



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110114903 B

(45) 授权公告日 2022.09.27

(21) 申请号 201780080853.2

(22) 申请日 2017.12.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110114903 A

(43) 申请公布日 2019.08.09

(30) 优先权数据  
2016-254342 2016.12.27 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.06.26

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2017/047090 2017.12.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/124231 JA 2018.07.05

(73) 专利权人 三菱化学株式会社  
地址 日本东京都

(72) 发明人 渡边阳子 川井友博 曾我岩

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11277  
专利代理师 刘新宇 李茂家

(51) Int. Cl.  
H01M 50/289 (2021.01)

H01M 50/249 (2021.01)

H01M 10/617 (2014.01)

H01M 10/625 (2014.01)

H01M 10/627 (2014.01)

H01M 10/647 (2014.01)

H01M 10/651 (2014.01)

H01M 10/658 (2014.01)

(56) 对比文件

CN 102171883 A, 2011.08.31

JP 2013033723 A, 2013.02.14

WO 2013005523 A1, 2013.01.10

CN 101842933 A, 2010.09.22

CN 102598397 A, 2012.07.18

CN 102356483 A, 2012.02.15

US 2013202924 A1, 2013.08.08

US 2013071718 A1, 2013.03.21

CN 105742533 A, 2016.07.06

JP 2010061982 A, 2010.03.18

CN 103890995 A, 2014.06.25

US 2011159340 A1, 2011.06.30

CN 102523762 A, 2012.06.27

CN 102362388 A, 2012.02.22

审查员 张一欣

权利要求书2页 说明书15页 附图11页

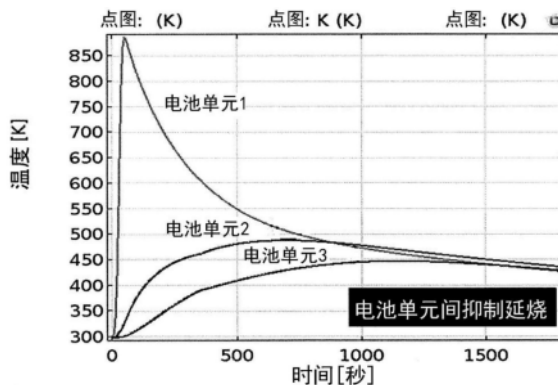
(54) 发明名称

分隔构件、电池组和电池组的传热控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种在包含多个单电池的电池组中能够控制单电池之间的热传递的分隔构件、电池组和电池组的控制方法。一种分隔构件,其用于对构成电池组的单电池之间进行分隔,且具有厚度方向上的两个面,在所述两个面中的一者的平均温度超过180℃的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,并且,在所述两个面双方的平均温度不超过80℃的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2。 $\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$

(式1)  $\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$  (式2)。



CN 110114903 B

1. 一种分隔构件,其中,所述分隔构件用于对构成电池组的单电池之间进行分隔,且具有厚度方向上的两个面,

在所述两个面中的一者的平均温度超过 $180^{\circ}\text{C}$ 的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,并且,

在所述两个面双方的平均温度不超过 $80^{\circ}\text{C}$ 的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2,

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

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

所述分隔构件包括由在 $80^{\circ}\text{C}$ 以下为密封状态,在高于 $150^{\circ}\text{C}$ 的温度下为开封状态的材料A形成的袋状结构物,所述袋状结构物的内部填充有在 $150^{\circ}\text{C}$ 为液体或液体以外的流体状态的材料B,当分隔构件的一部分的表面温度变为 $150^{\circ}\text{C}$ 以上时,通过所述袋状结构物为开封状态,材料B被排出至所述袋状结构物的外部;其中材料B是在不超过 $80^{\circ}\text{C}$ 的情况下,每单位面积的热阻( $\theta$ )满足式2的材料。

2. 根据权利要求1所述的分隔构件,其中,在所述两个面中的一者的平均温度为 $180^{\circ}\text{C}$ 以上的情况下,所述厚度方向上的热导率为 $2.0 \times 10^{-2} \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以上且 $2.0 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以下,并且,

在所述两个面双方的平均温度为 $80^{\circ}\text{C}$ 以下的情况下,所述厚度方向上的热导率为 $5.0 \times 10^{-2} \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以上且 $50 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以下。

3. 根据权利要求1或2所述的分隔构件,其中,在所述单电池的厚度为 $L$  [mm]时,所述厚度方向上的厚度为 $L/50\text{mm}$ 以上且 $L/10\text{mm}$ 以下。

4. 根据权利要求1或2所述的分隔构件,其中,在所述两个面中的一者的平均温度超过 $180^{\circ}\text{C}$ 且为 $300^{\circ}\text{C}$ 以下的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足所述式1,并且,

在所述两个面双方的平均温度不超过 $80^{\circ}\text{C}$ 的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足所述式2。

5. 一种电池组,其包含权利要求1~4中的任一项所述的分隔构件。

6. 一种电池组,其包括:

多个单电池,其包含第1单电池、第2单电池和第3单电池;

第1分隔构件,其用于对所述第1单电池与所述第2单电池之间进行分隔;以及,第2分隔构件,其用于对所述第2单电池与所述第3单电池之间进行分隔,所述第1分隔构件和所述第2分隔构件为权利要求1至4中任一项所述的分隔构件,

当来自达到异常发热状态的所述第1单电池的热导致所述第2单电池偏离通常状态时,介由所述第1分隔构件而从所述第1单电池向所述第2单电池传递的热量被所述第1分隔构件抑制,并且,从所述第1单电池向保持着所述通常状态的所述第3单电池传递的热量未被所述第2分隔构件抑制。

7. 根据权利要求6所述的电池组,其中,所述第1分隔构件的每单位面积的热阻增加,从而从所述第1单电池向所述第2单电池传递的热量被抑制。

8. 根据权利要求6或7所述的电池组,其中,即使所述第2单电池偏离所述通常状态,所述第2分隔构件的每单位面积的热阻也未增加,从所述第1单电池向所述第3单电池传递的热量未被抑制。

9. 一种电池组的传热控制方法,其是通过分隔构件对单电池之间进行分隔的电池组的传热控制方法,其中,

所述分隔构件具有厚度方向上的两个面,它们中的一个面是与第1单电池相对的第1面,此外,另一个面是与第2单电池相对的第2面,

在所述第1面的平均温度不超过80°C的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2,介由所述分隔构件将来自所述第1单电池的热向所述第2单电池传递,

在所述第1单电池达到异常发热状态、并且由于介由所述分隔构件而从所述第1单电池传递的热导致所述第2单电池偏离通常状态、且来自所述第1单电池的热导致所述第1面的平均温度超过180°C的情况下,所述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,从而抑制介由所述分隔构件而从所述第1单电池传递的热量,

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

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

所述分隔构件包括由在80°C以下为密封状态,在高于150°C的温度下为开封状态的材料A形成的袋状结构物,所述袋状结构物的内部填充有在150°C为液体或液体以外的流体状态的材料B,当分隔构件的一部分的表面温度变为150°C以上时,通过所述袋状结构物为开封状态,材料B被排出至所述袋状结构物的外部;其中材料B是在不超过80°C的情况下,每单位面积的热阻( $\theta$ )满足式2的材料。

## 分隔构件、电池组和电池组的传热控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及分隔构件、电池组和电池组的传热控制方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,对于作为车辆等电源的应用迅速增长的二次电池,出于提高搭载在车辆等有限空间中时的自由度的目的、延长一次充电可行驶的续航里程等目的,正在推进对二次电池的高能量密度化的研究。

[0003] 另一方面,二次电池的安全性有与能量密度相矛盾的倾向,存在越是具有高能量密度的二次电池,其安全性越低的倾向。例如,在搭载于续航里程达到数百公里的电动汽车上的二次电池中,由于过度充电、内部短路等而导致二次电池受损时,电池表面温度会超过数百摄氏度,有时还会接近1000℃。

[0004] 用于车辆等的电源的二次电池通常以由多个单电池(以下也称为“电池单元”)构成的电池组的形式使用,因此构成电池之一受损而达到上述那样的温度区域时,存在其发热导致邻接的电池受损、损伤连锁性地扩散至整个电池组的担心。为了防止这种电池之间的连锁损伤,提出了对受损电池进行冷却的技术、抑制热从受损电池向未受损的电池传递的技术等各种技术。

[0005] 例如,专利文献1中研究了对异常发热的电池进行冷却的方法。具体而言公开了一种电池组件,其在单电池附近设置收纳有冷却材料的冷却单元,在该冷却单元中具有密封片状部分而形成的密封部,并且在该密封部的一部分设置有开封部,所述开封部会在单电池异常发热时开封。

[0006] 另外,专利文献2中对用于冷却异常发热的电池的冷却剂收纳部的结构以及冷却剂排出机构进行了研究。具体而言公开了一种电池组件,所述电池组件具备:电池单元,其由多个单电池构成;壳体,其具有至少一侧为开口端的收纳部,在该收纳部中收纳该电池单元;盖体,其具有开口部,在该壳体中覆盖开口端;以及,吸热构件,其具有吸热剂和内包该吸热剂的外装薄膜,且以与该电池单元的侧面接触的方式设置,其中,该外装薄膜具有树脂层与金属薄膜的层叠结构,所述金属薄膜具有比该树脂层的软化温度高的熔点,且通过单电池的发热而熔融。

[0007] 另外,专利文献3中公开了一种方法,其由熔融性的母材和热固性树脂构成设置在电池之间的分隔构件,通过母材的熔融来抑制分隔构件造成的热传导,由此抑制热从异常发热的电池向邻接的电池传递。

[0008] 进而,专利文献4中公开了一种方法,其由如下成分构成在蓄电元件之间设置的分隔构件,由此抑制热从异常发热的电池向邻接的电池传递,所述成分包含:由树脂形成的母材;以及,保持在该母材上并会随着蓄电元件发热、温度上升而热分解的发泡剂。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本专利第5352681号公报

- [0012] 专利文献2:日本专利第4900534号公报  
[0013] 专利文献3:日本特开2010-97693号公报  
[0014] 专利文献4:日本特开2010-165597号公报

## 发明内容

### [0015] 发明要解决的问题

[0016] 本发明人等详细研究了上述现有技术,结果发现,在定量地考虑构成电池组的单电池的发热量、构成电池组的电池以外的构件带来的传热影响的方面,针对用于防止电池间的连锁损伤所需的热阻值的研究尚不充分。

[0017] 上述专利文献1中虽然详细研究了对异常发热的电池进行冷却的方法,但是没有对异常发热的电池单元的发热量和冷却剂的冷却能力进行定量研究。另外,上述专利文献2中没有对异常发热的电池的发热量和冷却剂的冷却能力进行定量研究。

[0018] 进而,上述专利文献3中没有对由母材熔融导致的分隔构件的热阻值的变化进行定量研究。另外,上述专利文献4中也没有针对随着发热所伴随的温度上升而热分解的发泡剂导致的热阻的变化进行定量研究。此外,即使是在这些分隔构件的热阻发生变化的情况下,在没有对变化的温度区域、变化前后的热阻值等进行合理设计时,虽然从异常发热的电池向邻接的电池的传热量的一部分被抑制,但是认为结果上难以防止邻接的电池达到异常发热状态。另外,也没有考虑到如下方面:构成电池组的单电池被汇流条连结,而通常汇流条使用属于热的良导体的金属,因此,即使在抑制了于电池之间设置的分隔构件的母材熔融所导致的电池间的传热的情况下,也无法避免汇流条造成的电池间的传热。

[0019] 本发明的目的在于,提供一种在包含多个单电池的电池组中能够控制单电池间的热传递的分隔构件、电池组和电池组的控制方法。

### [0020] 用于解决问题的方案

[0021] 本发明人等着眼于在这些现有技术中尚未充分研究的、防止电池间的连锁损伤所需的热阻值,并对其条件进行了详细研究。结果发现:在对构成电池组的单电池之间进行分隔且具有厚度方向上的两个面的分隔构件中,根据该两个面各自的平均温度是与通常状态的电池单元温度程度相同、还是与异常发热状态的电池单元温度程度相同来适当地控制热阻值使重要的,从而完成了本发明。本发明如以下所述。

[0022] [1]一种分隔构件,所述分隔构件用于对构成电池组的单电池之间进行分隔,且具有厚度方向上的两个面,在所述两个面中的一者的平均温度超过 $180^{\circ}\text{C}$ 的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,并且,在所述两个面双方的平均温度不超过 $80^{\circ}\text{C}$ 的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2。

$$[0023] \quad \theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (\text{式1})$$

$$[0024] \quad \theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (\text{式2})$$

[0025] [2]根据[1]所述的分隔构件,其中,在所述两个面中的一者的平均温度为 $180^{\circ}\text{C}$ 以上的情况下,前述厚度方向上的热导率为 $2.0 \times 10^{-2} \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以上且 $2.0 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以下,并且,

[0026] 在所述两个面双方的平均温度为 $80^{\circ}\text{C}$ 以下的情况下,前述厚度方向上的热导率为 $5.0 \times 10^{-2} \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以上且 $50 \text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ 以下。

[0027] [3]根据[1]或[2]所述的分隔构件,其中,在所述单电池的厚度为 $L$  [mm]时,前述厚

度方向上的厚度为L/50mm以上且L/10mm以下。

[0028] [4]根据[1]~[3]中的任一项所述的分隔构件,其中,在前述两个面中的一者的平均温度超过180℃且为300℃以下的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,并且,

[0029] 在前述两个面双方的平均温度不超过80℃的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2。

[0030] [5]一种电池组,其包含[1]~[4]中的任一项所述的分隔构件。

[0031] [6]一种电池组,其包括:

[0032] 多个单电池,其包含第1单电池、第2单电池和第3单电池;

[0033] 第1分隔构件,其用于对前述第1单电池与前述第2单电池之间进行分隔;以及,第2分隔构件,其用于对前述第2单电池与前述第3单电池之间进行分隔,

[0034] 当来自达到异常发热状态的前述第1单电池的热导致前述第2单电池偏离通常状态时,介由前述第1分隔构件而从前述第1单电池向前述第2单电池传递的热量被前述第1分隔构件抑制,并且,从前述第1单电池向保持着前述通常状态的前述第3单电池传递的热量未被前述第2分隔构件抑制。

[0035] [7]根据[6]所述的电池组,其中,前述第1分隔构件的每单位面积的热阻增加,从而从前述第1单电池向前述第2单电池传递的热量被抑制。

[0036] [8]根据[6]或[7]所述的电池组,其中,即使前述第2单电池偏离前述通常状态,前述第2分隔构件的每单位面积的热阻也未增加,从前述第1单电池向前述第3单电池传递的热量未被抑制。

[0037] [9]一种电池组的传热控制方法,其是通过分隔构件对单电池之间进行分隔的电池组的传热控制方法,其中,

[0038] 前述分隔构件具有厚度方向上的两个面,它们中的一个面是与第1单电池相对的第1面,此外,另一个面是与第2单电池相对的第2面,

[0039] 在前述第1面的平均温度不超过80℃的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2,介由前述分隔构件将来自前述第1单电池的热向前述第2单电池传递,

[0040] 在前述第1单电池达到异常发热状态、并且由于介由前述分隔构件而从前述第1单电池传递的热导致前述第2单电池偏离通常状态、且来自前述第1单电池的热导致前述第1面的平均温度超过180℃的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,从而抑制介由前述分隔构件而从前述第1单电池传递的热量。

[0041]  $\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$  (式1)

[0042]  $\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$  (式2)

[0043] 发明的效果

[0044] 根据本发明,在包含多个单电池的电池组中,能够控制单电池间的热传递。

## 附图说明

[0045] 图1是例示分隔构件的图。

[0046] 图2是例示具有梳状结构的分隔构件的图。

- [0047] 图3是例示电池组的图。
- [0048] 图4是例示电池组的传热路径的图。
- [0049] 图5是作为本发明的实施方式的一例的袋状结构物的例子。
- [0050] 图6是作为本发明的实施方式的一例的袋状结构物的变形例。
- [0051] 图7是示出比较例1中的电池单元的内部温度变化的图表。
- [0052] 图8是示出比较例1中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。
- [0053] 图9是示出比较例1中的分隔构件的热阻的变化的图表。
- [0054] 图10是示出实施例1中的电池单元的内部温度变化的图表。
- [0055] 图11是示出实施例1中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。
- [0056] 图12是示出实施例1中的分隔构件的热阻的变化的图表。
- [0057] 图13是示出比较例2中的电池单元的内部温度变化的图表。
- [0058] 图14是示出比较例2中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。
- [0059] 图15是示出比较例2中的分隔构件的热阻的变化的图表。
- [0060] 图16是示出比较例3中的电池单元的内部温度变化的图表。
- [0061] 图17是示出比较例3中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。
- [0062] 图18是示出比较例3中的分隔构件的热阻的变化的图表。
- [0063] 图19是示出比较例4中的电池单元的内部温度变化的图表。
- [0064] 图20是示出比较例4中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。
- [0065] 图21是示出比较例4中的分隔构件的热阻的变化的图表。

### 具体实施方式

[0066] 以下,对本发明的实施方式进行详细说明。以下所记载的技术特征的说明是本发明的实施方式的一例(代表例),本发明只要超出其宗旨,则不限于这些内容。

[0067] <分隔构件>

[0068] 本发明的分隔构件是用于对构成电池组的单电池之间进行分隔的分隔构件。该分隔构件对构成电池组的单电池之间进行分隔,且具有厚度方向上的两个面,在前述两个面中的一者的平均温度超过180°C的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足下述式1,并且,在前述两个面双方的平均温度不超过80°C的情况下,前述厚度方向上的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足下述式2。

[0069]  $\theta_1 \geq 5.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$  (式1)

[0070]  $\theta_2 \leq 4.0 \times 10^{-3} [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$  (式2)

[0071]  $\theta_1$ 优选为 $1.0 \times 10^{-2}$ 以上,更优选为 $2.0 \times 10^{-2}$ 以上。另一方面, $\theta_2$ 优选为 $2.0 \times 10^{-3}$ 以下,更优选为 $1.0 \times 10^{-3}$ 以下。另外,优选的是,在对构成电池组的单电池之间进行分隔的前述分隔构件的厚度方向上的两个面中的一者的平均温度超过160°C的情况下,每单位面积的热阻( $\theta_1$ )满足上述式1,并且,在前述两个面双方的平均温度不超过100°C的情况下,每单位面积的热阻( $\theta_2$ )满足上述式2。

[0072] 分隔构件对构成电池组的单电池之间进行分隔。图1是例示分隔构件的图。图1中例示了具有高度、长度、厚度(宽度)的长方体(板)的分隔构件1(在图1的说明中,称为分隔构件1A)。分隔构件1A具有在厚度方向上面向相反方向的两个面即面1a和面1b。

[0073] 由于分隔构件1A将构成电池组的单电池之间分隔,因此其配置在单电池之间。在分隔构件1A对单电池之间进行分隔的状态下,面1a和面1b各自呈面向分隔对象的单电池的状态。此时,面1a和面1b分别可以为与所面对的单电池接触的状态,也可以为接近的状态。

[0074] 在图1所示的例子中,面1a和1b可以作为“对构成电池组的单电池之间进行分隔的厚度方向上的两个面”使用。但是,根据使用分隔构件1A的分隔方法不同,“对构成电池组的单电池之间进行分隔的厚度方向上的两个面”中的一者也可以不与单元电池相对。

[0075] 在本发明中,分隔构件的每单位面积的热阻( $\theta$ )是指分隔构件的厚度方向上的每单位截面积的传热阻力。分隔构件的每单位面积的热阻( $\theta$ )可以利用用作分隔构件的材料厚度方向上的热导率( $k$ [W/m·K])和分隔构件的厚度( $d$ [m])来表示。

[0076] 对图1所示的分隔构件1A的每单位面积的热阻( $\theta$ )进行说明。为了简化说明,设定分隔构件1A由单一材料形成,并且其密度恒定。将分隔构件1A的厚度方向上的热导率设为 $k$ [W/m·K]、将分隔构件1A的厚度设为 $d$ [m]。此外,将分隔构件1A的面1b的表面温度的平均值设为 $T_1$ [°C]、将面1a的表面温度的平均值设为 $T_2$ [°C]。

[0077]  $T_2$ 低于 $T_1$ 时,在分隔构件1A的面1b侧和面1a侧产生表面温度差 $T_1-T_2$ 。在这种情况下,分隔构件1A的每单位截面积的热流量(热通量) $q$ 可以通过以下的式(1)表示。

$$[0078] \quad q = k(T_1 - T_2) / d \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (1)$$

[0079] 这里,热通量( $q$ )可以用每单位面积的热阻( $\theta$ )通过以下的式(2)表示。

$$[0080] \quad q = (1/\theta)(T_1 - T_2) \quad (2)$$

[0081] 根据式(1)和(2),每单位面积的热阻( $\theta$ )可以用分隔构件1A的厚度方向上的热导率( $k$ )和分隔构件的厚度( $d$ )来表示。即,每单位面积的热阻( $\theta$ )可以通过以下的式(3)表示。

$$[0082] \quad \theta = d/k \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (3)$$

[0083] 分隔构件1的形状(结构)不限于长方体。只要是具有厚度方向的形状,则即使在分隔构件具有梳状结构、中空结构、格子结构等的情况下,分隔构件1的热阻也可以通过上述式(3)表示。此外,分隔构件1不限于由单一材料形成的情况,也可以由多种材料的组合形成。即使在由多种材料的组合形成的情况下,分隔构件1的每单位面积的热阻也可以通过上述式(3)表示。材料的组合例如可以从聚乙烯、氯化聚乙烯、乙烯氯乙烯共聚物、乙烯乙酸乙烯酯共聚物、聚乙酸乙烯酯、聚丙烯、聚丁烯、聚丁二烯、聚甲基戊烯、聚苯乙烯、聚 $\alpha$ -甲基苯乙烯、聚对乙烯基苯酚、ABS树脂、SAN树脂、AES树脂、AAS树脂、甲基丙烯酸类树脂、降冰片烯树脂、聚氯乙烯、丙烯酸改性聚氯乙烯、聚偏二氯乙烯、聚烯丙胺、聚乙烯醚、聚乙烯醇、乙烯乙醇共聚物、石油树脂、热塑性弹性体、热塑性聚氨酯树脂、聚丙烯腈、聚乙烯醇缩丁醛、酚醛树脂、环氧树脂、尿素树脂、三聚氰胺树脂、呋喃树脂、不饱和聚酯树脂、邻苯二甲酸二烯丙酯、胍胺、酮树脂、醋酸纤维素、玻璃纸、硝酸纤维素、乙酰纤维素、尼龙、聚酰胺、聚缩醛、聚甲醛、聚碳酸酯、聚碳酸酯/ABS合金、聚碳酸酯/聚酯合金、聚苯醚、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚砜、聚醚砜、聚苯硫醚、聚芳酯、聚酰胺酰亚胺、聚醚酰亚胺、聚醚醚酮、超高分子量聚乙烯、全同立构聚苯乙烯、液晶聚合物、聚酰亚胺、氟树脂、特氟龙(注册商标)、四氟乙烯全氟烷氧基乙烯基醚、四氟乙烯-六氟乙烯共聚物、聚三氟氯乙烯、四氟乙烯-乙烯共聚物、聚偏二氟乙烯、聚氟乙烯、聚氨基双马来酰亚胺、聚三嗪、交联聚酰胺酰亚胺等中选择两种以上的材料并组合。

[0084] 图2例示具有梳状结构的分隔构件1(在图2的说明中称为分隔构件1B)。如图2所

示,分隔构件1B整体形成为板状,其截面形成为梳状。分隔构件1B中也具有在厚度方向上面向相反方向的两个面即面1c和面1d。面1c是条纹状的凹凸表面,面1d是平面。由此,用厚度方向的面切割分隔构件1B而得到的截面呈梳状。面1c和面1d可以与面1a和面1b同样处理。

[0085] 图2所示的分隔构件1B的每单位面积的热阻( $\theta$ )的求法如下。可以将面1c和面1d的各表面的平均温度用作上述式(1)和(2)中的 $T_1$ 和 $T_2$ 。另外,可以将该分隔构件1B的每单位截面积的热流量的平均值用作上述式(1)和式(2)的热通量( $q$ )。

[0086] 此外,作为热导率( $k$ ),将考虑该分隔构件1B的结构和材料种类而算出的合成热导率用作上述式(1)和(3)的热导率( $k$ ),由此,每单位面积的热阻( $\theta$ )可以由上述式(3)表示。如此,每单位面积的热阻( $\theta$ )可以使用考虑分隔构件1B的结构和材料种类而算出的每单位面积的有效热阻。

[0087] 需要说明的是,合成热导率例如可以通过以下方法计算。首先,求出组合了热导率: $k_n$ [W/m·K]、厚度: $d_n$ [m]、热阻: $R_n$ ( $n=1,2,\dots,n$ )的 $n$ 种材料的复合构件的热阻( $R$ )。在 $n$ 种材料串联排列的情况下,热阻( $R$ )可由以下的式(4)表示。

$$[0088] \quad R=R_1+R_2+R_3+\dots+R_n \quad (4)$$

[0089] 另外,在 $n$ 种材料并联排列的情况下,热阻( $R$ )可由以下的式(5)表示。

$$[0090] \quad 1/R=1/R_1+1/R_2+1/R_3+\dots+1/R_n \quad (5)$$

[0091] 接着,算出 $n$ 种材料串联排列时的复合构件的合成热导率。此时, $n$ 种材料的热传递方向的截面积( $A_n$ )设为全部相等。即,设定 $A_1=A_2=A_3=\dots=A_n=A$ [m<sup>2</sup>]时,各材料的热阻( $R_n$ )利用每单位截面积的热阻( $\theta_n$ )由以下的式(6)表示。

$$[0092] \quad R_n=\theta_n/A \quad (6)$$

[0093] 用式(6)和式(3)对式(4)进行变形,则可以获得以下的式(7)。

$$[0094] \quad R=(\theta_1+\theta_2+\theta_3+\dots+\theta_n)/A$$

$$[0095] \quad = (d_1/k_1+d_2/k_2+d_3/k_3+\dots+d_n/k_n)/A \quad (7)$$

[0096] 将复合构件的合成热导率设为 $\kappa$ 时,复合构件的总厚度为 $\Sigma d_n$ ,因此合成热导率( $\kappa$ )也可以表示为以下的式(8)。

$$[0097] \quad R=(\Sigma d_n/\kappa)/A \quad (8)$$

[0098] 通过式(7)和式(8),合成热导率( $\kappa$ )可以如下表示。

$$[0099] \quad \kappa=\Sigma d_n/\Sigma (d_n/k_n)$$

$$[0100] \quad = (d_1+d_2+d_3+\dots+d_n)/(d_1/k_1+d_2/k_2+d_3/k_3+\dots+d_n/k_n)$$

[0101] 另外,计算 $n$ 种材料并联排列时的复合构件的合成热导率。此时, $n$ 种材料的热传递方向的厚度设为全部相等。即,设定 $d_1=d_2=d_3=\dots=d_n=d$ [m]。 $n$ 种材料的热传递方向的截面积分别设为 $A_n$ [m<sup>2</sup>]时,各材料的热阻( $R_n$ )可以使用每单位截面积的热阻( $\theta_n$ )如下表示。

$$[0102] \quad R_n=\theta_n/A_n \quad (9)$$

[0103] 用式(9)和式(3)对式(5)进行变形,则可以获得以下的式(10)。

$$[0104] \quad 1/R=A_1/\theta_1+A_2/\theta_2+A_3/\theta_3+\dots+A_n/\theta_n$$

$$[0105] \quad = (A_1k_1+A_2k_2+A_3k_3+\dots+A_nk_n)/d \quad (10)$$

[0106] 将复合构件的合成热导率设为 $\kappa$ 时,复合构件的总截面积为 $\Sigma A_n$ ,因此合成热导率( $\kappa$ )也可以表示为以下的式(11)。

$$[0107] \quad R=(d/\kappa)/\Sigma A_n \quad (11)$$

[0108] 合成热导率( $\kappa$ )可以通过式(10)和式(11)如下表示。

$$[0109] \quad \kappa = \Sigma (A_n k_n) / \Sigma A_n$$

$$[0110] \quad = (A_1 k_1 + A_2 k_2 + A_3 k_3 + \dots + A_n k_n) / (A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n)$$

[0111] 即使是分隔构件1B那样的梳状结构的分隔构件、或者即使是中空结构、格子结构等的分隔构件,可以通过给出作为空心部位的材质的空气的热导率和空心部位的厚度、截面积来计算合成热导率。

[0112] 优选如下设置:在分隔构件1的对构成电池组的单电池之间进行分隔的厚度方向上的两个面中的一者(例如面1a~1d中的任一者)的平均温度超过180℃的情况下,其厚度方向上的热导率为 $2.0 \times 10^{-2} \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以上且 $2.0 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以下,并且,在所述面(例如面1a~1d中的任一者)的平均温度不超过80℃的情况下,其厚度方向上的热导率为 $5.0 \times 10^{-2} \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以上且 $50 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 以下。

[0113] 另外,在构成电池组的单电池的厚度为L[mm]时,厚度优选为L/50mm以上且L/10mm以下。这里,构成电池组的单电池的厚度(L)的假定范围通常为 $10 \text{mm} \leq L \leq 100 \text{mm}$ ,优选为 $15 \text{mm} \leq L \leq 80 \text{mm}$ 。

[0114] 需要说明的是,可以按照以下方式确认某个分隔构件是否属于本发明的分隔构件。

[0115] [1. 确定热阻( $\theta_1$ )]

[0116] 1-1) 确定作为确认对象的分隔构件的重心。然后,从该重心向分隔构件的一个面引垂线,将成为交点的点作为第1点。将包含该第1点的整个面加热至160℃。需要说明的是,该加热方法只要是能够控制温度并加热使得包含某第1点的整个面成为160~300℃的方法,其方法就不受限制。

[0117] 1-2) 以第1点为基准,将存在于另一面上的以下点作为第2点:所述第2点相对于将前述分隔构件沿前述厚度方向二等分的分割面,位于与前述第1点面对称的位置上。

[0118] 1-3) 基于第1点和第2点,将包含第1点的面的温度从160℃升温至300℃。这里,在160℃、180℃、210℃、240℃、270℃和300℃的各温度下系统整体的温度达到稳定状态时,通过前述方法求出热阻( $\theta_1$ )。

[0119] [2. 确定热阻( $\theta_2$ )]

[0120] 2-1) 对于包含前述第1点的面,将整个面加热至100℃。需要说明的是,该加热方法只要是能够控制温度并加热使得包含前述第1点的整个面成为20~1000℃的方法,其方法就不受限制。

[0121] 2-2) 以与1-2) 相同的方式确定第2点。

[0122] 2-3) 基于第1点和第2点,将包含第1点的面从100℃降温至20℃。这里,在80℃、60℃、40℃和20℃的各温度下系统整体的温度达到稳定状态时,通过前述方法求出热阻( $\theta_2$ )。

[0123] [3. 确认分隔构件]

[0124] 3-1) 使用在上述1-3) 和2-3) 中求出的热阻值,确认在高于180℃的各温度下是否满足上述式1,以及在低于80℃的各温度下是否满足上述式2。通过确认在上述各温度下是否满足式1和式2来确认某分隔构件是否属于本发明的分隔构件。需要说明的是,如前所述,本发明的分隔构件优选在高于160℃的各温度下满足上述式1,优选在低于100℃的各温度下满足上述式2。

[0125] <电池组>

[0126] 分隔构件1是构成电池组的构成要素之一。可适用于本发明的电池组例如适用于电动汽车(EV、Electric Vehicle)、混合动力电动汽车(HEV、Hybrid Electric Vehicle)、插电式混合动力电动汽车(PHEV、Plug-in Hybrid Electric Vehicle)、电动重机、电动摩托车、电动助力自行车、船舶、飞机、火车、不间断电源(UPS、Uninterruptible Power Supply)、家用电力存储系统、在利用了风能/太阳能/潮汐能/地热等可再生能源的用于稳定电力系统的蓄电池系统等等中搭载的电池组。另外,电池组还可以作为用于向上述EV等之外的设备供电的电源使用。

[0127] 图3是例示电池组的图。在图3中,作为电池组10例示了连接三个电池单元的简易电池组。电池组可以根据期望的输出功率将相应个数的单电池(也称为电池单元)串联、并联、或组合串联、并联而连接形成。电池单元的数量根据所要求的功率适当地设定。图3的例子中,各单电池串联连接,在单电池之间配置分隔构件。

[0128] 在图3所示的电池组10的例示中,电池组10包括:电池单元21(Ce111:第1单电池)、电池单元22(Ce112:第2单电池)、电池单元23(Ce113:第3单电池);以及,配置在电池单元之间用于对电池单元之间进行分隔的分隔构件11(Spacer1:第1分隔构件)、分隔构件12(Spacer2:第2分隔构件)。电池组10还包括汇流条3和壳体4。在以下的说明中,在不对分隔构件11和分隔构件12进行区分时,称之为分隔构件1。另外,在不对电池单元21、电池单元22和电池单元23进行区分时,使用电池单元2的表述。需要说明的是,在本发明中,第1单电池、第2单电池和第3单电池、以及第1分隔构件和第2分隔构件是指如图3所示的相对位置关系。当某单电池达到异常发热状态时,该单电池被视为第1单电池,由此确定第2单电池和第3单电池,以及第1分隔构件和第2分隔构件。

[0129] (电池单元/单电池)

[0130] 电池单元2例如是具备能够吸收·释放锂离子的正极和负极、以及电解质的锂离子二次电池。除锂离子二次电池之外,可以适用锂离子全固体电池、镍氢电池、镍镉电池、铅蓄电池等二次电池。

[0131] (分隔构件)

[0132] 分隔构件1可以适用通过图1和图2进行说明的分隔构件。

[0133] (汇流条、壳体)

[0134] 汇流条3是用于将从电池单元输出的电力供给至负载(例如电动机)的导体棒,例如由铝等导体形成。壳体4收纳分隔构件1和电池单元2。壳体4例如可以由金属、树脂(聚丙烯等)、或金属和树脂的组合形成。作为壳体可以如下构成:用在电池单元之间插入有分隔构件1的多个电池单元2的端板夹住,端板之间用连接板连接,使得电池单元2和分隔构件1被固定。

[0135] <电池组中的发热和热传递>

[0136] 用于形成构成电池单元2的电极、电解液等的化学物质的一部分乃至全部在电池单元2内部随着发热而发生分解反应,由此电池单元2的温度上升,有时电池单元2的一部分乃至全部区域会达到200℃以上。将该状态称为“异常发热状态”。

[0137] 通常,关于构成电池单元2的材料中的正极材料的安全性,已知其很大程度上受充电导致脱锂后的晶体结构的稳定性影响。通常用作正极材料的 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3})$

$O_2$ 、 $Li(Ni_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05})O_2$ 等材料在充电状态下会于高温下发生伴有氧释放的晶体破坏。从正极释放的氧会引起电解液的氧化等,伴有剧烈的发热反应。根据使用辐射光的结构分析,报道了上述正极材料种在 $200^{\circ}C$ 附近会发生晶体的相变。因此,电池单元2的一部分乃至整个区域达到 $200^{\circ}C$ 以上的情况意味着正极的晶体破坏正在进行,换言之电池单元2处于热失控状态(参考文献1:锂离子电池的高安全性技术与材料CMC出版、第44页;参考文献2: J.Dahn et al., *Electrochemistry Communication*, 9, 2534-2540 (2007); 参考文献3: 小林弘典,“使用辐射光的锂离子二次电池用正极材料的评价·分析技术”Spring-8利用促进协商会玻璃·陶瓷研究会(第2次)(2011))。

[0138] 此外,关于构成电池单元2的材料中负极材料的安全性,已知充电负极(嵌入锂的碳负极)基本上表现出与金属锂同样的强还原性,通过与电解液的反应在负极表面上形成覆膜,由此抑制进一步的反应。因此,该保护覆膜的化学组成、结构、热稳定性会在很大程度上对温度上升时的充电负极的热稳定性带来影响。通常,充电负极与电解液的反应可通过保护覆膜的形成以及随后的覆膜破坏导致的爆发式的还原分解反应来说明。据报道,通常负极上的保护覆膜形成反应从 $130^{\circ}C$ 附近开始进行,随后的覆膜分解反应在 $200^{\circ}C$ 附近进行,最终达到爆发式还原分解反应。因此,电池单元2的一部分乃至整个区域达到 $200^{\circ}C$ 以上的情况意味着负极表面的覆膜破坏正在进行,即,电池单元2处于热失控状态(参考文献4: 电池手册第1版欧姆公司,第591页;参考文献5: 锂离子电池的高安全技术·评估技术的最前沿CMC出版,第90页)。

[0139] 另外,将用于形成构成电池单元2的电极、电解液等的化学物质在电池单元2内部不发生伴有一定以上发热速度的分解反应的状态称为“通常状态”。这里,可以使用ARC (Accelerating rate calorimetry) 评价电池单元2的发热状态,ARC是对反应性化学物质在绝热条件下发生自发热分解时的热行为进行定量测量的手段。例如,Dahn等将在ARC中观察到的发热速度超过 $0.04^{\circ}C/分钟$ 的情况定义为在电池单元内部进行自发热反应,可以遵循此定义(参考文献6: J.Dahn et al., *Electrochimica Acta*, 49, 4599-4604 (2004))。另外,将通常状态的电池单元2称为“保持着通常状态的单电池”,将偏离通常状态且未达到异常发热状态的电池单元2称为“偏离通常状态的单电池”。电池单元2内部的发热介由各种传递路径传向其他电池单元2。

[0140] 另外,将通常状态的电池单元2称为“保持着通常状态的单电池”,将偏离通常状态且未达到异常发热状态的电池单元2称为“偏离通常状态的单电池”。电池单元2内部的发热介由各种传递路径传向其他电池单元2。

[0141] 图4是例示电池组的传热路径的图。在图4的例子中,构成电池组10的左端的电池单元21异常发热时,在电池单元21中产生的热除了介由(1)配置在电池单元之间的分隔构件11、(2)汇流条3、以及(3)与电池单元2接触的电池组10的壳体4向其他的电池单元22、23传递以外,还向(4)电池组10的壳体外部发热。

[0142] 假设与分隔构件1接触或靠近的电池单元2偏离通常状态且未达到异常发热状态时的表面平均温度的上限值为 $180^{\circ}C$ 。这里,已知常用隔离材料的熔化温度为 $160\sim 200^{\circ}C$ 。因此,电池单元2的表面平均温度超过 $180^{\circ}C$ 时,存在构成电池单元2的常用隔离材料的一部分会熔化、达到异常发热状态的危险性。分隔构件1的用于对构成电池组10的电池单元2之间进行分隔的厚度方向上的两个面中的一者的平均温度超过 $180^{\circ}C$ 时,通过进行控制使得

热阻 ( $\theta_1$ ) 满足前述 (式1), 介由分隔构件1的热传递被限制, 可以抑制其延烧至与分隔构件1接触或靠近的电池单元2。常用隔离材料的材质例如为聚乙烯、聚丙烯等 (参考文献7: 日本特开2013-35293号公报; 参考文献8: 日本特开2015-208894号公报)。

[0143] 假设与分隔构件1接触或靠近的电池单元2未偏离通常状态时的表面平均温度的上限值为80℃。这里, 常用电解液成分的沸点如下述表1所示为90℃以上。常用电解液成分例如为碳酸亚乙酯 (EC)、碳酸二乙酯、碳酸二甲酯 (DMC)、碳酸甲乙酯 (EMC)。电池单元2的表面平均温度低于80℃时, 构成电池单元2的常用电解液本身不会达到沸腾。分隔构件1的用于对构成电池组的单电池之间进行分隔的厚度方向上的两个面双方的平均温度低于80℃时, 通过进行控制使得热阻 ( $\theta_2$ ) 满足前述 (式2), 介由分隔构件1的热传递得到促进。在所有的电池单元2处于通常状态时, 分隔构件1的传热阻力低于以往的产品, 因此对电池组10中的电池单元2之间的温度均衡化是有效的, 可以期待其削弱由于温度不均引起的电池单元2的劣化的效果。

[0144] [表1]

[0145]

		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	℃	238	90	108	127

[0146] <每单位面积的热阻 ( $\theta$ ) 的控制方法>

[0147] 对通过分隔构件1的表面温度来控制每单位面积的热阻 ( $\theta$ ) 的方法进行说明。首先, 将构成分隔构件1的材料A和材料B例示如下。

[0148] 材料A是每单位面积的热阻 ( $\theta$ ) 满足前述 (式1) 的材料。对于材料A, 设定热导率:  $k \leq 0.20$  [W/m·K]、厚度:  $d = 1.0$  [mm]。即, 每单位面积的热阻:  $\theta = d/k \geq (1.0 \times 10^{-3}) / 0.20 = 5.0 \times 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>·K/W]。材料A例如为聚碳酸酯、丁基橡胶制的树脂板等。

[0149] 另外, 材料B是每单位面积的热阻 ( $\theta$ ) 满足前述 (式2) 的材料。对于材料B, 设定热导率:  $k \geq 0.25$  [W/m·K]、厚度:  $d = 1.0$  [mm]。即, 每单位面积的热阻:  $\theta = d/k \leq (1.0 \times 10^{-3}) / 0.25 = 4.0 \times 10^{-3}$  [m<sup>2</sup>·K/W]。关于材料B, 例如, 在固体的情况下为陶瓷、玻璃板、聚乙烯等, 在液体的情况下为水、乙二醇、甘油等。

[0150] 作为每单位面积的热阻 ( $\theta$ ) 在温度T[℃]以上时满足上述 (式1), 并且在低于T[℃]时满足上述 (式2) 的分隔构件1, 示出以下的两个例子。在第1个例子中, 分隔构件1包括袋状结构物, 所述袋状结构物是由在高于T[℃]的温度具有熔点的材料A形成的、内部中空的大致长方体 (图5)。袋状结构物的内部填充有在T[℃]下为液体状态的材料B, 袋状结构物的下表面设置有连通其内部和外部的开口部, 开口部被例如由在T[℃]附近具有熔点的材料C形成塞封闭。进行设计使得在T[℃]附近, 由材料C形成的塞熔化时形成开口部, 填充在内部的材料B从开口部流出至外部。袋状结构物的外形形状可以具有除长方体之外的形状。此外, 在图5中, 开口部虽然设置在袋状结构物的下表面, 但是只要是材料B从开口部流出到袋状结构物外部的的位置, 开口部也可以设置在侧表面。需要说明的是, 分隔构件1也可以是填充有上述材料B的多个袋状结构物沿长度方向或高度方向排列而形成的结构。此外, 塞不是必需的。材料C的熔点可以与材料B相同或为其以下。在某些情况下, 塞可以由材料B形成。材料B在T[℃]下可以不一定是液体, 除液体之外的流体状态也是可能的。

[0151] 在如上所述的袋状结构物的分隔构件1的情况下,当表面温度小于 $T[^\circ\text{C}]$ 时,利用袋状结构物中的材料B,每单位面积的热阻( $\theta$ )满足上述(式2)。此外,分隔构件1的表面温度变为 $T[^\circ\text{C}]$ 以上时,由于材料B流出至袋状结构物的外部,因此分隔构件1变为由材料A构成,分隔构件1的每单位面积的热阻( $\theta$ )满足上述(式1)。

[0152] 接下来,对第2个例子进行说明。在第2个例子中,分隔构件1具有如下结构:在图5的袋状结构物的内部设置有格子状的框(图6)。在袋状结构物的内部,框以外的部分被在 $T[^\circ\text{C}]$ 下呈液体状态的材料B填满,袋状结构物的下表面被在 $T[^\circ\text{C}]$ 附近具有熔点的材料C所形成的塞封闭。进行设计,使得在 $T[^\circ\text{C}]$ 附近,由材料C形成的塞熔化时,填充在袋状结构物的空间部分的材料B从由于塞熔化而形成的开口部流出至外部。框在材料B流出时发挥维持袋状结构物的刚性(强度)的作用。在这种袋状结构物的分隔构件1的情况下,当表面温度低于 $T[^\circ\text{C}]$ 时,利用填充在袋状结构物的空间部分的材料B,每单位面积的热阻满足上述(式2)。此外,当分隔构件1的表面温度变为 $T[^\circ\text{C}]$ 以上时,材料B流出至袋状结构物的外部,因此分隔构件1变为由材料A构成,分隔构件1的每单位面积的热阻( $\theta$ )满足上述(式1)。

[0153] <电池单元间的热传递控制>

[0154] 构成电池组10的电池单元2之间的热传递通过如下方式进行控制:抑制从达到异常发热状态的电池单元2向偏离通常状态的电池单元2传递的热量,并且,不抑制未介由偏离通常状态的电池单元2的电极体而从达到异常发热状态的电池单元2向保持通常状态的电池单元2传递的热量、以及从偏离通常状态的电池单元2向保持通常状态的电池单元2传递的热量。需要说明的是,电池单元2的电极体是包括电极、隔离件、电解液的结构体,即电池的本体。

[0155] 例如,在图4中,假设电池单元21达到异常发热状态,电池单元22偏离通常状态,电池单元23保持通常状态。在这种情况下通过如下方式进行控制:从电池单元21向电池单元22传递的热量被抑制,未介由电池单元22的电极体而从电池单元21向电池单元23传递的热量以及从电池单元22向电池单元23传递的热量不被抑制。

[0156] 电池单元2之间的热传递可以通过分隔构件1的转换功能来控制。即,由于在偏离通常状态的电池单元22与达到异常发热状态的电池单元21之间设置的分隔构件11的传热阻力增加,电池单元21发出的热量中传递向电池单元22的热量减少。另外,由于在偏离通常状态的电池单元22与保持通常状态的电池单元23之间的设置的分隔构件12的传热阻力未增加,从电池单元22向电池单元23传递的热量、以及电池单元21发出的热量中未介由电池单元22的电极体而向电池单元23传递的热量不会减少。需要说明的是,电池单元21发出的热量中,未介由电池单元22的电极体而向电池单元23传递的热量可以介由分隔构件1以外的、除电池单元22的电极体之外的电池单元2乃至电池组10的结构体(例如汇流条3和壳体4的外壁等)来传递。

[0157] 这样,根据本实施方式的分隔构件1,达到异常发热状态的电池单元21所发出的热量被控制,使得向偏离通常状态的电池单元22传递的热量受到抑制,并且传递至保持通常状态的电池单元23,电池组10中的各电池单元2的温度被均衡化。因此,可以抑制除达到异常发热状态的电池单元2以外的电池单元2达到异常发热状态。

[0158] 实施例

[0159] 接着,通过实施例进一步对本发明的具体方式进行详细地说明,但是本发明不限

于这些例子。

[0160] 在以下各实施例和比较例中,在从异常发热的电池单元向其他电池单元传热的路径当中,着眼于介由配置在电池单元之间的分隔构件1的热传递,研究了分隔构件1所带来的抑制电池单元间延烧的可能性。作为评价对象的电池组,构建了图3所示的二维坐标系三电池单元连接的简易电池组模型,对左端部的电池单元21赋予相当于发生热失控时的发热量 $1.3 \times 10^9$  [J/m<sup>3</sup>] (根据使用了NMC系正极的电池单元2的热量评价推断的总发热量),在以下各实施例和比较例的条件下,通过有限元法解析热传导方程式,由此推算各电池单元2中的温度、以及分隔构件1的表面平均温度和每单位面积的热阻。这里,在分析中使用COMSOL AB公司制造的属于常用物理模拟软件的COMSOL Multiphysics,参照下述参考文献9、10进行分析。需要说明的是,对于电池单元之间的传热路径,设想为图4中说明的路径(参考文献9:日本特开2006-010648号公报;参考文献10:R.M.Spotnitz et al., J. Power Sources 163, 1080-1086, (2007))。

[0161] 另外,图3中,在左端部的电池单元21异常发热时,推算邻接的电池单元22和电池单元23的内部温度、以及分隔构件1的表面平均温度和每单位面积的热阻,并对分隔构件1的传热阻力的变化带来的抑制延烧等效果进行评价。需要说明的是,各电池单元2的内部温度假设为对电极体(包含电极、隔离件、电解液的结构体)的内部平均温度进行测量而得到的温度。

[0162] (比较例1)

[0163] 比较例1中,假设分隔构件1为聚丙烯(PP)等通常的树脂制分隔构件,设定膜厚为1mm,热导率为 $0.24$  W/m·K。假设汇流条3为铝制汇流条,设定热导率为 $237$  W/m·K。假设壳体4为聚丙烯等通常的树脂制壳体,设定热导率为 $0.24$  W/m·K。在上述条件下,推算各电池单元2中的温度、以及分隔构件1的表面平均温度和每单位面积的热阻。

[0164] 图7是示出比较例1中的电池单元的内部温度变化的图表。纵轴表示电池单元2内部的绝对温度[K],横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。在电池单元21达到异常发热状态起约150秒后,电池单元22和电池单元23的内部温度超过1000K,表明发生了从异常发热的电池单元21到电池单元22和电池单元23的延烧。

[0165] 图8是示出比较例1中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。需要说明的是,将分隔构件1的表面平均温度作为异常发热的电池单元21侧的表面的平均温度。纵轴表示分隔构件1的表面平均温度[°C],横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。经推算,在电池单元21刚刚达到异常发热状态之后,分隔构件11 (Spacer1) 的表面平均温度急剧上升达到400°C,约150秒后,分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度也急剧上升并超过700°C。

[0166] 图9是示出比较例1中的分隔构件的每单位面积的热阻的变化的图表。纵轴表示每单位面积的热阻 ( $m^2 \cdot K/W$ ),横轴表示分隔构件1的表面平均温度(°C)。分隔构件11 (Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度190°C下的每单位面积的热阻( $\theta_1$ )的值为 $4.2 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ ,平均温度70°C下的每单位面积的热阻( $\theta_2$ )的值为 $4.2 \times 10^{-3} m^2 \cdot K/W$ 。即,比较例1中的分隔构件1不满足涉及每单位面积的热阻的上述(式1)和(式2)中的任何一个条件。

[0167] (实施例1)

[0168] 在实施例1中,假设分隔构件1是具有在异常发热的电池单元侧的表面温度达到规定温度的时刻热导率发生变化的转换功能的高性能分隔构件,设定膜厚为1.0mm。汇流条3和壳体4的各种条件与比较例1相同。

[0169] 具有转换功能的分隔构件1例如可以通过如下方式设计的结构物:在由上述材料A中熔点为150℃附近的材料构成的袋状结构物的内部,封入上述材料B中在150℃下为液体状态的物质,在150℃下由材料A构成的袋状结构物的一部分熔化时,封闭在内部的材料B流出至袋状结构物的外部。通过这种结构物,分隔构件1的转换温度设为150℃,初始热导率设为 $1.0\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,转换后的热导率设为 $0.10\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,推算各电池单元2中的温度、以及分隔构件1的表面平均温度和每单位面积的热阻。

[0170] 图10是示出实施例1中的电池单元的内部温度变化的图表。纵轴表示电池单元2内部的绝对温度[K],横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。电池单元21达到异常发热状态后,电池单元22和电池单元23的内部温度逐渐上升,但并未达到异常发热状态,在约430K前后收敛,显示出能够抑制电池单元2之间的延烧的可能性。

[0171] 图11是示出实施例1中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。纵轴表示分隔构件1的表面平均温度(℃),横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。经推算,在电池单元21刚刚达到异常发热状态之后,分隔构件11 (Spacer1) 的表面平均温度急剧上升并超过400℃,但是分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度并没有急剧上升,在约160℃收敛。

[0172] 图12是示出实施例1中的分隔构件的每单位面积的热阻的变化的图表。纵轴表示每单位面积的热阻 [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ],横轴表示分隔构件1的表面平均温度[℃]。分隔构件11 (Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度190℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_1$ ) 的值为 $1.0\times 10^{-2}\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ,平均温度70℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_2$ ) 的值为 $1.0\times 10^{-3}\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ 。即,实施例1中的分隔构件1满足涉及每单位面积的热阻的上述(式1)和(式2)中的任何一个条件。

[0173] (比较例2)

[0174] 比较例2和比较例3是为了确认分隔构件1的转换功能的重要性而假设了不具有转换功能的分隔构件1的例子。比较例2中,假设分隔构件1是热导率低于比较例1的分隔构件1,设定膜厚为1.0mm,热导率为 $0.10\text{W/m}\cdot\text{K}$ 。汇流条3和壳体4的各种条件与比较例1相同。

[0175] 图13是示出比较例2中的电池单元的内部温度变化的图表。纵轴表示电池单元2内部的绝对温度[K],横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。结果显示,与使用了通常的树脂制分隔构件1的比较例1相比,虽然发生从异常发热的电池单元21向电池单元22和电池单元23的延烧所需的时间延长,但是没有达到抑制延烧。

[0176] 图14是示出比较例2中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。纵轴表示分隔构件1的表面平均温度[℃],横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。电池单元21达到异常发热状态后,约250秒后分隔构件11 (Spacer1) 的表面平均温度开始上升。基于该结果,推定在提高分隔构件1的隔热性的情况下,由于在电池单元21达到异常发热状态的初期阶段没有高效地去除电池单元21的发热,因此延烧未得到抑制。

[0177] 图15是示出比较例2中的分隔构件的每单位面积的热阻的变化的图表。纵轴表示每单位面积的热阻 [ $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$ ],横轴表示分隔构件1的表面平均温度[℃]。分隔构件11

(Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度190℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_1$ ) 的值为  $1.0 \times 10^{-2} \text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ , 平均温度70℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_2$ ) 的值为  $1.0 \times 10^{-2} \text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 。即, 比较例2中的分隔构件1虽然满足涉及每单位面积的热阻的上述(式1)的条件, 但是不满足(式2)的条件。

[0178] (比较例3)

[0179] 比较例3中, 假设分隔构件1是热导率高于比较例1的分隔构件1, 设定膜厚为1.0mm、热导率为  $1.0 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 。汇流条3和壳体4的各种条件与比较例1相同。

[0180] 图16是示出比较例3中的电池单元的内部温度变化的图表。纵轴表示电池单元2内部的绝对温度[K], 横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。结果显示, 与使用了通常的树脂制分隔构件1的比较例1相比, 发生从异常发热的电池单元21向电池单元22和电池单元23的延烧所需的时间缩短, 电池单元22和电池单元23基本上与电池单元21同时发生异常发热。

[0181] 图17是示出比较例3中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。纵轴表示分隔构件1的表面平均温度(℃), 横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。经推算, 电池单元21刚刚达到异常发热状态之后, 分隔构件11 (Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度急剧上升, 表面平均温度均在经过100秒的期间内超过600℃。基于该结果推定, 提高分隔构件1的传热性时, 由于会使电池单元21的异常发热时的发热迅速扩散到邻接的电池单元22和电池单元23, 因此延烧未得到抑制。

[0182] 图18是示出比较例3中的分隔构件的每单位面积的热阻变化的图表。纵轴表示每单位面积的热阻 [ $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ ], 横轴表示分隔构件1的表面平均温度(℃)。分隔构件11 (Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度190℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_1$ ) 的值为  $1.0 \times 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ , 平均温度70℃下的每单位面积的热阻 ( $\theta_2$ ) 的值为  $1.0 \times 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{K/W}$ 。即, 比较例3中的分隔构件1不满足涉及每单位面积的热阻的上述(式1)的条件, 但是满足(式2)的条件。

[0183] (比较例4)

[0184] 比较例4示出如下的例子: 即使是具有热导率变化的转换功能的高性能分隔构件, 也会由于变化前后的每单位面积的热阻值不在合适的范围内而发生从异常发热的电池单元向其他电池单元的延烧。

[0185] 比较例4中, 对于分隔构件1, 设定膜厚为1.0mm, 切换温度为150℃, 初始热导率为  $0.24 \text{W/m} \cdot \text{K}$ , 切换后的热导率为  $0.10 \text{W/m} \cdot \text{K}$ 。关于汇流条3和壳体4的各种条件与比较例1相同。

[0186] 图19是示出比较例4中的电池单元的内部温度的变化的图表。纵轴表示电池单元2内部的绝对温度[K], 横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。结果显示, 在电池单元21达到异常发热状态后, 约600秒后, 电池单元22和电池单元23的内部温度超过1200K, 发生从异常发热的电池单元21向电池单元22和电池单元23的延烧。

[0187] 图20是示出比较例4中的分隔构件的表面平均温度的变化的图表。纵轴表示分隔构件1的表面平均温度[℃], 横轴表示电池单元21达到异常发热状态后的时间[秒]。经推算, 电池单元21刚刚达到异常发热状态之后, 分隔构件11 (Spacer1) 的表面平均温度急剧上升, 超过400℃, 约600秒后, 分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度也急剧上升, 超过800℃。

基于该结果推定,即使分隔构件1具有转换功能,如果分隔构件1的热导率没有被适当地控制,则不能抑制延烧。

[0188] 图21是示出比较例4中的分隔构件的每单位面积的热阻的变化的图表。纵轴表示每单位面积的热阻 [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ],横轴表示分隔构件1的表面平均温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]。分隔构件11 (Spacer1) 和分隔构件12 (Spacer2) 的表面平均温度190 $^{\circ}\text{C}$ 下的每单位面积的热阻 ( $\theta_1$ ) 的值为 $1.0 \times 10^{-2}$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ],平均温度70 $^{\circ}\text{C}$ 下的每单位面积的热阻 ( $\theta_2$ ) 的值为 $4.2 \times 10^{-3}$  [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ]。即,比较例4中的分隔构件1虽然满足涉及每单位面积的热阻的上述(式1)的条件,但是不满足(式2)的条件。

[0189] 附图标记说明

[0190] 10 电池组

[0191] 1、1A、1B、11、12 分隔构件

[0192] 2、21、22、23 电池单元、单电池

[0193] 3 汇流条

[0194] 4 壳体。

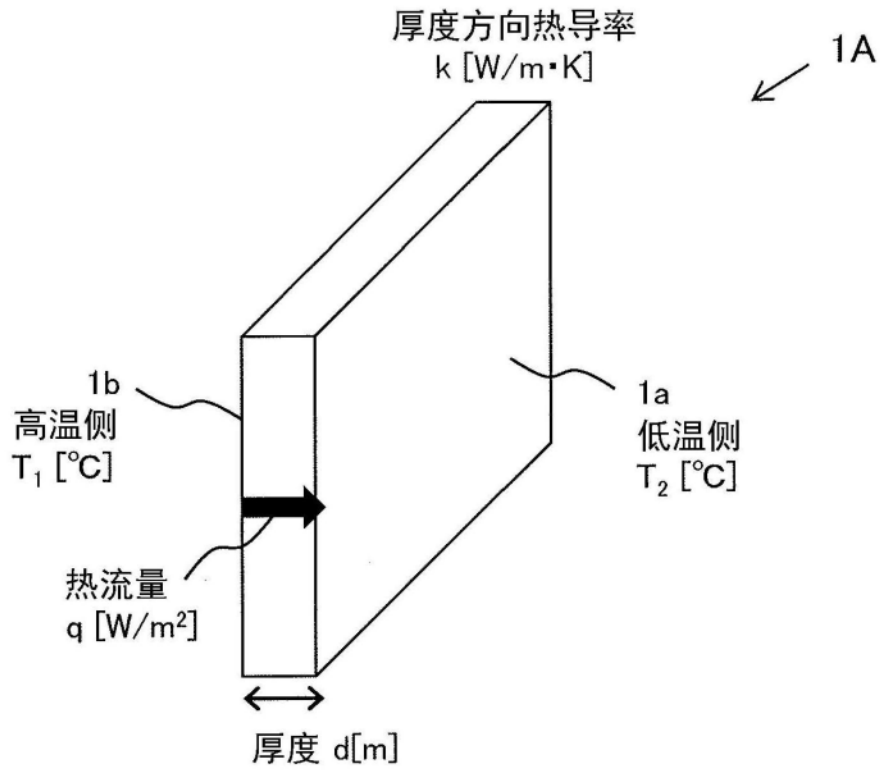


图1

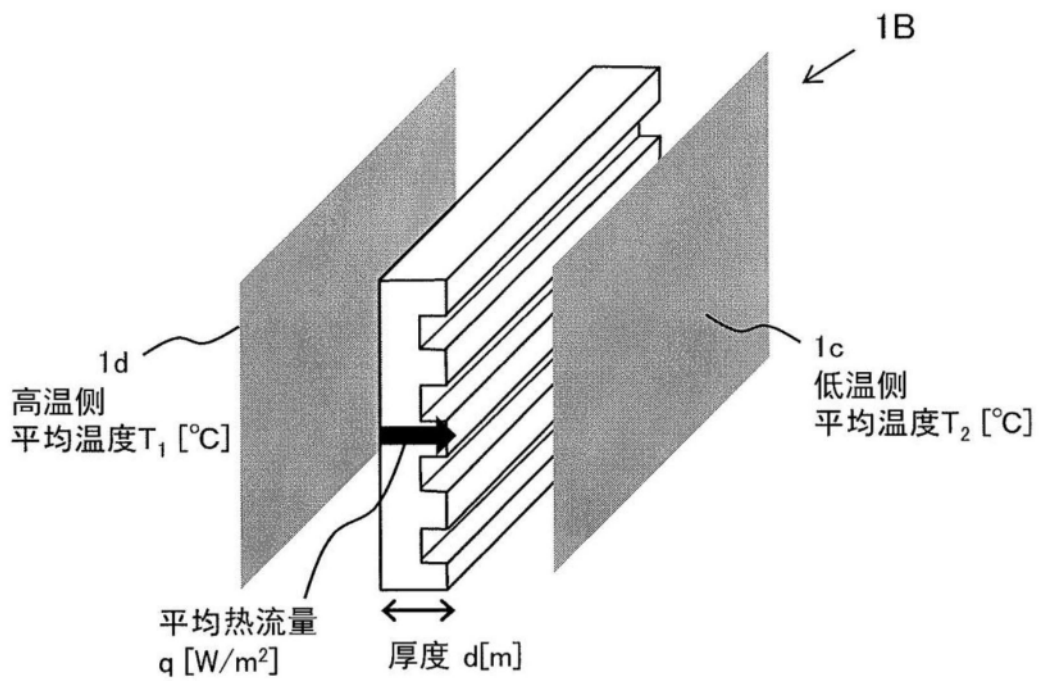


图2

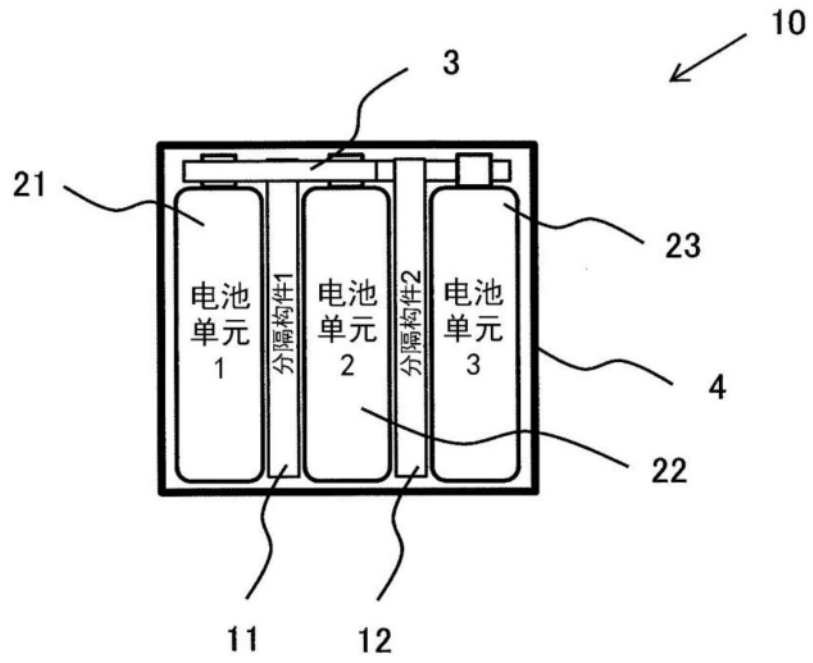


图3

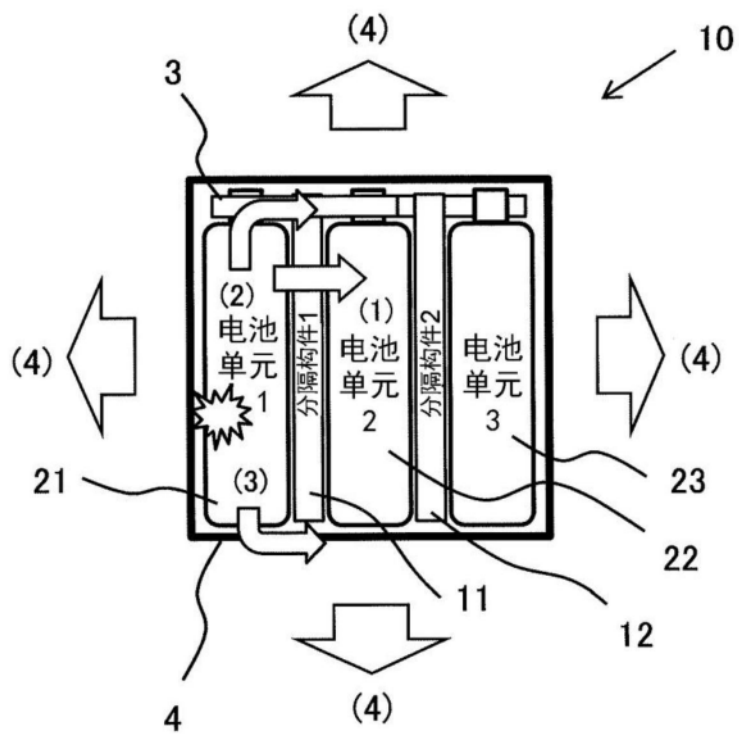


图4

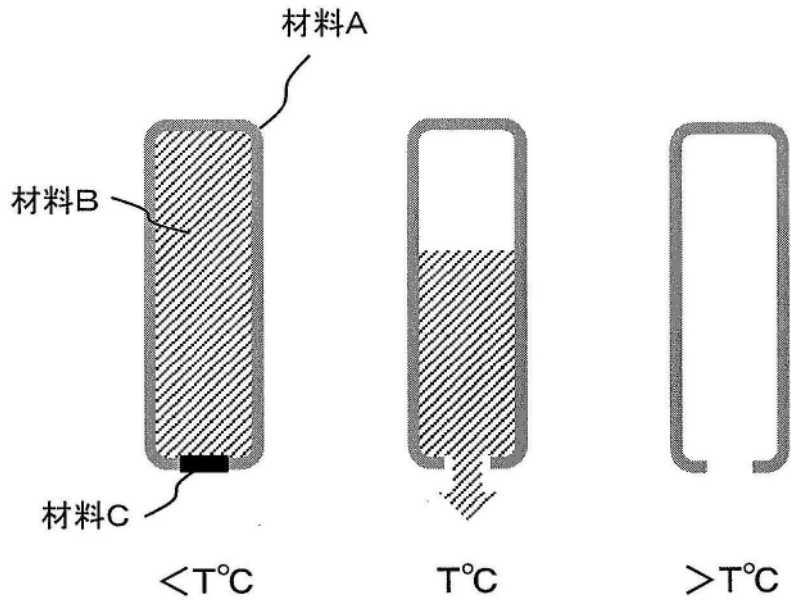


图5

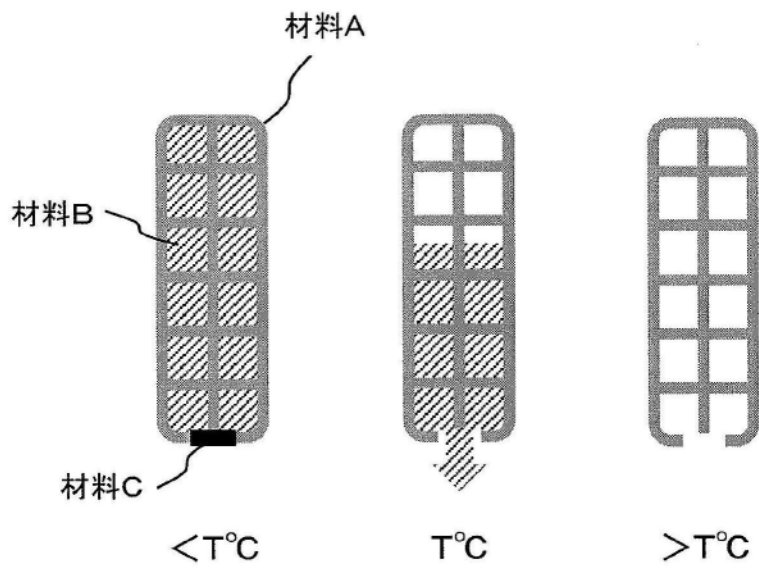


图6

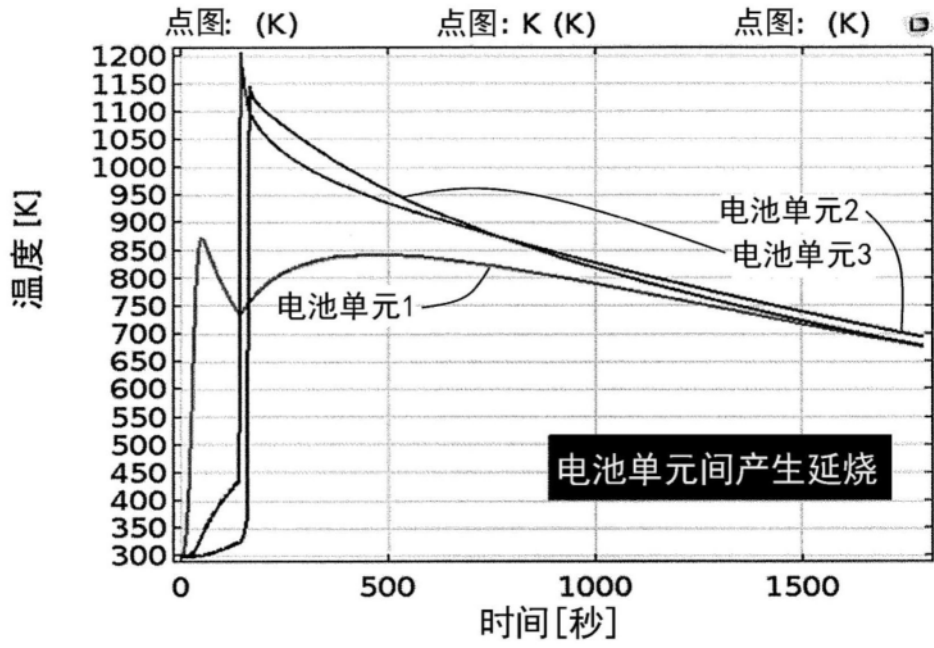


图7

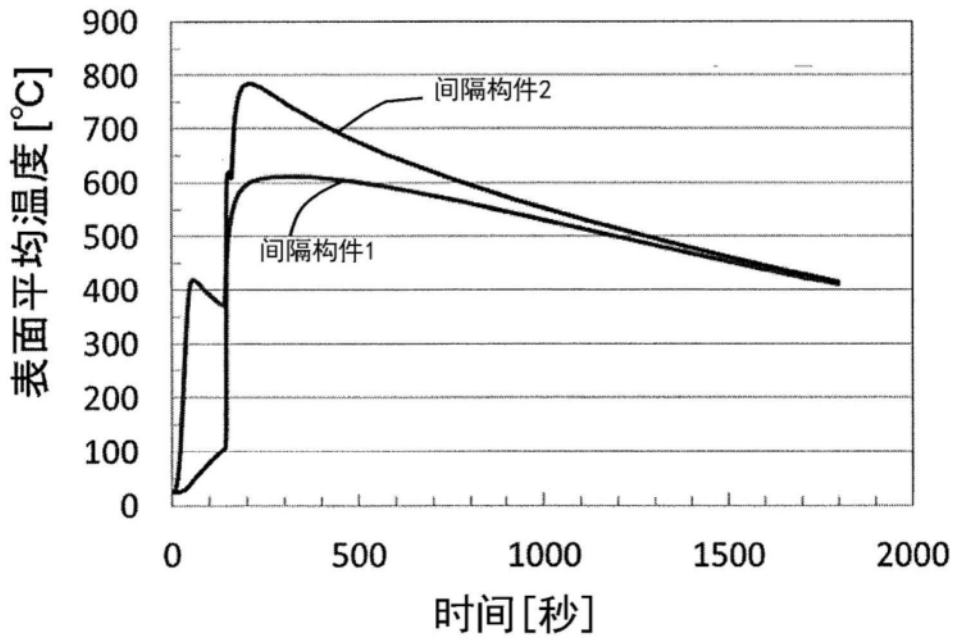


图8

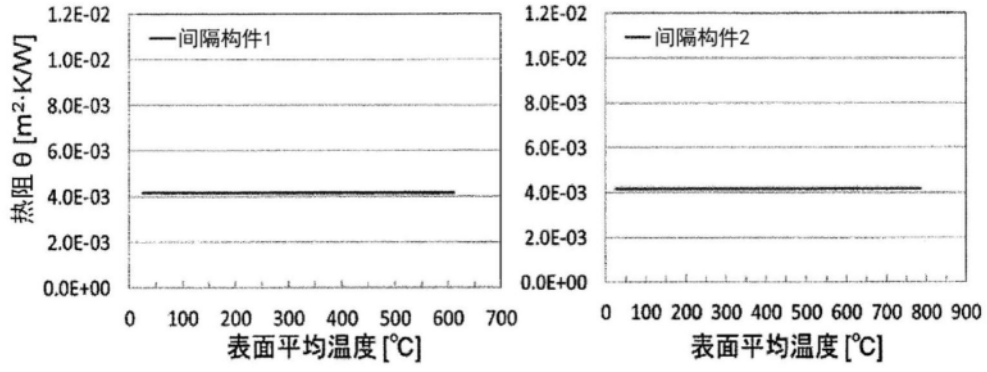


图9

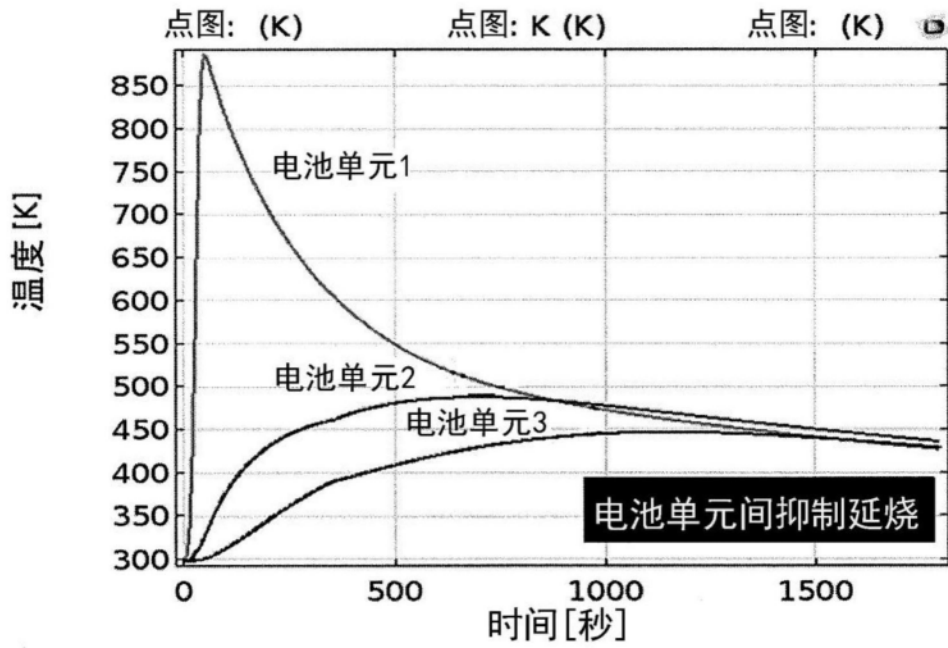


图10

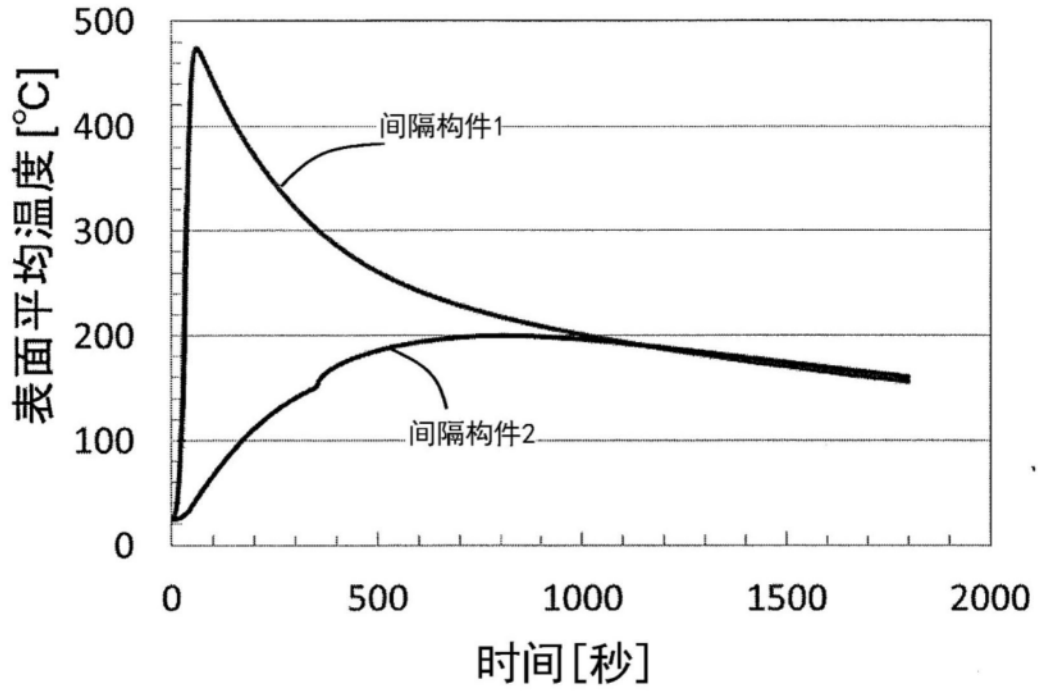


图11

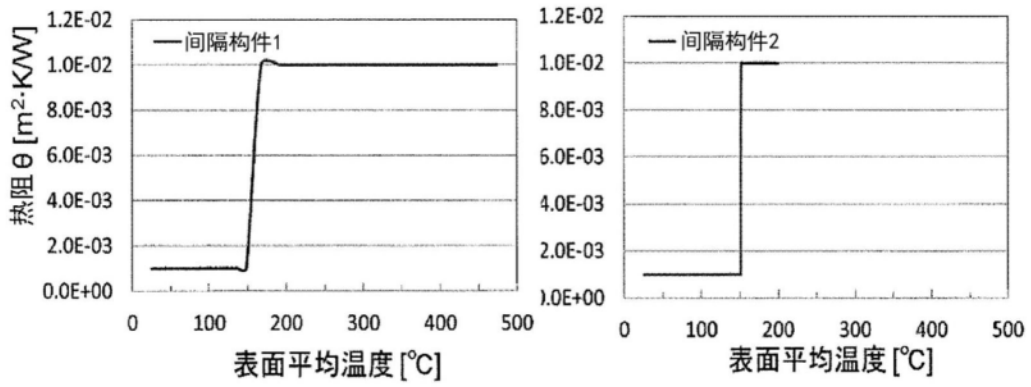


图12

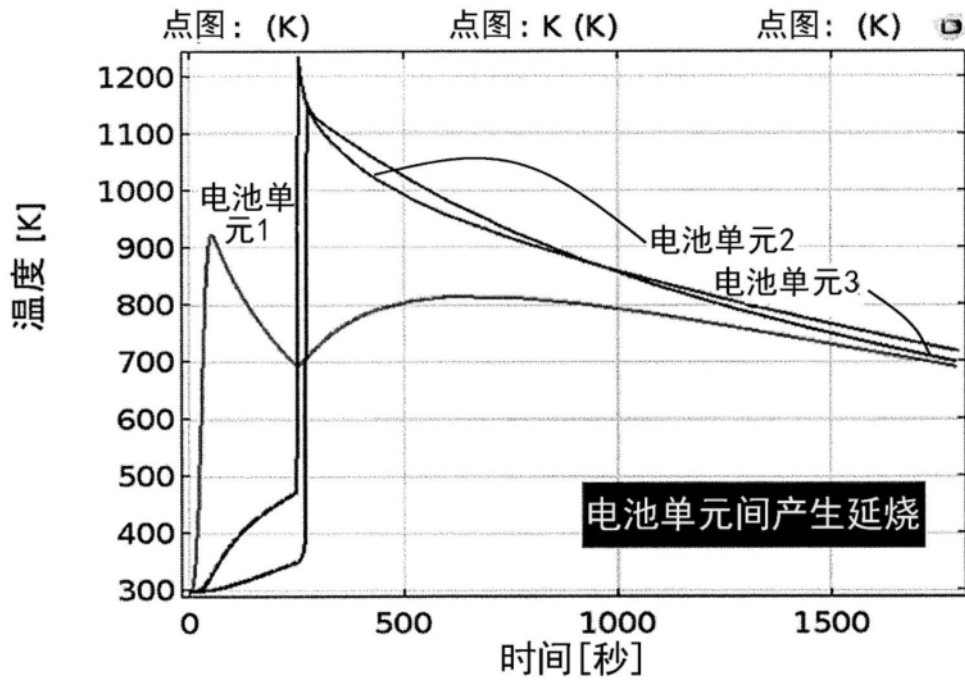


图13

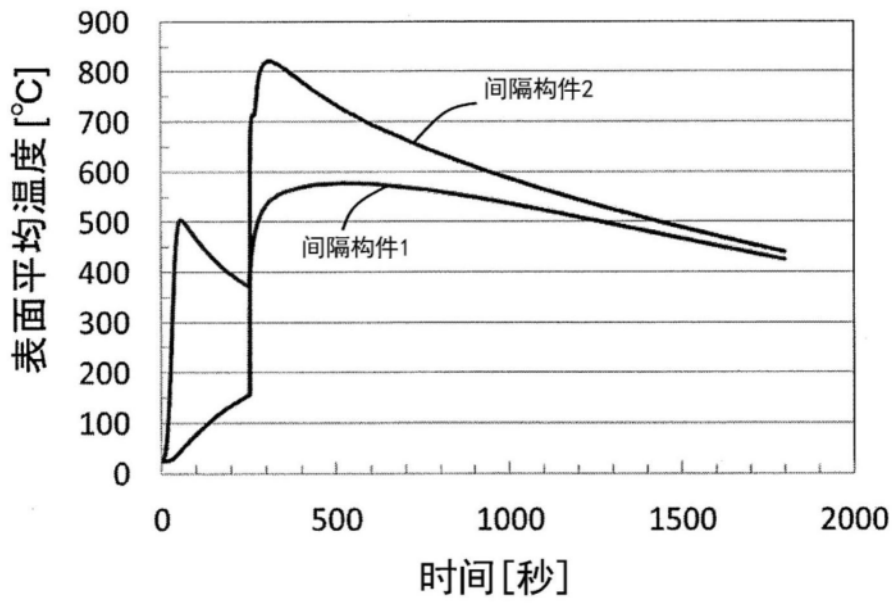


图14

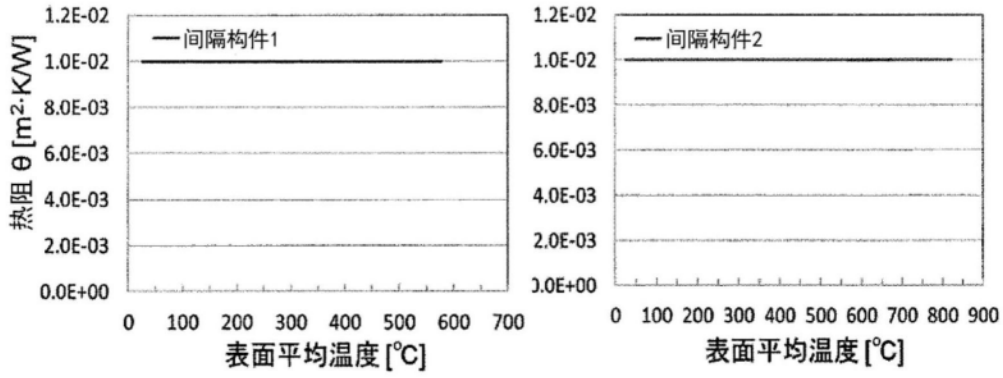


图15

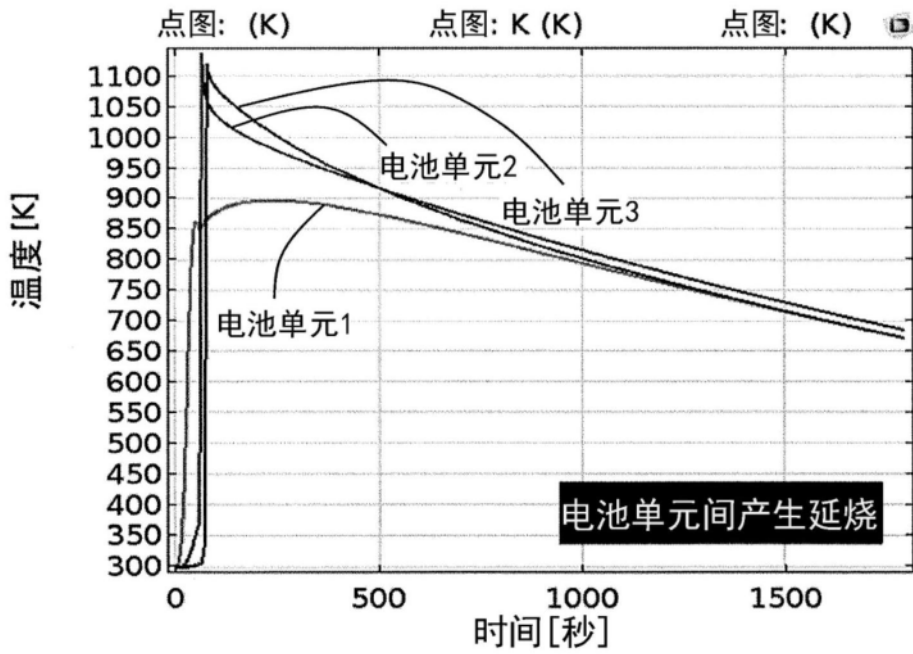


图16

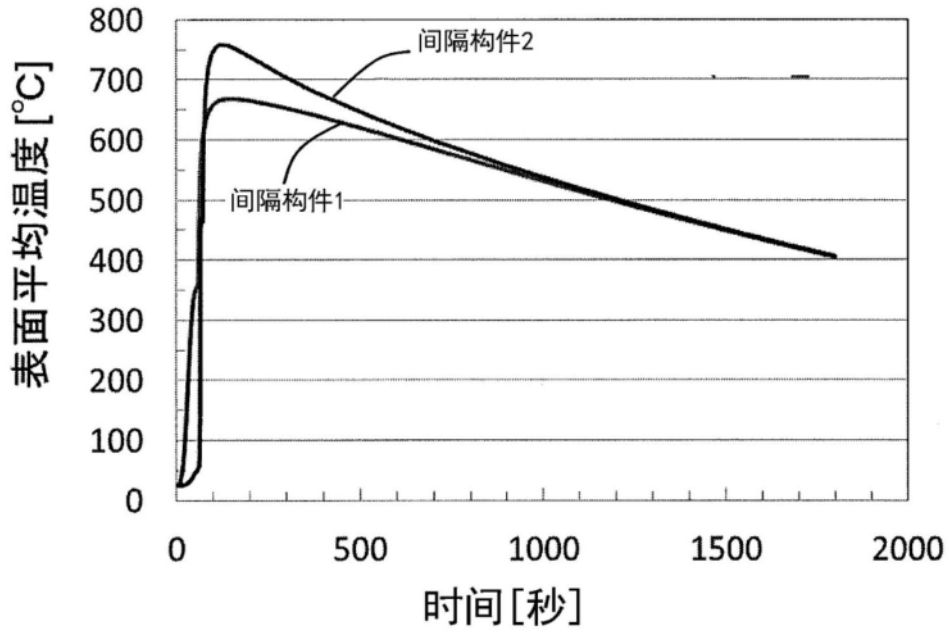


图17

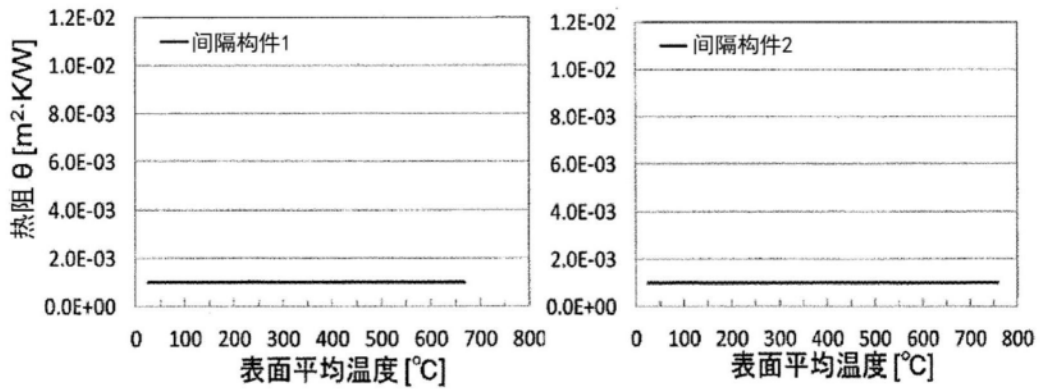


图18

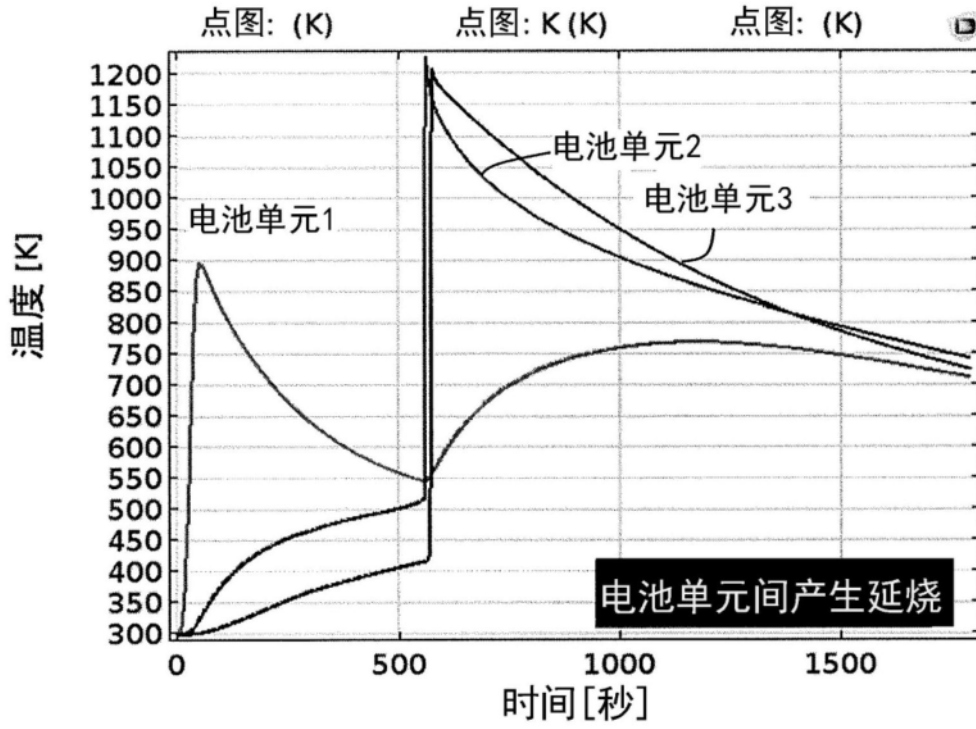


图19

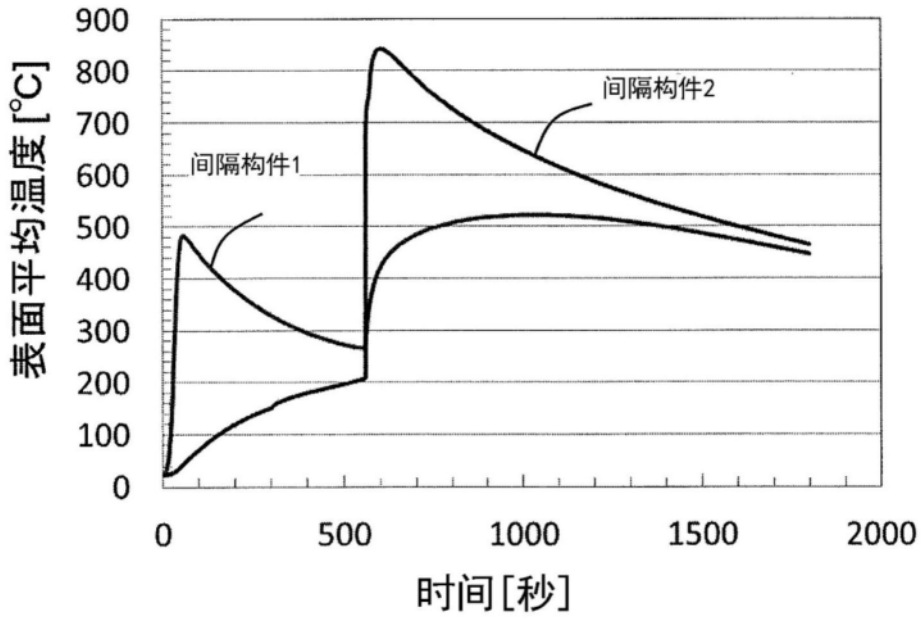


图20

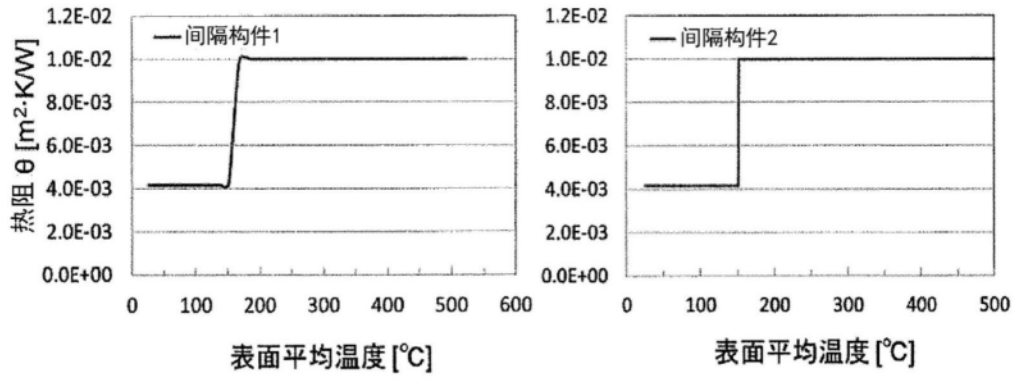


图21