\begin{aligned} \kappa &= \sum d_n / \sum (d_n / k_n) \\ &= (d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n) / (d_1/k_1 + d_2/k_2 + d_3/k_3 + \dots + d_n/k_n) \end{aligned}$$

[0041] また、 n 種類の材料が並列で並んでいる場合の複合部材の合成熱伝導率を算出する。この場合、 n 種類の材料の熱移動方向の厚みは全て等しいものとする。即ち、 $d_1 = d_2 = d_3 = \dots = d_n = d$ [m] とする。 n 種類の材料の熱移動方向の断面積をそれぞれ A_n [m^2] とすると、各材料の熱抵抗 (R_n) は単位断面積あたりの熱抵抗 (θ_n) を用いて次のように表せる。

$$R_n = \theta_n / A_n \quad \dots (9)$$

式(5)を式(9)及び式(3)を用いて変形すると、以下の式(10)が得られる。

$$\begin{aligned} 1/R &= A_1/\theta_1 + A_2/\theta_2 + A_3/\theta_3 + \dots + A_n/\theta_n \\ &= (A_1 k_1 + A_2 k_2 + A_3 k_3 + \dots + A_n k_n) / d \quad \dots (10) \end{aligned}$$

複合部材の合成熱伝導率を κ とすると、複合部材の総断面積は ΣA_n であるから、合成熱伝導率(κ)は、以下の式(11)のように表すこともできる。

$$R = (d/\kappa) / \Sigma A_n \quad \dots (11)$$

式(10)及び式(11)より、合成熱伝導率(κ)は、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \kappa &= \Sigma (A_n k_n) / \Sigma A_n \\ &= (A_1 k_1 + A_2 k_2 + A_3 k_3 + \dots + A_n k_n) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n) \end{aligned}$$

[0042] 仕切り部材1Bのような楕円構造の仕切り部材であっても、中空構造、格子構造等の仕切り部材であっても、空洞部位の材質である空気の熱伝導率および空洞部位の厚みや断面積を与えることで、合成熱伝導率を算出することができる。

[0043] 仕切り部材1の組電池を構成する単電池間を仕切る厚み方向の二面のうち的一方(例えば、面1a~1dのいずれか)の平均温度が180℃を超える場合においては、その厚み方向の熱伝導率が $2.0 \times 10^{-2} \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以上 $2.0 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以下であり、かつ、前記面(例えば、面1a~1dのいずれか)の平均温度が80℃を超えない場合においては、その厚み方向の熱伝導率が $5.0 \times 10^{-2} \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以上 $5.0 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以下である、ようにするのが好ましい。

[0044] また、組電池を構成する単電池の厚みがL [mm]である場合に、厚みが $L/50 \text{mm}$ 以上 $L/10 \text{mm}$ 以下であることが好ましい。ここで、組電池を構成する単電池の厚み(L)について想定される範囲は、通常、10mm

$\leq L \leq 100 \text{ mm}$ 、好ましくは $15 \text{ mm} \leq L \leq 80 \text{ mm}$ である。

[0045] なお、ある仕切り部材が本発明の仕切り部材に該当するかどうかの確認は以下のように行えばよい。

[0046] [1. 熱抵抗 (θ_1) の決定]

1-1) 確認の対象とする仕切り部材の重心を決める。そしてこの重心から仕切り部材の一方の面に対して垂線を引き、その交点となる点を第1の点とする。この第1の点を含む面全体が 160°C 加熱となるように加熱する。なお、この加熱方法はある第1の点を含む面全体を $160 \sim 300^\circ\text{C}$ となるように温度を制御して加熱することができる方法であればその方法は制限されない。

1-2) 第1の点を基準として、前記仕切り部材を前記厚み方向に二等分する分割面に対して前記第1の点と面对称の位置にある、他方の面上に存在する点を第2の点とする。

1-3) 第1の点及び第2の点に基づいて、第1の点を含む面の温度について 160°C から 300°C まで昇温させる。ここで、 160°C 、 180°C 、 210°C 、 240°C 、 270°C 及び 300°C のそれぞれの温度で系全体の温度が定常状態となったときについて、前述の方法により熱抵抗 (θ_1) を求める。

[0047] [2. 熱抵抗 (θ_2) の決定]

2-1) 前記第1の点を含む面について面全体を 100°C に加熱する。なお、この加熱方法は前記第1の点を含む面全体を $20 \sim 1000^\circ\text{C}$ となるように温度を制御して加熱することができる方法であればその方法は制限されない。

2-2) 1-2) と同様にして第2の点を決定する。

2-3) 第1の点及び第2の点に基づいて、第1の点を含む面について 100°C から 20°C まで降温させる。ここで、 80°C 、 60°C 、 40°C 、 20°C のそれぞれの温度で系全体の温度が定常状態となったときについて、前述の方法により熱抵抗 (θ_2) を求める。

[0048] [3. 仕切り部材の確認]

3-1) 上記1-3) 及び2-3) で求めた熱抵抗の値を用い、180℃より高い温度の各温度において上記式1を満たすかどうか、及び80℃よりも低い温度の各温度において上記式2を満たすかどうかを確認する。これらの各温度において式1及び式2を満たすかどうかを確認することにより、ある仕切り部材が本発明の仕切り部材に該当するかどうかを確認する。なお、前述の通り、本発明の仕切り部材は160℃より高い温度の各温度において上記式1を満たすことが好ましく、100℃より低い温度の各温度において上記式2を満たすことが好ましい。

[0049] <組電池>

仕切り部材1は、組電池を構成する構成要素の一つである。本発明に適用し得る組電池は、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。

[0050] 図3は、組電池を例示する図である。図3には、組電池10として、3セル連結簡易組電池が例示されている。組電池は、所望の出力電力に応じた数の単電池 (セルともいう) が直列、並列、又はこれらの組合せにより接続されて形成される。セルの数は、要求される電力に応じて適宜設定される。図3の例では、各単電池が直列に接続され、単電池間に仕切り部材が配置される。

[0051] 図3に示す組電池10の例示では、組電池10は、セル21 (Cell 1

: 第1単電池)、セル22 (Cell 2 : 第2単電池)、セル23 (Cell 3 : 第3単電池) と、セル間に配置されてセル間を仕切る仕切り部材11 (Spacer 1 : 第1仕切り部材)、仕切り部材12 (Spacer 2 : 第2仕切り部材) と、を含む。組電池10は、さらにバスバー3及び筐体4を備える。以下の説明において、仕切り部材11と仕切り部材12とを区別しない場合は、仕切り部材1と称する。また、セル21, セル22, セル23を区別しない場合は、セル2との表記を用いる。なお、本発明において、第1単電池、第2単電池及び第3単電池、並びに第1仕切り部材及び第2仕切り部材とは、図3に示されるような相対的な位置関係を意味するものであり、ある単電池が異常発熱状態に至った場合、当該単電池を第1単電池とみなして第2単電池及び第3単電池、並びに第1仕切り部材及び第2仕切り部材を決定するものとする。

[0052] (セル／単電池)

セル2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、鉛蓄電池等の二次電池を適用し得る。

[0053] (仕切り部材)

仕切り部材1は、図1及び図2を用いて説明したものを適用することができる。

[0054] (バスバー、筐体)

バスバー3は、セルから出力される電力を負荷(例えば、モータ)へ供給するために使用される導体棒であり、例えばアルミニウム等の導体で形成される。筐体4は、仕切り部材1及びセル2を収容する。筐体4は、例えば、金属、樹脂(ポリプロピレン等)、金属及び樹脂の組み合わせで形成し得る。筐体として、セル間に仕切り部材1が挿入された複数のセル2のエンドプレートで挟み、エンドプレート間を接続板で接続して、セル2及び仕切り部材1が固定されるようにしてもよい。

[0055] <組電池における発熱及び熱移動>

セル2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、セル2内部で発熱を伴いながら分解反応を起こすことにより、セル2の温度が昇温し、セル2の一部ないし全領域が200℃以上になる場合がある。この状態を「異常発熱状態」という。

[0056] 一般に、セル2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、セル2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、つまりセル2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」Springer-8利用推進協議会 ガラス・セラミックス研究会（第二回）（2011））。

[0057] また、セル2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、最終的に爆発的還元分解反応に至ることが報告されている。このため、セル2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、つまりセル2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）。

[0058] また、セル2を構成する電極や電解液等を構成する化学物質が、セル2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、セル2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)）。また、通常状態のセル2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セル2を、「通常状態を逸脱した単電池」という。セル2内部での発熱は、各種伝達経路を介して、他のセル2に伝達される。

[0059] また、通常状態のセル2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セル2を、「通常状態を逸脱した単電池」という。セル2内部での発熱は、各種伝達経路を介して、他のセル2に伝達される。

[0060] 図4は、組電池の伝熱経路を例示する図である。図4の例において、組電池10を構成する左端のセル21が異常発熱した場合、セル21で発生した熱は、(1)セル間に配置される仕切り部材11、(2)バスバー3、及び(3)セル2と接触する組電池10の筐体4、を介して他のセル22、23

に移動する他、(4)組電池10の筐体外部にも放熱される。

[0061] 仕切り部材1に接触又は近接するセル2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は180℃とする。ここで、汎用セパレータ材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、セル2の表面平均温度が180℃を超える場合には、セル2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危険性がある。仕切り部材1の、組電池10を構成するセル2間を仕切る厚み方向の二面のうちの一方の平均温度が180℃を超える場合に、熱抵抗(θ_1)が前記(式1)を満たすように制御することで、仕切り部材1を介する熱移動が制限され、仕切り部材1に接触又は近接するセル2への延焼を抑制することができる。汎用セパレータ材の材質は、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン等である(参考文献7:特開2013-35293号公報/参考文献8:特開2015-208894号公報)。

[0062] 仕切り部材1に接触又は近接するセル2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80℃とする。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。セル2の表面平均温度が80℃より低い場合は、セル2を構成する汎用電解液自体の沸騰には至らない。仕切り部材1の、組電池を構成する単電池間を仕切る厚み方向の二面の双方の平均温度が80℃よりも低い場合は、熱抵抗(θ_2)が前記(式2)を満たすように制御することで、仕切り部材1を介する熱移動は促進される。全てのセル2が通常状態である場合、仕切り部材1の熱移動抵抗が従来品より低いため、組電池10内のセル2間の均温化に奏功し、温度ムラによるセル2の劣化を軽減する効果が期待できる。

[0063]

[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

[0064] <単位面積当たりの熱抵抗 (θ) の制御手段>

仕切り部材1の表面温度によって単位面積当たりの熱抵抗 (θ) を制御する手段について説明する。まず、仕切り部材1を構成する材料A及び材料Bを以下に例示する。

[0065] 材料Aは、単位面積当たりの熱抵抗 (θ) が前記 (式1) を満たす材料である。材料Aは、熱伝導率： $k \leq 0.20$ [W/m·K]、厚み： $d = 1.0$ [mm] とする。即ち、単位面積当たりの熱抵抗： $\theta = d/k \geq (1.0 \times 10^{-3}) / 0.20 = 5.0 \times 10^{-3}$ [m²·K/W] である。材料Aは、例えば、ポリカーボネートやブチルゴム製の樹脂板等である。

[0066] また、材料Bは、単位面積当たりの熱抵抗 (θ) が前記 (式2) を満たす材料である。材料Bは、熱伝導率： $k \geq 0.25$ [W/m·K]、厚み： $d = 1.0$ [mm] とする。即ち、単位面積当たりの熱抵抗： $\theta = d/k \leq (1.0 \times 10^{-3}) / 0.25 = 4.0 \times 10^{-3}$ [m²·K/W] である。材料Bは、例えば、固体ではセラミックス、ガラス板、ポリエチレン等であり、液体では水、エチレングリコール、グリセリン等である。

[0067] 単位面積当たりの熱抵抗 (θ) が温度T [°C] 以上で上記 (式1) を満たし、かつT [°C] 未満で上記 (式2) を満たす仕切り部材1として、以下に2つの例を示す。第1の例では、仕切り部材1は、T [°C] より高い温度に融点を持つ材料Aで形成された内部が中空の略直方体の袋状構造物を含む (図5)。袋状構造物の内部には、T [°C] において液体状態である材料Bが充填され、袋状構造物の下面には、その内部と外部とを連通する開口部が設けられ、開口部は、例えばT [°C] 付近に融点を持つ材料Cで形成される栓

で閉じられている。T [°C] 付近において、材料Cで形成された栓が溶融した場合に開口部が形成され、内部に充填された材料Bが開口部から外部に流れ落ちるように設計されている。袋状構造物の外形形状は、直方体以外の形状を有していてもよい。また、図5では、開口部は袋状構造物の下面に設けられるが、開口部から材料Bが袋状構造物の外部に流れ落ちる位置であれば、開口部は側面に設けられてもよい。なお、仕切り部材1は、上述した材料Bが充填された複数の袋状構造物が横方向又は縦方向に並べて形成された構造であってもよい。また、栓は必ずしも必須でない。材料Cの融点は材料Bと同等かそれ以下でもよい。栓を材料Bで形成する場合もあり得る。材料Bは必ずしもT [°C] において液体で無くてもよく、液体以外の流体状態である場合もあり得る。

[0068] 上記のような袋状構造物の仕切り部材1であれば、表面温度がT [°C] 未満の場合には、袋状構造物内の材料Bによって単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は上記(式2)を満たす。また、仕切り部材1の表面温度がT [°C] 以上になった場合には、材料Bが袋状構造物の外部に流れ落ちるため仕切り部材1は材料Aで構成されることになり、仕切り部材1の単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は上記(式1)を満たす。

[0069] 次に、第2の例を説明する。第2の例では、仕切り部材1は、図5の袋状構造物の内部に格子状のフレームが設けられた構造を有する(図6)。袋状構造物の内部において、フレーム以外の部分は、T [°C] において液体状態である材料Bで満たされ、袋状構造物の下面は、T [°C] 付近に融点を持つ材料Cで形成される栓で閉じられている。T [°C] 付近において、材料Cで形成された栓が溶融した場合に、袋状構造物の空間部分に充填された材料Bが、栓の溶融により形成される開口部から外部に流れ落ちるように設計されている。フレームは、材料Bが流れ出た場合における袋状構造物の剛性(強度)を維持するように作用する。このような袋状構造物の仕切り部材1であれば、表面温度がT [°C] 未満の場合には、袋状構造物の空間部分に充填された材料Bによって単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は上記(式2)を満たす

。また、仕切り部材 1 の表面温度が T [°C] 以上になった場合には、材料 B が袋状構造物の外部に流れ落ちるため仕切り部材 1 は材料 A で構成されることになり、仕切り部材 1 の単位面積当たりの熱抵抗 (θ) は上記 (式 1) を満たす。

[0070] <セル間の熱移動制御>

組電池 10 を構成するセル 2 間の熱移動は、異常発熱状態に至ったセル 2 から通常状態を逸脱したセル 2 へ伝わる熱量を抑制しつつ、異常発熱状態に至ったセル 2 から通常状態を逸脱したセル 2 の電極体を介さずに通常状態を保持しているセル 2 に伝わる熱量、及び通常状態を逸脱したセル 2 から通常状態を保持しているセル 2 へ伝わる熱量は抑制しないように制御される。なお、セル 2 の電極体は、電極、セパレータ、電解液を含む構造体、即ち電池の本体である。

[0071] 例えば、図 4 において、セル 2 1 が異常発熱状態に至り、セル 2 2 は通常状態を逸脱し、セル 2 3 は通常状態を保持しているものと想定する。この場合、セル 2 1 からセル 2 2 へ伝わる熱量は抑制され、セル 2 1 からセル 2 2 の電極体を介さずにセル 2 3 に伝わる熱量及びセル 2 2 からセル 2 3 に伝わる熱量は抑制されないように制御される。

[0072] セル 2 間の熱移動は、仕切り部材 1 のスイッチング機能により、制御することができる。即ち、通常状態を逸脱したセル 2 2 と異常発熱状態に至ったセル 2 1 の間に設置された仕切り部材 1 1 の熱移動抵抗が増加することにより、セル 2 1 が発した熱量のうちセル 2 2 へ伝わる熱量が減少する。また、通常状態を逸脱したセル 2 2 と通常状態を保持しているセル 2 3 の間に設置された仕切り部材 1 2 の熱移動抵抗が増加しないことにより、セル 2 2 からセル 2 3 へ伝わる熱量、及びセル 2 1 が発した熱量のうちセル 2 2 の電極体を介さずにセル 2 3 へ伝わる熱量は減少しない。なお、セル 2 1 が発した熱量のうち、セル 2 2 の電極体を介さずにセル 2 3 へ伝わる熱量は、仕切り部材 1 以外の、セル 2 2 の電極体を除くセル 2 乃至組電池 10 の構造体（例えば、バスバー 3 及び筐体 4 の外壁等）を介して伝えられる。

[0073] このように、本実施形態の仕切り部材 1 によれば、異常発熱状態に至ったセル 2 1 が発した熱量は、通常状態を逸脱したセル 2 2 に伝わる熱量を抑制しつつ、通常状態を保持しているセル 2 3 に伝わるように制御され、組電池 1 0 内の各セル 2 の温度は均温化される。したがって、異常発熱状態に至ったセル 2 以外のセル 2 が異常発熱状態に至ることを抑制することが可能となる。

実施例

[0074] 次に実施例により本発明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。

[0075] 以下の各実施例及び比較例では、異常発熱したセルからの他のセルへの伝熱経路のうち、セル間に配置される仕切り部材 1 を介する熱移動に着目し、仕切り部材 1 によるセル間の延焼抑制の可能性を検討した。評価対象の組電池として、図 3 に示す 2 次元座標系 3 セル連結簡易組電池モデルを構築し、左端部のセル 2 1 に熱暴走発生時相当の発熱量 1.3×10^9 [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、以下の各実施例及び比較例の条件において、熱伝導方程式を有限要素法により解くことにより、各セル 2 内の温度、並びに仕切り部材 1 の表面平均温度及び単位面積当たりの熱抵抗を推算した。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、セル間の伝熱経路については、図 4 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))。

[0076] また、図 3 において、左端部のセル 2 1 が異常発熱した場合に、隣接するセル 2 2 及びセル 2 3 の内部の温度、並びに仕切り部材 1 の表面平均温度及び単位面積当たりの熱抵抗を推算し、仕切り部材 1 の熱移動抵抗の変化による延焼抑制等の効果を評価した。なお、各セル 2 の内部の温度は、電極体 (

電極、セパレータ、電解液を含む構造体)の内部平均温度を計測したものと想定した。

[0077] (比較例1)

比較例1では、仕切り部材1は、ポリプロピレン(PP)等の一般的な樹脂製であるものと想定し、膜厚は1mm、熱伝導率は $0.24\text{ W/m}\cdot\text{K}$ とした。バスバー3は、アルミニウム製であるものと想定し、熱伝導率は $237\text{ W/m}\cdot\text{K}$ とした。筐体4は、ポリプロピレン等の一般的な樹脂製であるものと想定し、熱伝導率は $0.24\text{ W/m}\cdot\text{K}$ とした。これらの条件下で、各セル2内の温度、並びに仕切り部材1の表面平均温度及び単位面積当たりの熱抵抗を推算した。

[0078] 図7は、比較例1におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。縦軸はセル2内部の絶対温度[K]、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間[秒]を示す。セル21が異常発熱状態に至ってから約150秒後には、セル22及びセル23の内部の温度は 1000 K を超え、異常発熱したセル21からセル22及びセル23への延焼が発生することが示唆された。

[0079] 図8は、比較例1における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。なお、仕切り部材1の表面平均温度は、異常発熱したセル21側の表面における平均温度とした。縦軸は仕切り部材1の表面平均温度[$^{\circ}\text{C}$]、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間[秒]を示す。セル21が異常発熱状態に至った直後から仕切り部材11(Spacer1)の表面平均温度は急上昇して 400°C に達しており、約150秒後には、仕切り部材12(Spacer2)の表面平均温度も急上昇して 700°C を超えることが推算された。

[0080] 図9は、比較例1における仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗の推移を示すグラフである。縦軸は単位面積当たりの熱抵抗($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)、横軸は仕切り部材1の表面平均温度($^{\circ}\text{C}$)を示す。仕切り部材11(Spacer1)及び仕切り部材12(Spacer2)の表面平均温度 190°C におけ

る単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) の値は $4.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ 、平均温度 70°C における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) の値は $4.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ であった。即ち、比較例 1 における仕切り部材 1 は、単位面積当たりの熱抵抗に関する上述の (式 1) 及び (式 2) のいずれの条件も満たさない。

[0081] (実施例 1)

実施例 1 では、仕切り部材 1 は、異常発熱したセル側の表面温度が所定温度に達した時点で熱伝導率が変化するスイッチング機能を有する高機能仕切り部材であるものと想定し、膜厚は 1.0 mm とした。バスバー 3 及び筐体 4 についての各種条件は、比較例 1 と同様とした。

[0082] スwitching機能を有する仕切り部材 1 は、例えば、前述の材料 A の内、 150°C 付近に融点を持つ材料で構成される袋状構造物の内部に、前述の材料 B の内、 150°C において液体状態である物質を封入し、 150°C において材料 A で構成される袋状構造物の一部が溶融した場合に、内部に封入された材料 B が袋状構造物の外部に流れ落ちるように設計された構造物とすることができる。このような構造物により、仕切り部材 1 のスイッチング温度を 150°C 、初期熱伝導率を $1.0 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 、スイッチング後の熱伝導率を $0.10 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ とし、各セル 2 内の温度、並びに仕切り部材 1 の表面平均温度及び単位面積当たりの熱抵抗を推算した。

[0083] 図 10 は、実施例 1 におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。縦軸はセル 2 内部の絶対温度 [K]、横軸はセル 2 1 が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。セル 2 1 が異常発熱状態に至ってから、セル 2 2 及びセル 2 3 の内部の温度は徐々に上昇するものの、異常発熱状態に至ることなく、約 430 K 前後に収束しており、セル 2 間の延焼を抑制できる可能性があることが示された。

[0084] 図 11 は、実施例 1 における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。縦軸は仕切り部材 1 の表面平均温度 ($^\circ\text{C}$)、横軸はセル 2 1 が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。セル 2 1 が異常発熱状態に至

った直後から仕切り部材11 (Spacer1) の表面平均温度は急上昇して400℃を超えるが、仕切り部材12 (Spacer2) の表面平均温度は急上昇することなく約160℃に収束することが推算された。

[0085] 図12は、実施例1における仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗の推移を示すグラフである。縦軸は単位面積当たりの熱抵抗 [$m^2 \cdot K/W$]、横軸は仕切り部材1の表面平均温度 [$^{\circ}C$] を示す。仕切り部材11 (Spacer1) 及び仕切り部材12 (Spacer2) の表面平均温度190℃における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) の値は $1.0 \times 10^{-2} m^2 \cdot K/W$ 、平均温度70℃における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) の値は $1.0 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ であった。即ち、実施例1における仕切り部材1は、単位面積当たりの熱抵抗に関する上述の(式1)及び(式2)のいずれの条件も満たしている。

[0086] (比較例2)

比較例2及び比較例3は、仕切り部材1のスイッチング機能の重要性を確認するため、スイッチング機能を持たない仕切り部材1を想定した例を示す。比較例2では、仕切り部材1は、比較例1よりも熱伝導率が低い仕切り部材1であるものと想定し、膜厚は1.0mm、熱伝導率は $0.10 W/m \cdot K$ とした。バスバー3及び筐体4についての各種条件は、比較例1と同様とした。

[0087] 図13は、比較例2におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。縦軸はセル2内部の絶対温度 [K]、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。一般的な樹脂製仕切り部材1を使用する比較例1と比べて、異常発熱したセル21からセル22及びセル23への延焼が発生するまでに要する時間は延びるが、延焼抑制には至らないことが示された。

[0088] 図14は、比較例2における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。縦軸は仕切り部材1の表面平均温度 [$^{\circ}C$]、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。セル21が異常発熱状態に至

ってから、約250秒後に仕切り部材11 (Spacer1) の表面平均温度は上昇を始めた。本結果から、仕切り部材1の断熱性を向上させた場合、セル21が異常発熱状態に至った初期段階において、セル21の発熱が効率的に除熱されないために延焼が抑制されないものと推定した。

[0089] 図15は、比較例2における仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗の推移を示すグラフである。縦軸は単位面積当たりの熱抵抗 [$m^2 \cdot K/W$]、横軸は仕切り部材1の表面平均温度 [$^{\circ}C$] を示す。仕切り部材11 (Spacer1) 及び仕切り部材12 (Spacer2) の表面平均温度 $190^{\circ}C$ における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) の値は $1.0 \times 10^{-2} m^2 \cdot K/W$ 、平均温度 $70^{\circ}C$ における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) の値は $1.0 \times 10^{-2} m^2 \cdot K/W$ であった。即ち、比較例2における仕切り部材1は、単位面積当たりの熱抵抗に関する上述の(式1)の条件は満たすが、(式2)の条件は満たさない。

[0090] (比較例3)

比較例3では、仕切り部材1は、比較例1よりも熱伝導率が高い仕切り部材1であるものと想定し、膜厚は $1.0 mm$ 、熱伝導率は $1.0 W/m \cdot K$ とした。バスバー3及び筐体4についての各種条件は、比較例1と同様とした。

[0091] 図16は、比較例3におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。縦軸はセル2内部の絶対温度 [K]、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。一般的な樹脂製仕切り部材1を使用する比較例1と比べて、異常発熱したセル21からセル22及びセル23への延焼が発生するまでに要する時間は短縮し、セル22及びセル23は、セル21とほぼ同時に異常発熱することが示された。

[0092] 図17は、比較例3における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。縦軸は仕切り部材1の表面平均温度 ($^{\circ}C$)、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。セル21が異常発熱状態に至った直後から、仕切り部材11 (Spacer1) 及び仕切り部材12 (S

pace r 2) の表面平均温度は急上昇し、いずれも 100 秒を経過するまでに表面平均温度は 600°C を超えることが推算された。本結果から、仕切り部材 1 の伝熱性を向上させた場合は、セル 2 1 の異常発熱時の発熱を隣接するセル 2 2 及びセル 2 3 に急速に伝播させてしまうために延焼が抑制されないものと推定した。

[0093] 図 1 8 は、比較例 3 における仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗の推移を示すグラフである。縦軸は単位面積当たりの熱抵抗 [$m^2 \cdot K/W$]、横軸は仕切り部材 1 の表面平均温度 (°C) を示す。仕切り部材 1 1 (Space r 1) 及び仕切り部材 1 2 (Space r 2) の表面平均温度 190°C における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) の値は $1.0 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ 、平均温度 70°C における単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) の値は $1.0 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ であった。即ち、比較例 3 における仕切り部材 1 は、単位面積当たりの熱抵抗に関する上述の (式 1) の条件は満たさないが、(式 2) の条件は満たしている。

[0094] (比較例 4)

比較例 4 は、熱伝導率が変化するスイッチング機能を持つ高機能仕切り部材であっても、変化する前後の単位面積当たりの熱抵抗値が適切な範囲ではないために異常発熱したセルから他のセルへの延焼が発生した例を示す。

[0095] 比較例 4 では、仕切り部材 1 は、膜厚は 1.0 mm、スイッチング温度を 150°C、初期熱伝導率を $0.24 W/m \cdot K$ 、スイッチング後の熱伝導率を $0.10 W/m \cdot K$ とした。バスバー 3 及び筐体 4 についての各種条件は、比較例 1 と同様とした。

[0096] 図 1 9 は、比較例 4 におけるセルの内部の温度変化を示すグラフである。縦軸はセル 2 内部の絶対温度 [K]、横軸はセル 2 1 が異常発熱状態に至ってからの時間 [秒] を示す。セル 2 1 が異常発熱状態に至ってから、約 600 秒後には、セル 2 2 及びセル 2 3 の内部の温度は 1200 K を超え、異常発熱したセル 2 1 からセル 2 2 及びセル 2 3 への延焼が発生することが示唆された。

[0097] 図20は、比較例4における仕切り部材の表面平均温度の推移を示すグラフである。縦軸は仕切り部材1の表面平均温度〔℃〕、横軸はセル21が異常発熱状態に至ってからの時間〔秒〕を示す。セル21が異常発熱状態に至った直後から仕切り部材11 (Spacer1)の表面平均温度は急上昇して400℃を超え、約600秒後には、仕切り部材12 (Spacer2)の表面平均温度も急上昇して800℃を超えることが推算された。本結果から、仕切り部材1がスイッチング機能を有していても、仕切り部材1の熱伝導率が適切に制御されなければ、延焼が抑制されないものと推定した。

[0098] 図21は、比較例4における仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗の推移を示すグラフである。縦軸は単位面積当たりの熱抵抗〔 $m^2 \cdot K/W$ 〕、横軸は仕切り部材1の表面平均温度〔℃〕を示す。仕切り部材11 (Spacer1)及び仕切り部材12 (Spacer2)の表面平均温度190℃における単位面積当たりの熱抵抗(θ_1)の値は $1.0 \times 10^{-2} m^2 \cdot K/W$ 、平均温度70℃における単位面積当たりの熱抵抗(θ_2)の値は $4.2 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ であった。即ち、比較例4における仕切り部材1は、単位面積当たりの熱抵抗に関する上述の(式1)の条件は満たすが、(式2)の条件は満たさない。

符号の説明

- [0099] 10 組電池
- 1、1A、1B、11、12 仕切り部材
- 2、21、22、23 セル、単電池
- 3 バスバー
- 4 筐体

請求の範囲

- [請求項1] 組電池を構成する単電池間を仕切り、厚み方向の二面を有する仕切り部材であって、
- 前記二面のうちの一方向の平均温度が180℃を超える場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) が下記式1を満たし、かつ、
- 前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たす、仕切り部材。
- $$\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \text{(式1)}$$
- $$\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \text{(式2)}$$
- [請求項2] 前記二面の一方向の平均温度が180℃以上である場合において、前記厚み方向の熱伝導率が $2.0 \times 10^{-2} \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上 $2.0 \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以下であり、かつ、
- 前記二面の双方の平均温度が80℃以下である場合において、前記厚み方向の熱伝導率が $5.0 \times 10^{-2} \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以上 $50 \text{W} / \text{m} \cdot \text{K}$ 以下である、請求項1に記載の仕切り部材。
- [請求項3] 前記単電池の厚みがL [mm] である場合に、前記厚み方向における厚みがL/50mm以上L/10mm以下である、請求項1又は2に記載の仕切り部材。
- [請求項4] 前記二面のうちの一方向の平均温度が180℃を超えて300℃である場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_1) が下記式1を満たし、かつ、
- 前記二面の双方の平均温度が80℃を超えない場合における前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たす、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の仕切り部材。
- [請求項5] 請求項1乃至4のいずれか1項に記載の仕切り部材を含む組電池。
- [請求項6] 第1単電池、第2単電池、及び第3単電池を含む複数の単電池と、

前記第1単電池と前記第2単電池間を仕切る第1仕切り部材と、前記第2単電池と前記第3単電池間を仕切る第2仕切り部材とを含み、

異常発熱状態に至った前記第1単電池からの熱により前記第2単電池が通常状態を逸脱した場合に、前記第1単電池から前記第2単電池へ前記第1仕切り部材を介して伝わる熱の量が前記第1仕切り部材によって抑制されるとともに、前記第1単電池から前記通常状態を保持している前記第3単電池へ伝わる熱の量が前記第2仕切り部材によって抑制されない、組電池。

[請求項7]

前記第1仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗が増加して前記第1単電池から前記第2単電池へ伝わる熱の量が抑制される、請求項6に記載の組電池。

[請求項8]

前記第2単電池が前記通常状態を逸脱しても、前記第2仕切り部材の単位面積当たりの熱抵抗が増加せず前記第1単電池から前記第3単電池へ伝わる熱の量が抑制されない、請求項6又は7に記載の組電池。

[請求項9]

仕切り部材により単電池間を仕切る組電池の熱伝達制御方法であって、

前記仕切り部材は、厚み方向の二面を有し、これらのうちの一方の面は第1単電池と対向する第一面であり、また、他方の面は第2単電池と対向する第二面であって、

前記第1面の平均温度が 80°C を超えない場合において、前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵抗 (θ_2) が下記式2を満たして前記第1単電池からの熱を前記第2単電池へ前記仕切り部材を介して伝達し、

前記第1単電池が異常発熱状態に至るとともに前記第2単電池が前記第1単電池から前記仕切り部材を介して伝わる熱で通常状態を逸脱し、かつ前記第1単電池からの熱によって前記第1面の平均温度が 180°C を超える場合において、前記厚み方向の単位面積当たりの熱抵

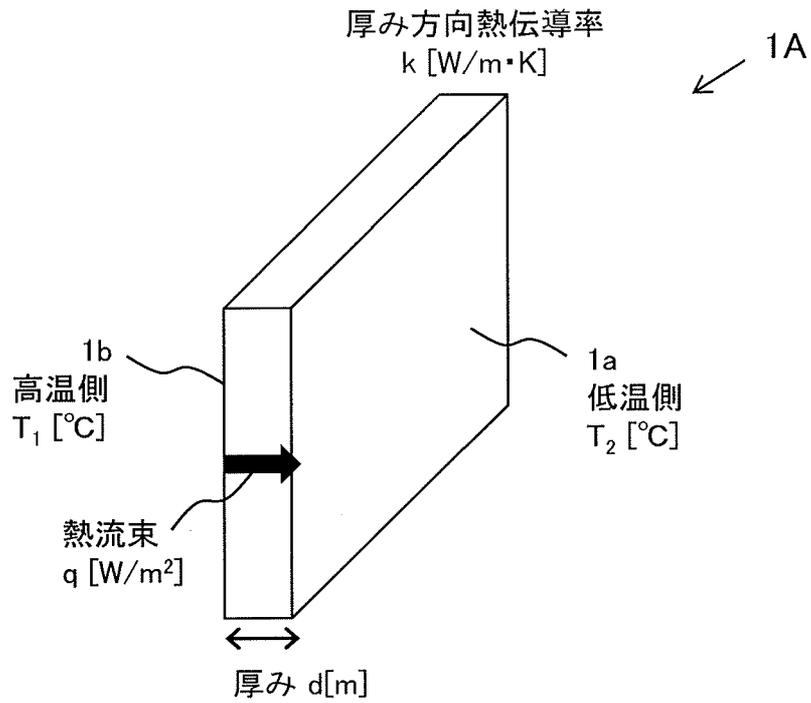
抗 (θ_1) が下記式 1 を満たして前記第 1 単電池から前記仕切り部材を介して伝わる熱の量を抑制する、

組電池の熱伝達制御方法。

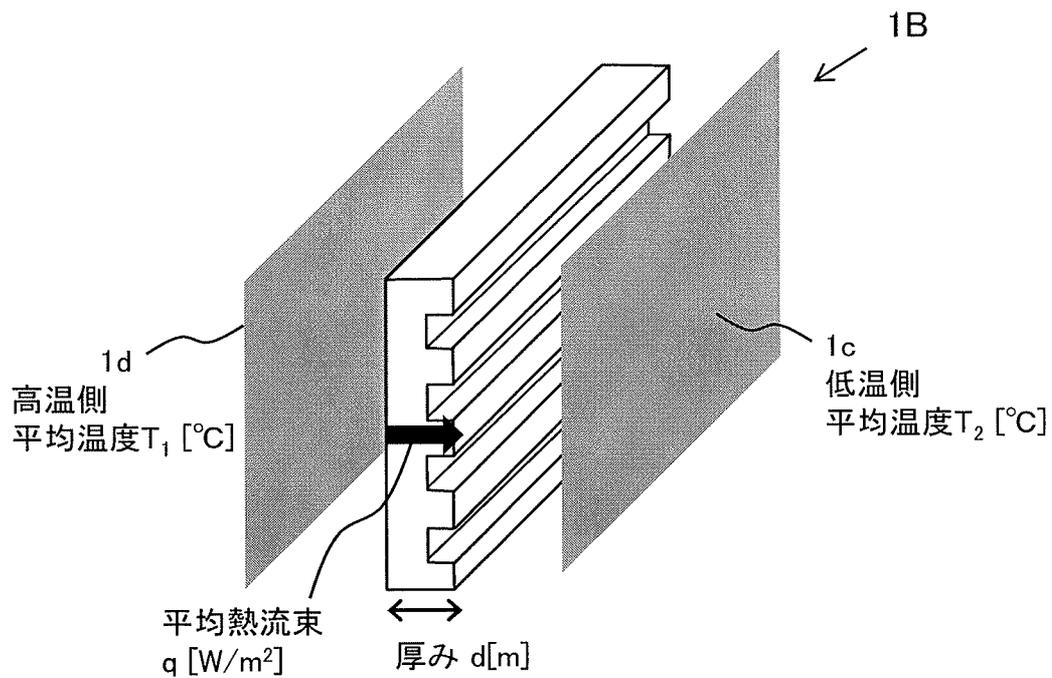
$$\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \quad (\text{式 1})$$

$$\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad \dots \quad (\text{式 2})$$

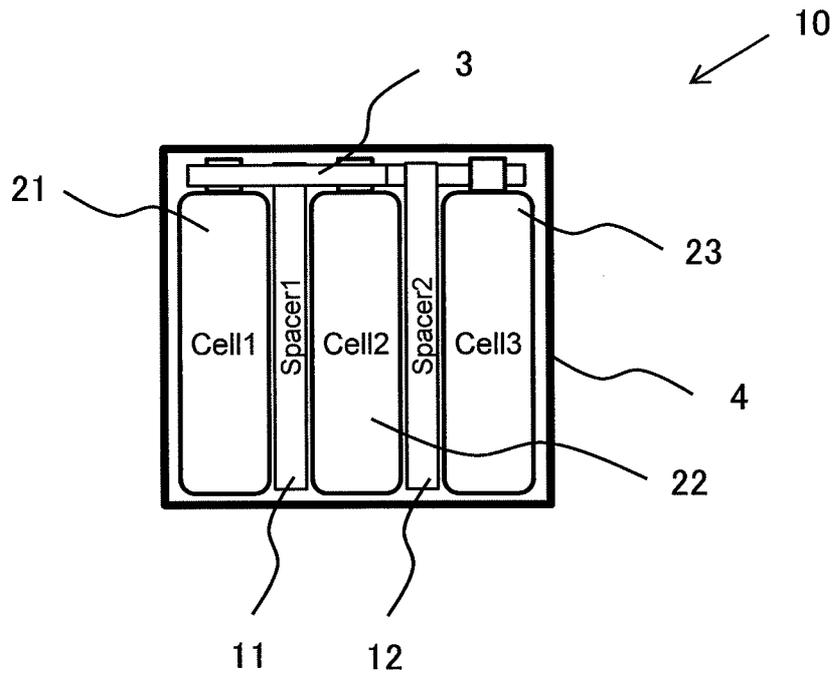
[図1]



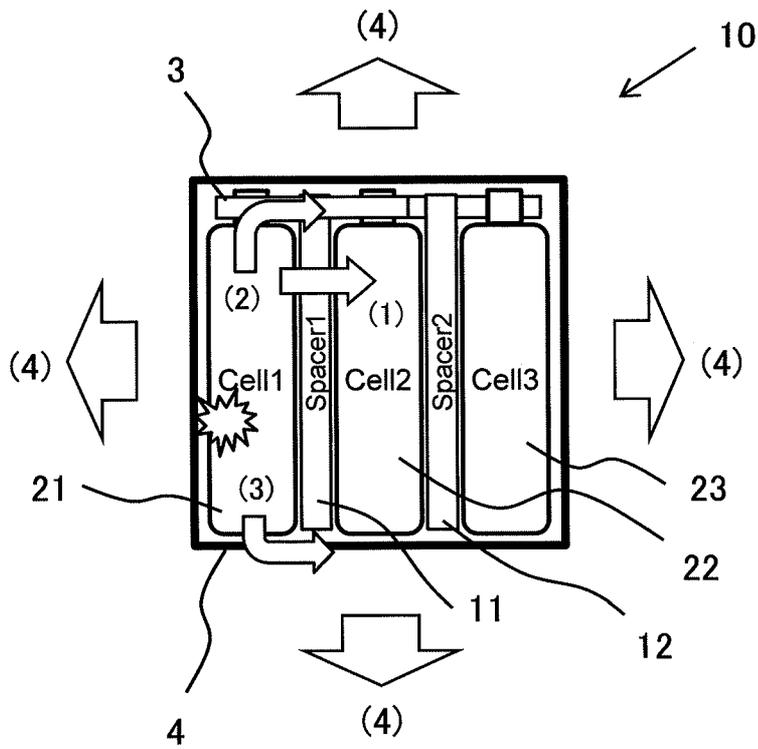
[図2]



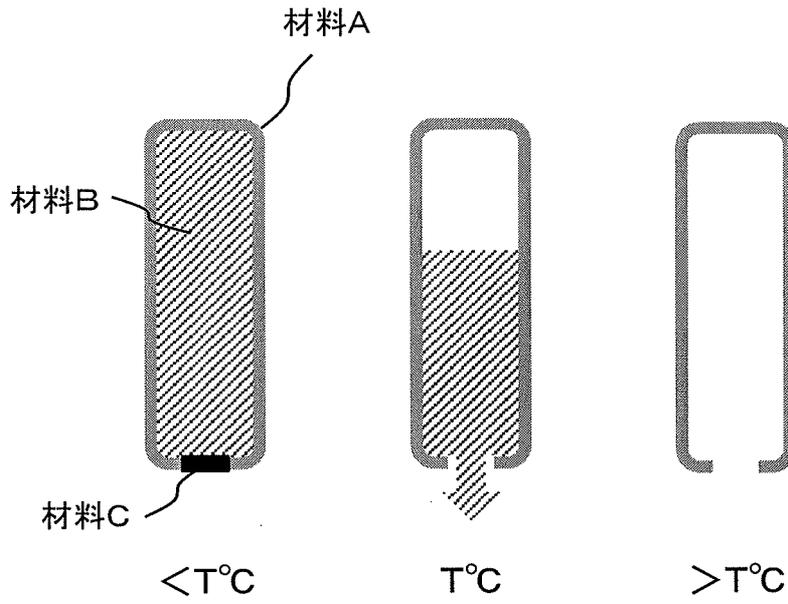
[図3]



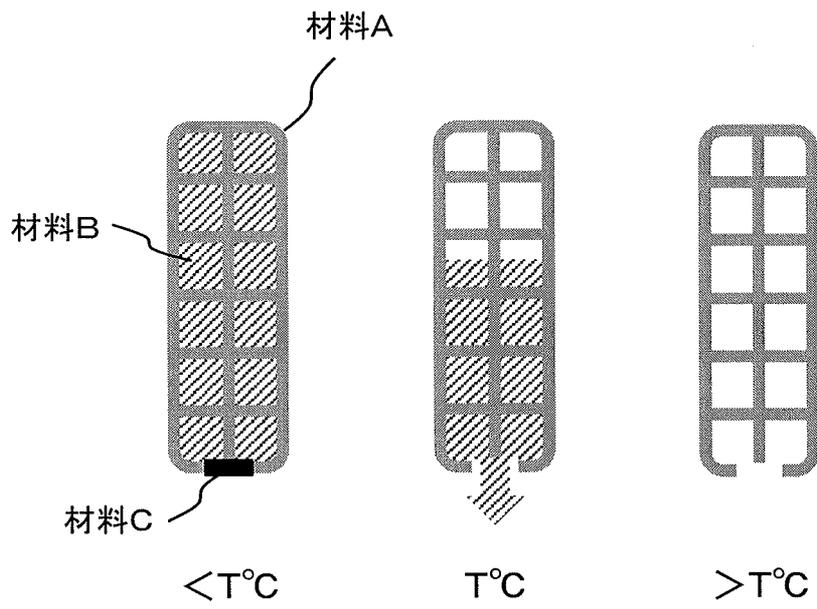
[図4]



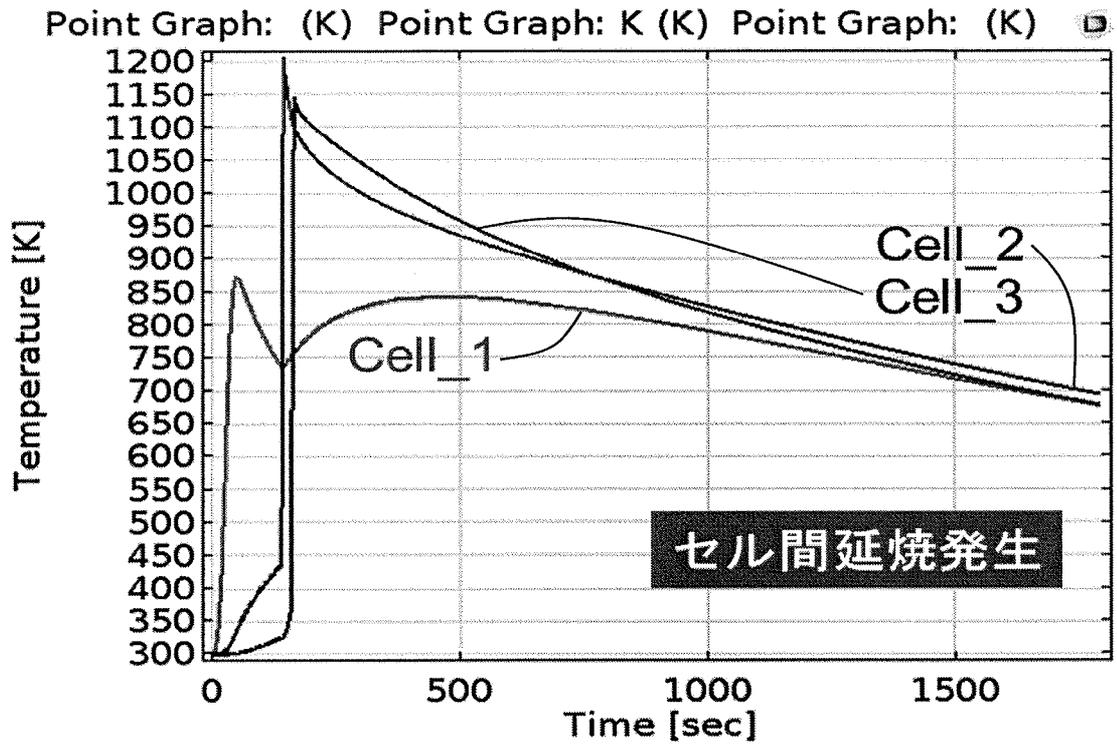
[図5]



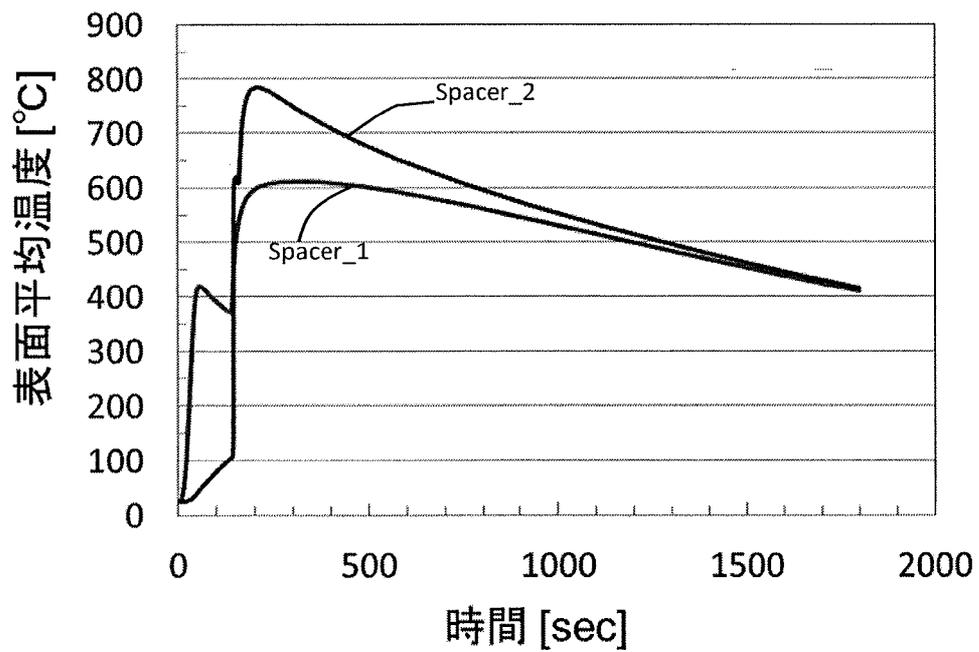
[図6]



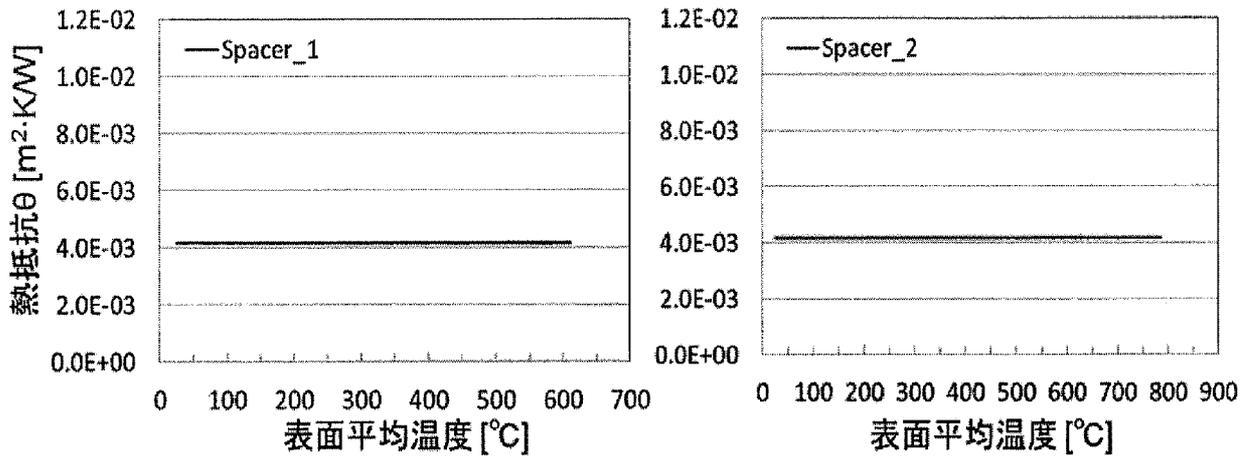
[図7]



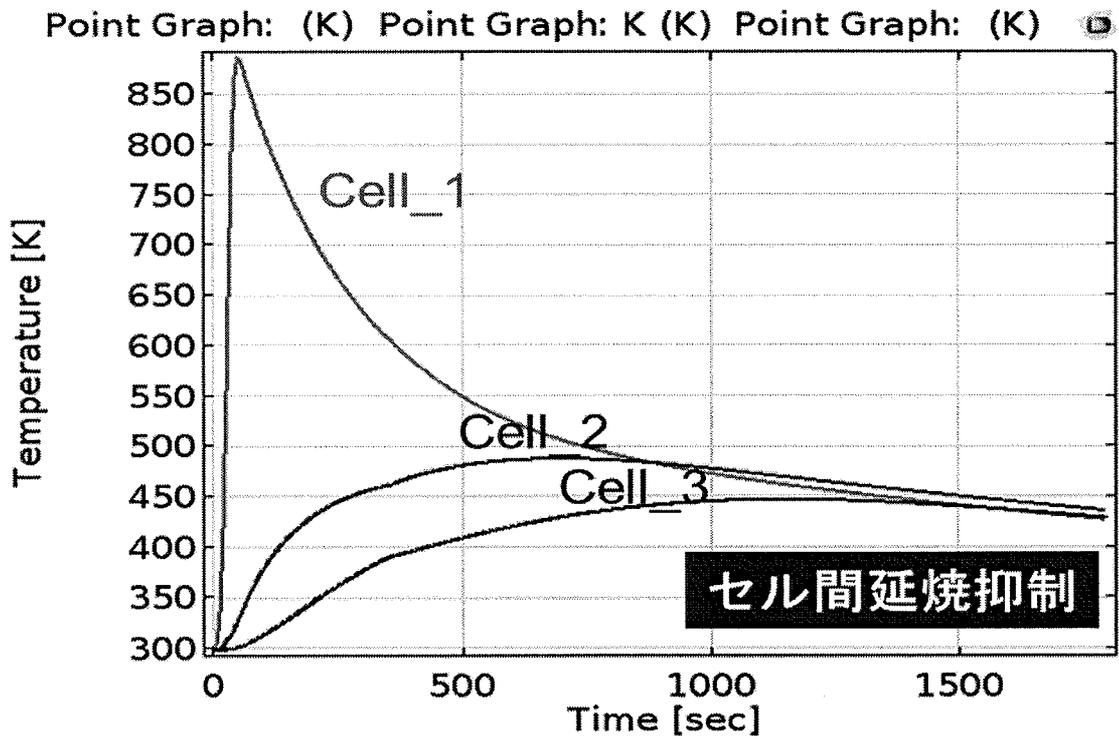
[図8]



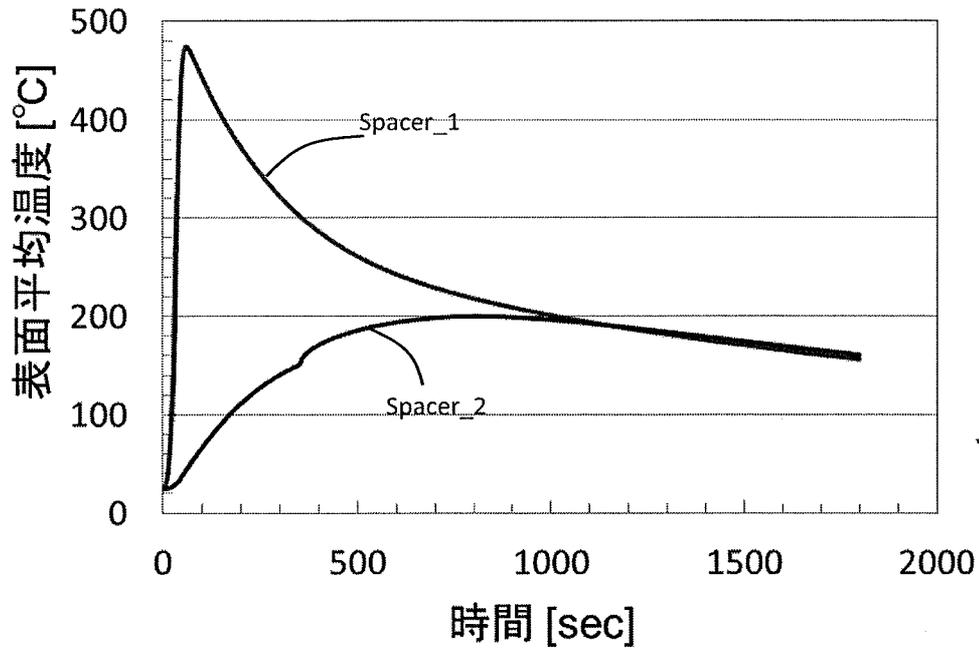
[図9]



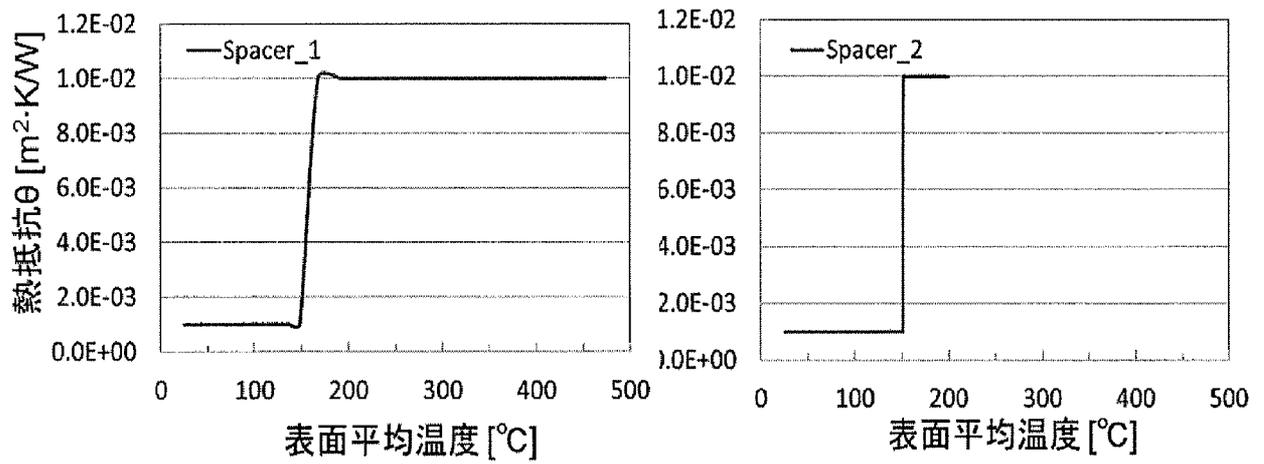
[図10]



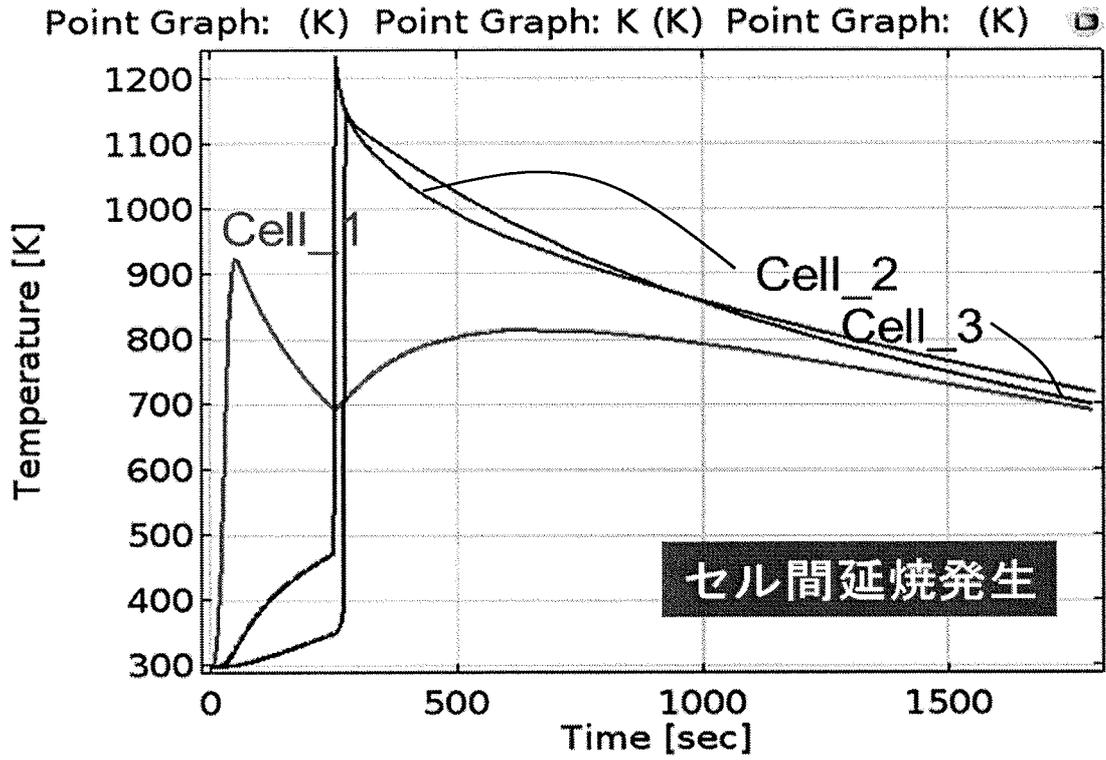
[圖11]



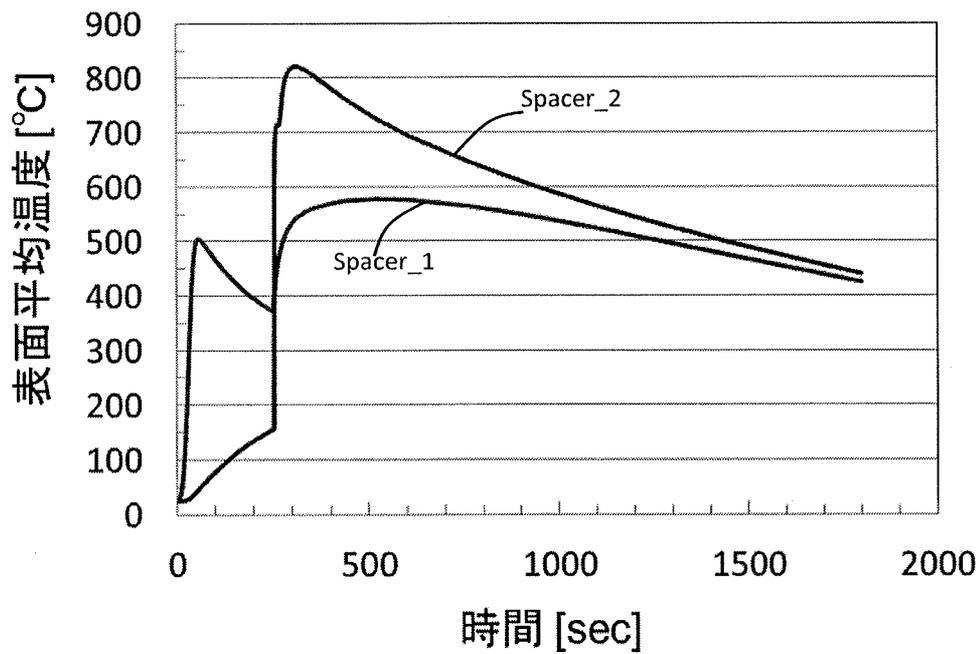
[圖12]



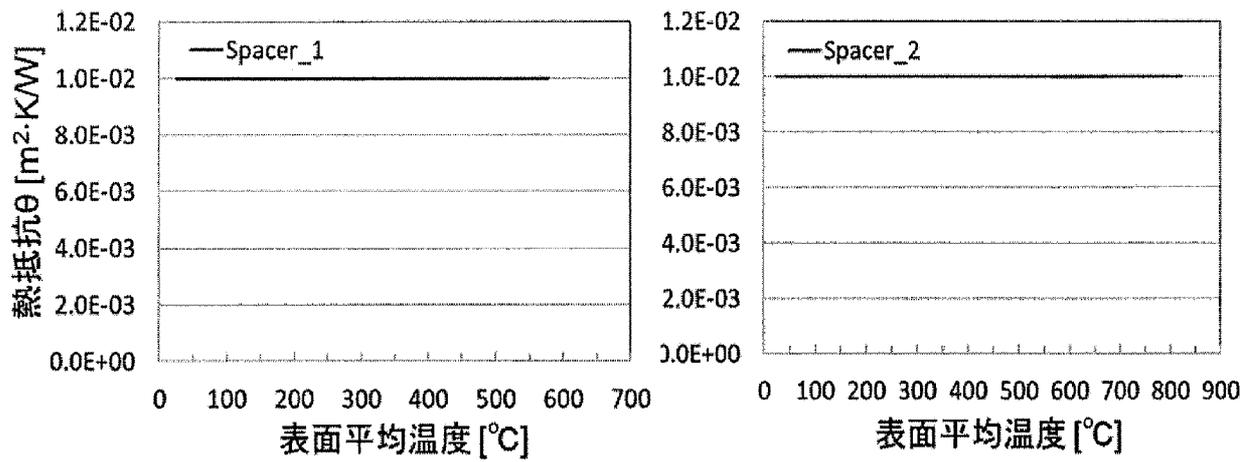
[図13]



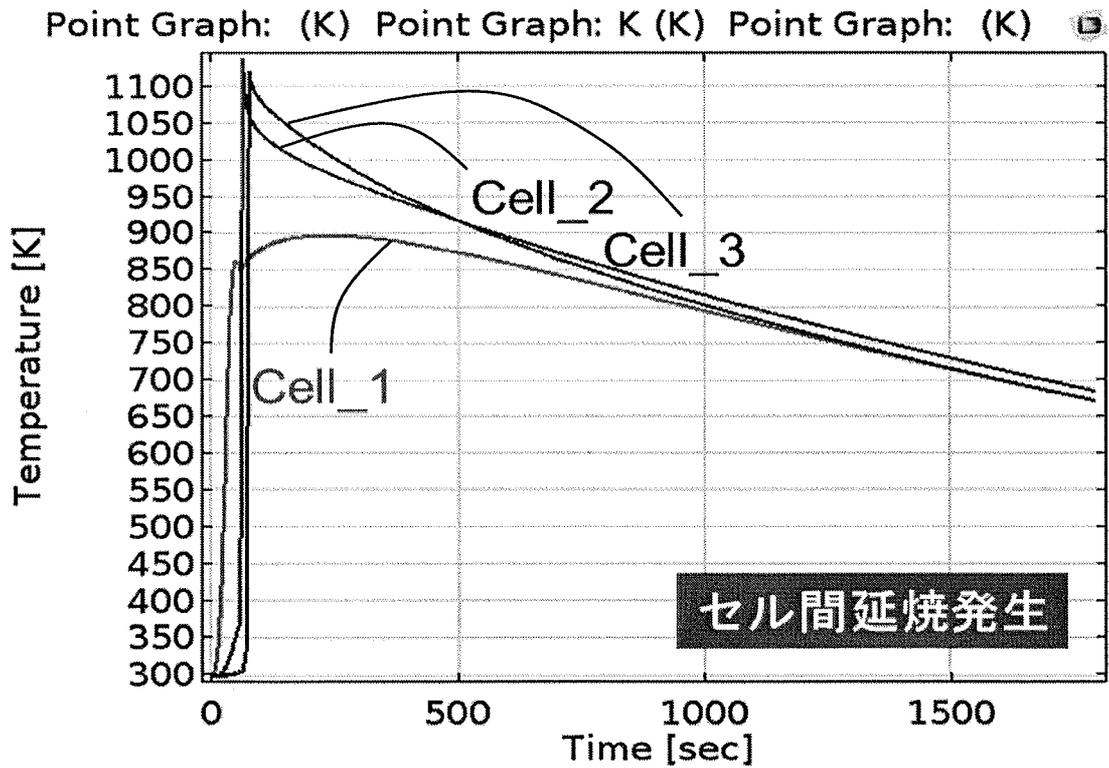
[図14]



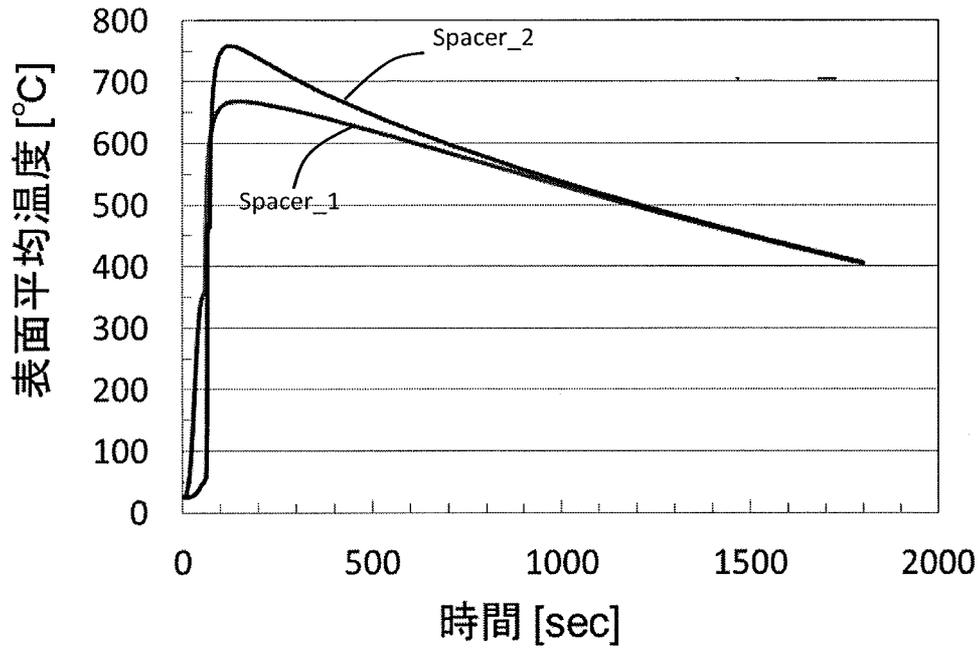
[図15]



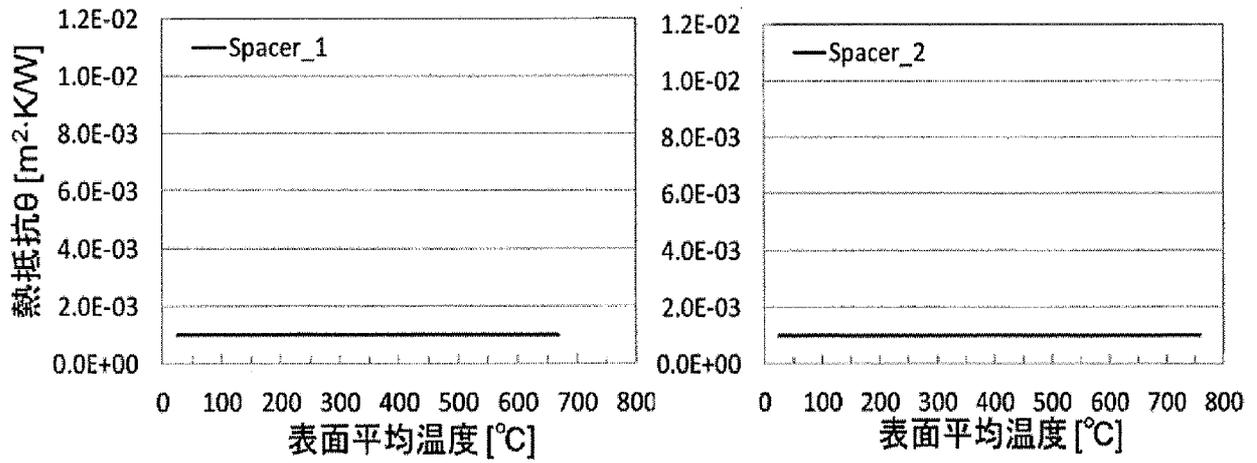
[図16]



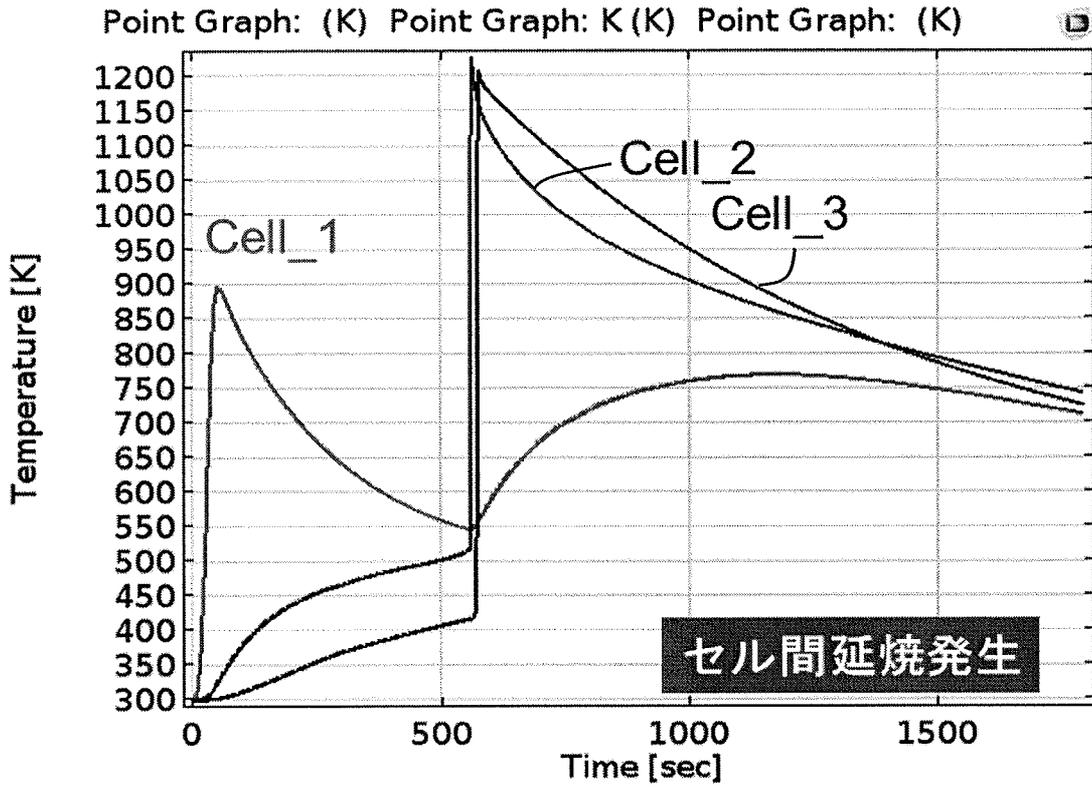
[図17]



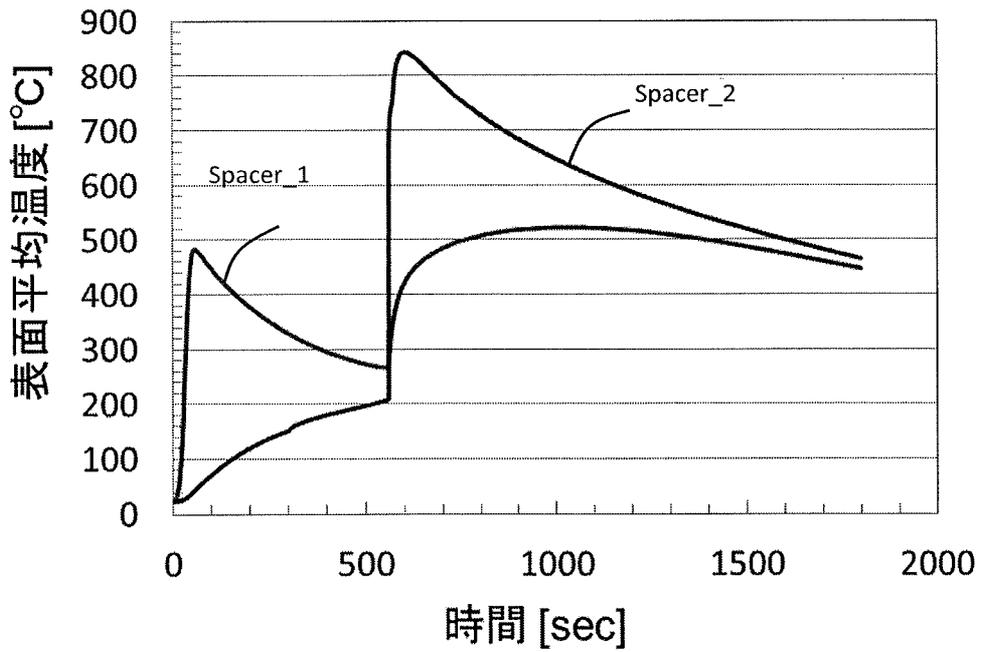
[図18]



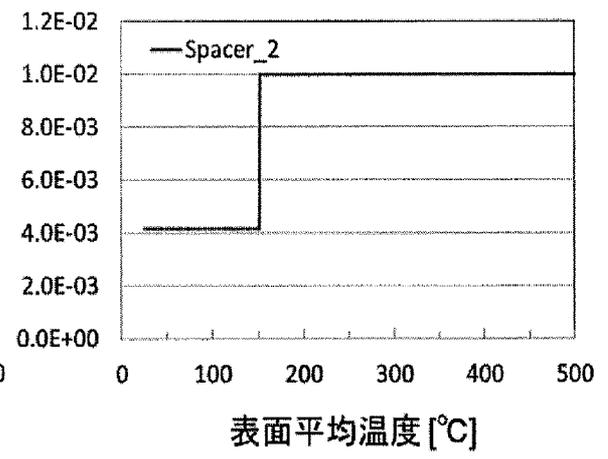
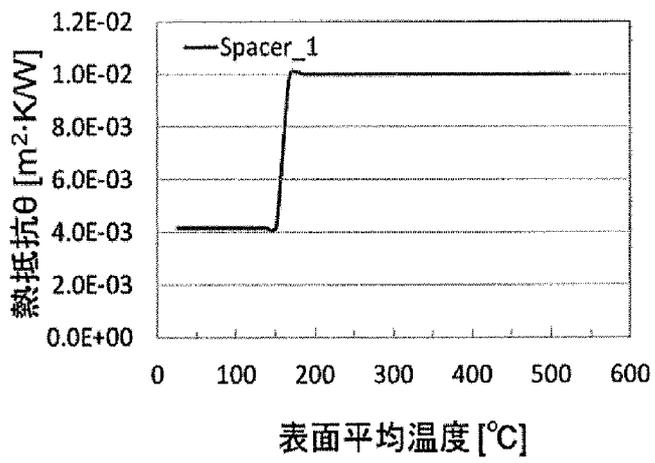
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int. Cl. H01M2/10 (2006.01) i, H01M2/02 (2006.01) i, H01M10/617 (2014.01) i,
 H01M10/625 (2014.01) i, H01M10/627 (2014.01) i, H01M10/647 (2014.01) i,
 H01M10/651 (2014.01) i, H01M10/658 (2014.01) i
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int. Cl. H01M2/10, H01M2/02, H01M10/617, H01M10/625, H01M10/627, H01M10/647,
 H01M10/651, H01M10/658

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-536542 A (ROBERT BOSCH GMBH) 19 September 2013, & US 2013/0189551 A1 & WO 2012/001174 A2 & CN 102959762 A & KR 10-2013-0112732 A	1-9
A	JP 2010-61982 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 18 March 2010 (Family: none)	1-9

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
 "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2017/047090

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-234244 A (TOYO TIRE AND RUBBER CO., LTD.) 21 November 2013 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01M2/10(2006.01)i, H01M2/02(2006.01)i, H01M10/617(2014.01)i, H01M10/625(2014.01)i, H01M10/627(2014.01)i, H01M10/647(2014.01)i, H01M10/651(2014.01)i, H01M10/658(2014.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01M2/10, H01M2/02, H01M10/617, H01M10/625, H01M10/627, H01M10/647, H01M10/651, H01M10/658

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-536542 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツト ベシユレンクテル ハフツング) 2013.09.19, & US 2013/0189551 A1 & WO 2012/001174 A2 & CN 102959762 A & KR 10-2013-0112732 A	1-9
A	JP 2010-61982 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.03.18, (ファミリーなし)	1-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 13.03.2018	国際調査報告の発送日 27.03.2018
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 井原 純 電話番号 03-3581-1101 内線 3477

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-234244 A (東洋ゴム工業株式会社) 2013. 11. 21, (ファミリーなし)	1-9