

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7684596号
(P7684596)

(45)発行日 令和7年5月28日(2025.5.28)

(24)登録日 令和7年5月20日(2025.5.20)

(51)国際特許分類		F I	
H O 1 M	10/6555(2014.01)	H O 1 M	10/6555
H O 1 M	10/613(2014.01)	H O 1 M	10/613
H O 1 M	10/625(2014.01)	H O 1 M	10/625
H O 1 M	10/647(2014.01)	H O 1 M	10/647
H O 1 M	10/651(2014.01)	H O 1 M	10/651
請求項の数 11 (全28頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号 特願2023-513002(P2023-513002)		(73)特許権者	000006655
(86)(22)出願日 令和4年3月31日(2022.3.31)			日本製鉄株式会社
(86)国際出願番号 PCT/JP2022/016820			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(87)国際公開番号 WO2022/215659		(74)代理人	100101557
(87)国際公開日 令和4年10月13日(2022.10.13)			弁理士 萩原 康司
審査請求日 令和5年6月8日(2023.6.8)		(74)代理人	100096389
(31)優先権主張番号 特願2021-64836(P2021-64836)			弁理士 金本 哲男
(32)優先日 令和3年4月6日(2021.4.6)		(74)代理人	100167634
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 扇田 尚紀
日本国(JP)		(74)代理人	100187849
前置審査			弁理士 齊藤 隆史
		(74)代理人	100212059
			弁理士 三根 卓也
		(74)代理人	100233814
			弁理士 矢田 充洋
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 バッテリーセル間の冷却構造、バッテリーモジュール、及び、バッテリーパック

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

2つの側面が互いに向かい合うように並べて配置される複数の角型バッテリーセルにおける、隣り合う前記バッテリーセル間の冷却構造であって、
熱伝導率が100W/m・K以上、かつ、厚みが0.3mm以上であり、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する、板状の金属部材と、
前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する板状の金属部材同士の間配置されており、熱伝導率が1.0W/m・K以下、かつ、厚みが0.5mm以上である断熱部材又はガス層の少なくとも何れかを有する断熱層と、
により、
前記隣り合うバッテリーセル同士で、バッテリーセル／板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材／バッテリーセル、という複層構造を形成し、
更に、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれに熱的に接触する、又は、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれの近傍に存在する冷却部材と、
を備え、
前記板状の金属部材のそれぞれは、少なくともその一つの端部が、前記冷却部材に熱的に接触しており、
前記複層構造を構成する2つの前記板状の金属部材は、熱伝導率及び厚みが同じであり、かつ、板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材の厚みの比が、1.0:0.2~4.0:1.0であり、

前記板状の金属部材は、隣り合う前記断熱部材のそれぞれの側面に熱的に接触する前記板状の金属部材の下部同士が接続されて、略凹形状となっており、

前記隣り合う前記断熱部材の間に、前記略凹形状の前記板状の金属部材が挿入されており、

前記略凹形状の窪みに、前記バッテリーセルが配置されており、

前記板状の金属部材と、前記冷却部材とは、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の接着剤又はグリスを介して、熱的に接触している、バッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 2】

2つの側面が互いに向かい合うように並べて配置される複数の角型バッテリーセルにおける、隣り合う前記バッテリーセル間の冷却構造であって、

熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上、かつ、厚みが 0.3 mm 以上であり、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する、板状の金属部材と、

前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する板状の金属部材同士の間に配置されており、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下、かつ、厚みが 0.5 mm 以上である断熱部材又はガス層の少なくとも何れかを有する断熱層と、
により、

前記隣り合うバッテリーセル同士で、バッテリーセル／板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材／バッテリーセル、という複層構造を形成し、

更に、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれに熱的に接触する、又は、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれの近傍に存在する冷却部材と、
を備え、

前記板状の金属部材のそれぞれは、少なくともその一つの端部が、前記冷却部材に熱的に接触しており、

前記複層構造を構成する2つの前記板状の金属部材は、熱伝導率及び厚みが同じであり、かつ、板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材の厚みの比が、 $1.0:0.2\sim4.0:1.0$ であり、

前記板状の金属部材は、断面形状が凹形状となるように加工されており、隣り合う前記バッテリーセルの間に挿入され、

前記凹形状の窪みに、前記断熱層が配置され、

前記板状の金属部材と、前記冷却部材とは、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の接着剤又はグリスを介して、熱的に接触している、バッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 3】

前記板状の金属部材の厚みは、 0.5 mm 以上であり、

前記断熱層の厚みは、 1.0 mm 以上である、請求項 1 又は 2 に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 4】

前記複数の角型バッテリーセルそれぞれにおいて、

前記複数の角型バッテリーセルが並べて配置される方向に対して平行な側面には、更に、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上、かつ、厚みが 0.3 mm 以上である第 2 の板状の金属部材が存在し、

前記第 2 の板状の金属部材は、前記バッテリーセルの側面に熱的に接触し、かつ、少なくとも一つの端部が前記冷却部材に熱的に接触している、請求項 1 ～ 3 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 5】

前記隣り合うバッテリーセル間の間隔は、 $1.5\sim5.0\text{ mm}$ である、請求項 1 ～ 4 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 6】

前記バッテリーセルの側面は、鉄鋼材料で構成されている、請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 7】

前記熱伝導率が $1.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以上の接着剤又はグリースは、常温で硬化する接着剤又はグリースである、請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 8】

前記角型バッテリーセルは、ラミネート型バッテリーセルが積層されて構成される、請求項 1 ～ 7 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 9】

前記板状の金属部材の材質は、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、又は、銅合金の少なくとも何れかである、請求項 1 ～ 8 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

【請求項 10】

請求項 1 ～ 9 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造を有する、バッテリーモジュール。

【請求項 11】

請求項 1 ～ 9 の何れか 1 項に記載のバッテリーセル間の冷却構造を有する、バッテリーパック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バッテリーセル間の冷却構造、バッテリーモジュール、及び、バッテリーパックに関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車は、大きな蓄電容量と高い出力を得るため、多数個のバッテリーセル（例えば、リチウムイオン二次電池等）を使用している。バッテリーセルには、円筒型、角型、ラミネート型などが存在するが、電気自動車用としては、機械的強度が高く、エネルギー密度やサイズ等のバランスが良い、角型が多く採用されている。角型バッテリーセル（以下、単に「バッテリーセル」とも言う。）を用いた電気自動車には、限られた空間に、多数個のバッテリーセルを並列や直列に密に並べて構成されるバッテリーモジュールが複数使用されており、これらのバッテリーモジュールは接続されてバッテリーパックとなり、車載されている。バッテリーセルは、充放電を繰り返す過程で大きな発熱が生じ、そのままでは劣化の進行が促進されるため、バッテリーモジュール内には、空冷や水冷等でバッテリーセルを冷却する構造や機構が設けられている。

【0003】

しかしながら、このような冷却構造や冷却機構が設けられていても、バッテリーセルは、充放電を繰り返す過程で劣化したり、外部から熱や衝撃が加わったりなどして、一部のバッテリーセルが異常発熱することがある。この場合、異常発熱したバッテリーセルから、隣接するバッテリーセルに多量の熱が伝わり、かかる熱が伝播することで、バッテリーモジュール全体が損傷を受けることになる。その対策として、例えば、特許文献 1 においては、隣り合うバッテリーセル間に電池間セパレータを設けることで、バッテリーモジュールの損傷を抑える技術が開示されている。同文献における電池間セパレータの例としては、断熱部材／熱伝導部材／断熱部材の積層構造が記載されている。これにより、隣り合うセル間での熱の移動を断熱部材によって抑えることができ、更には、熱伝導部材の端部やバッテリーセルの下部を冷却プレートなどと接触させることによって、異常発熱で生じた熱を他の部位へ移動及び分散させて、異常発熱の伝播を抑制するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】国際公開第 2019/167689 号

【文献】国際公開第 2019/167612 号

【文献】中国公開特許公報 105489965 号

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、近年、電気自動車用のバッテリーセルは高エネルギー密度化し、異常発熱した際は、発熱セルの温度上昇がより高まって、隣接するセル間の熱の伝播が生じやすくなってきている。そのため、今まで以上に、異常発熱時のバッテリーモジュールの損傷を抑制する伝熱制御技術（冷却技術）が望まれていた。

【0006】

一方、バッテリーモジュールの低コスト化のため、バッテリーセルのケーシングの素材を、アルミニウム合金等のアルミニウム系から、鋼等の鉄系とする流れも、一部で生じてきている。鉄系の素材は、アルミニウム系の素材に比べて、熱伝導率が $1/5 \sim 1/10$ 程度低い。そのため、ケーシングに鉄系の素材を用いた場合には、バッテリーケースを冷却プレートなどの冷却機構に接触させて冷却能力を高めたバッテリーモジュールを使用した場合であっても、異常発熱したバッテリーセルからの熱を、冷却プレートを通じて他の部位へ移動及び分散させることが難しくなる。

【0007】

また、鉄系の素材は、アルミニウム系の素材よりも融点が高い。近年の電気自動車用のバッテリーセルにおける高エネルギー化により、異常発熱した際の最高温度が $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 以上に達することもあり、アルミニウム系の素材の融点（約 660°C ）を超えてしまってもケーシングそのものが溶け落ちるという大変危険な状況になる可能性がある。しかしながら、融点が 1500°C 程度である鉄系の素材では、このようなケーシングの溶け落ちが発生しないため、アルミニウム系の素材よりも鉄系の素材の方が、安全性が高いと言える。

【0008】

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、異常発熱したバッテリーセルが生じた場合であっても、また、その際のバッテリーセルのケーシングの素材が鋼材等の鉄系の場合であっても、従来技術と比べて、隣り合うバッテリーセルの温度上昇をより効率よく抑制させることが可能な、バッテリーセル間の冷却構造、及び、当該バッテリーセル間の冷却構造を有するバッテリーモジュール、並びに、バッテリーパックを提供することにある。

【0009】

また、バッテリーセル間は、その間隔が狭いほど、バッテリーパックやバッテリーモジュールをコンパクトに設計できるため、サイズダウンの面で好ましい。一方、異常発熱の防止の面や、冷却構造体の設置のし易さの面などを考慮すると、ある程度の間隔が必要となってくる。そのため、バッテリーセル間の間隔は、これらのバランスを考えて設計する必要があり、バッテリーの種類毎に異なる間隔の設計となっている。

【0010】

従って、本発明の主たる目的は、上述した課題において、特に、バッテリーセル間の間隔が同じ状況下で、従来技術と比べて、隣り合うバッテリーセルの温度上昇をより効率よく抑制することが可能な、バッテリーセル間の冷却構造、及び、当該バッテリーセル間の冷却構造を有する、バッテリーモジュール、並びに、バッテリーパックを提供することにある。

【0011】

なお、バッテリーセルにおいては、異常発熱を防止することが重要であるため、ケーシングには、熱伝導性に優れるアルミニウム系の素材を用いることが一般的であり、上記のような課題は生じ得なかった。上記のような課題は、ケーシングに鉄系の素材を用いようと意図した場合に初めて生じうるものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討を行った結果、隣り合うバッテリー

10

20

30

40

50

セル間に、「一方のバッテリーセル側面と熱的に接触する熱伝導率の高い金属部材の層／間に配置される断熱層／もう一方のバッテリーセル側面と熱的に接触する熱伝導率の高い金属部材の層」の複層構造（以下、「A構造」と略記することがある。）を設け、各層において所定の厚みを設定し、かつ、熱伝導率の高い金属部材の一端を冷却機構に接続することに想到した。これにより、異常発熱したバッテリーセルが生じた場合であっても、隣り合うバッテリーセルの上昇温度を従来技術よりも効率よく低下させることができることを見出した。

【0013】

また、上記条件において、A構造に変えて、隣り合うバッテリーセル間に、「一方のバッテリーセル側面と熱的に接触する断熱部材の層／間に配置される熱伝導率の高い部材の層／もう一方のバッテリーセル側面と熱的に接触する断熱部材の層」の複層構造（以下、「B構造」と略記することがある。）を設けた場合についても検討した。その上で、上記A構造とB構造の両者を、比較した。

【0014】

その結果、異常発熱の初期には、A構造とB構造とで、冷却能力に殆ど差はないが、時間の経過とともに差が生じ、A構造を用いた場合の方が、B構造を用いた場合に比べて、冷却能力が高いことも見出した。また、A構造は、各部材の厚みが所定の値以上となることで、バッテリーセル間に単に熱伝導率の高い部材の層を単層で設けた場合よりも、冷却能力が向上することも判明した。

【0015】

更にまた、バッテリーセルと金属部材との接触界面における熱抵抗に着目したところ、接触界面における熱抵抗値と金属部材の熱抵抗値との比を所定の値以下に制御することで、より冷却能力が向上するため、好ましいことも判明した。

【0016】

なお、上記特許文献2には、上記A構造と類似した構造が開示されているが、かかる特許文献2では、電磁波の反射を意図して発明がなされており、本発明で着目しているような熱を伝導するという観点については、開示されていない。また、上記特許文献2では、断熱材の厚みが0.1～3mmとなっており、以下で詳述する本発明と比べて、断熱材の厚みも薄い。かかる観点からも、上記特許文献2で着目しているのは電磁波の反射であって、熱の伝導については意図していないことがわかる。また、上記特許文献2では、接触界面の熱抵抗の制御については、全く考慮されていない。

【0017】

また、上記特許文献3には、本発明と同様に、熱の伝導を意図した発明が開示されている。上記特許文献3では、熱伝導材としてグラファイトシートなどのシートや箔が用いられており、その厚みも実施例で0.02mmと非常に薄いものであり、本発明とは異なるものである。また、上記特許文献3では、接触界面の熱抵抗の制御については、全く考慮されていない。

【0018】

上記知見に基づき完成された本発明の要旨は、以下の通りである。

【0019】

(1) 2つの側面が互に向かい合うように並べて配置される複数個の角型バッテリーセルにおける、隣り合う前記バッテリーセル間の冷却構造であって、熱伝導率が100W/m・K以上、かつ、厚みが0.3mm以上であり、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する、板状の金属部材と、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する板状の金属部材同士に間に配置されており、熱伝導率が1.0W/m・K以下、かつ、厚みが0.5mm以上である断熱部材又はガス層の少なくとも何れかを有する断熱層と、により、前記隣り合うバッテリーセル同士で、バッテリーセル／板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材／バッテリーセル、という複層構造を形成し、更に、前記複数個の角型バッテリーセルのそれぞれに熱的に接触する、又は、前記複数個の角型バッテリーセルのそれぞれの近傍に存在する冷却部材

10

20

30

40

50

と、を備え、前記板状の金属部材のそれぞれは、少なくともその一つの端部が、前記冷却部材に熱的に接触しており、前記複層構造を構成する2つの前記板状の金属部材は、熱伝導率及び厚みが同じであり、かつ、板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材の厚みの比が、 $1.0:0.2\sim4.0:1.0$ であり、前記板状の金属部材は、隣り合う前記断熱部材のそれぞれの側面に熱的に接触する前記板状の金属部材の下部同士が接続されて、略凹形状となっており、前記隣り合う前記断熱部材の間に、前記略凹形状の前記板状の金属部材が挿入されており、前記略凹形状の窪みに、前記バッテリーセルが配置されており、前記板状の金属部材と、前記冷却部材とは、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の接着剤又はグリースを介して、熱的に接触している、バッテリーセル間の冷却構造。

(2) 2つの側面が互いに向かい合うように並べて配置される複数の角型バッテリーセルにおける、隣り合う前記バッテリーセル間の冷却構造であって、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上、かつ、厚みが 0.3 mm 以上であり、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する、板状の金属部材と、前記隣り合うバッテリーセルの対向するそれぞれの側面に対して熱的に接触する板状の金属部材同士の間に配置されており、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下、かつ、厚みが 0.5 mm 以上である断熱部材又はガス層の少なくとも何れかを有する断熱層と、により、前記隣り合うバッテリーセル同士で、バッテリーセル／板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材／バッテリーセル、という複層構造を形成し、更に、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれに熱的に接触する、又は、前記複数の角型バッテリーセルのそれぞれの近傍に存在する冷却部材と、を備え、前記板状の金属部材のそれぞれは、少なくともその一つの端部が、前記冷却部材に熱的に接触しており、前記複層構造を構成する2つの前記板状の金属部材は、熱伝導率及び厚みが同じであり、かつ、板状の金属部材／断熱層／板状の金属部材の厚みの比が、 $1.0:0.2\sim4.0:1.0$ であり、前記板状の金属部材は、断面形状が凹形状となるように加工されており、隣り合う前記バッテリーセルの間に挿入され、前記凹形状の窪みに、前記断熱層が配置され、前記板状の金属部材と、前記冷却部材とは、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の接着剤又はグリースを介して、熱的に接触している、バッテリーセル間の冷却構造。

(3) 前記板状の金属部材の厚みは、 0.5 mm 以上であり、前記断熱層の厚みは、 1.0 mm 以上である、(1)又は(2)に記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(4) 前記複数の角型バッテリーセルそれぞれにおいて、前記複数の角型バッテリーセルが並べて配置される方向に対して平行な側面には、更に、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上、かつ、厚みが 0.3 mm 以上である第2の板状の金属部材が存在し、前記第2の板状の金属部材は、前記バッテリーセルの側面に熱的に接触し、かつ、少なくとも一つの端部が前記冷却部材に熱的に接触している、(1)～(3)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(5) 前記隣り合うバッテリーセル間の間隔は、 $1.5\sim5.0\text{ mm}$ である、(1)～(4)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(6) 前記バッテリーセルの側面は、鉄鋼材料で構成されている、(1)～(5)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(7) 前記熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の接着剤又はグリースは、常温で硬化する接着剤又はグリースである、(1)～(6)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(8) 前記角型バッテリーセルは、ラミネート型バッテリーセルが積層されて構成される、(1)～(7)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(9) 前記板状の金属部材の材質は、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、又は、銅合金の少なくとも何れかである、(1)～(8)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造。

(10) (1)～(9)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造を有する、バッテリーモジュール。

(11) (1)～(9)の何れか1つに記載のバッテリーセル間の冷却構造を有する、バ

10

20

30

40

50

ッテリーパック。

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように本発明によれば、異常発熱したバッテリーセルが生じた場合であっても、また、その際のバッテリーセルのケーシングの素材が銅材等の鉄系の場合であっても、バッテリーセル間の間隔が同じ状況下において、従来技術と比べて、隣り合うバッテリーセルの温度上昇をより効率よく抑えることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施形態に係るバッテリーセル冷却構造を模式的に示した説明図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。（実施例）

10

【図2】本発明の実施形態に係るバッテリーモジュールを模式的に示した説明図である。

【図3A】本発明の実施形態に係るバッテリーセル冷却構造の別の例を模式的に示した説明図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。（実施例）

【図3B】本発明の実施形態に係るバッテリーセル冷却構造の別の例を模式的に示した説明図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。（実施例）

【図4】本発明の実施形態に係るバッテリーセル冷却構造の別の例を模式的に示した説明図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。（実施例）

【図5】本発明の実施形態に係るバッテリーセル冷却構造における金属部材と冷却部材との熱的触の一例を模式的に示した説明図である。

20

【図6】従来技術のバッテリーセル冷却構造（比較例）について説明するための模式図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。

【図7】隣り合うバッテリーセル間に、金属部材又は断熱部材のみを設置したバッテリーセル冷却構造（比較例）について説明するための模式図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。

【図8】隣り合うバッテリーセル間に、隙間（空気層）を設けたバッテリーセル冷却構造（比較例）について説明するための模式図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。

【図9】図1、図6～図8等にしたバッテリーセル冷却構造のそれぞれの冷却特性を比較した温度履歴図である。

30

【図10】金属部材の熱伝導率の測定方法を説明するための説明図である。

【図11】金属部材の熱伝導率の測定方法を説明するための説明図である。

【図12】接着剤及びグリースの熱伝導率の測定方法を説明するための説明図である。

【図13】実施例（セル間隔5mm）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【図14】実施例（セル間隔3mm）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【図15】実施例（セル間隔2mm）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【図16】実施例（セル間隔5mm、金属部材U字状）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

40

【図17】実施例（セル間隔5mm、セル短辺側の側面にも金属部材）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【図18】実施例（金属部材にジュラルミン又は鋳鉄を使用）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【図19】実施例（断熱層にガラス板を使用）での本発明例及び比較例の冷却特性の結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。

50

なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0023】

＜バッテリーセル間の冷却構造の全体構造＞

図1は、本発明における冷却構造の一実施形態を示す模式図（バッテリーモジュール長手方向の断面図）である。この冷却構造により、異常発熱したバッテリーセルに隣り合うバッテリーセルにおける温度上昇を、従来の冷却構造に比べて低く抑えることができる。

【0024】

図1の構造では、ケーシングが鉄製やアルミニウム製である角型バッテリーセル（以下、「角型バッテリーセル」を、単に「バッテリーセル」と略記する。）10が、それぞれのバッテリーセル10が有する2つの側面（最も面積が広い側面）を互いに向かい合うようにして、複数個並べて配置されている（図では、一部のセルのみを記載している）。バッテリーセルは、ラミネート型バッテリーセルが積層されて構成されるものであってもよい。

【0025】

隣り合うバッテリーセル10のそれぞれの側面には、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上（常温 25°C 域）であり、かつ、厚みが 0.3 mm 以上である、板状の金属部材20（以下、単に「金属部材20」と略記することがある。）が熱的に接触している。そのため、2枚の板状の金属部材20は、隣り合うバッテリーセル10と同様に、互いに隣り合うこととなる。この隣り合う2枚の板状の金属部材20の間に、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下（常温 25°C 域）であり、かつ、厚みが 0.5 mm 以上である断熱部材又はガス層の少なくとも何れかを有する、断熱層30が存在する。

【0026】

ここで、本発明の実施形態において、「熱的に接触している」とは、2つの部材同士の直接の接触に限らず、2つの部材の間に他の部材を挟んで両部材が「熱伝導が可能のように接続されている」という状態も含んでいる。詳細は、後述する。

【0027】

隣り合うバッテリーセル10の間隔は、複数のバッテリーセルから構成されるバッテリーモジュールやバッテリーパックのコンパクト化や高密度化のために、できるだけ小さくすることが求められ、通常は、 10 mm 以下である。本実施形態においては、隣り合うバッテリーセル10の間隔が、 1.5 mm 以上において、従来技術との冷却効果の差がより広がるようになる。

【0028】

また、板状の金属部材20の下端は、バッテリーセル10の下方に存在する冷却部材40の上面と熱的に接触している。冷却部材40は、本実施形態では、水冷している冷却プレート41と、電気的な絶縁のためにその上に接着されている薄い伝熱シート42と、から構成されている。板状の金属部材20と熱的に接触する冷却部材40は、バッテリーセル10の近傍に存在すればよく、下方以外にも、上方や側方に存在していてもよい。すなわち、冷却部材40は、バッテリーセル10の近傍に存在することで、金属部材20の端部と冷却部材40とが容易に接触できる位置に存在すればよい。また、冷却部材40は、バッテリーセル10と熱的に接触して、バッテリーセル10を直接的に冷却するものであってもよい。冷却能向上からは、冷却部材40は、下方、上方、側方のうち、複数の位置に存在することが好ましい。例えば図2に示した例では、板状の金属部材20に加えて、バッテリーセル10の上方に位置する第2の板状の金属部材60と、バッテリーセル10の側方に位置する第3の板状の金属部材70と、を設けた場合を図示している。また、構造を簡易にするためには、板状の金属部材20は、バッテリーセル10の下方のみに存在することが好ましい。

【0029】

また、好ましくは、図1のように、バッテリーセル10は、その下方に存在する冷却部材40の上に載置されており、バッテリーセル10の下面と、冷却部材40の上面とが熱

的に接触しているとよい。

【0030】

更にまた、それぞれのバッテリーセル10において、最も面積が広い側面の2面（長辺側の2面）に加えて、複数個の角型バッテリーセル10が並べて配置される方向に対して平行な側面（同方向に延びる側面）である残りの2つの側面（短辺側の2面）にも、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、かつ、厚みが 0.3 mm 以上である板状の金属部材20が熱的に接触し、かつ、その下方に存在する冷却部材40の上面と熱的に接触していることが好ましい（図示せず。）。

【0031】

なお、更にその金属部材20に、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、かつ、厚みが 1.0 mm 以上である断熱部材が設けられていてもよい（図示せず。）。この場合、各バッテリーセル10の短辺側の2面にそれぞれ、板状の金属部材20が設置されていてもよいが、図2のように、バッテリーモジュールを構成する全てのバッテリーセル10に亘って、バッテリーセル10の2つの短辺側の面それぞれにおいて、一枚の板状の金属部材20が設置されていてもよい。

【0032】

このような構造を有することで、複数個のバッテリーセル10のうちの一部が異常発熱し始めた際に、その熱を、金属部材20を通して近傍に存在する冷却部材40へと逃がすことができる。更に、断熱部材により、隣り合うバッテリーセル10への熱の移動を抑制し、隣り合うバッテリーセル10の温度上昇を効率的に抑えることができる。

【0033】

特に、本冷却構造は、低コスト化等のために、バッテリーセル10のケーシングに鋼材が使用されて、隣り合うバッテリーセル10のそれぞれの側面が、熱伝導率がアルミニウム材料よりも一桁小さい鉄鋼材料で構成されている場合であっても、隣り合うバッテリーセル10の温度上昇を効率的に抑えることができる。そのため、本冷却構造は、セルの側面に鋼材が使用されているバッテリーセルに適用すると、従来技術との効果の差がより顕著となり好ましい。

【0034】

<板状の金属部材について>

板状の金属部材20は、異常発熱し始めたバッテリーセル10の熱を、近傍に存在する冷却部材40へと効率的に逃がすために、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、かつ、厚みが 0.3 mm 以上のものが必要となる。従来技術との相対的な冷却能力の優位性に加えて、到達温度そのものの値をより低くするという面からは、板状の金属部材20の厚みは、 0.5 mm 以上が好ましく、 1.0 mm 以上がより好ましい。一方、板状の金属部材20の厚みは、隣り合うバッテリーセル10の間隔と、断熱層30の厚みとを考慮しながら定まるものであるが、実質的には 5.0 mm 程度が上限となる。板状の金属部材20の厚みは、 5.0 mm 以下が好ましく、 2.0 mm 以下がより好ましい。また、熱伝導率は、 $150\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上が好ましい。一方、板状の金属部材20の熱伝導率は、実質的には $420\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 程度が上限となる。板状の金属部材20は、更により好ましくは、厚みが 1.0 mm 以上であり、かつ、熱伝導率が $150\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上である。

【0035】

板状の金属部材20の厚みは、必ずしも一定厚でなくともよく、金属部材の形状が、テーパー状のものや、段差を有するものや、凹凸が存在するものであってもよい。これらの形状の場合、上述した板厚の値としては、平均値を用いることができる。この板厚の平均値は、（板状の金属部材20の体積）÷（板状の金属部材20の板厚方向からの投影面積）、として算出することができる。

【0036】

金属部材の材質としては、特に制限されない。ただし、高熱伝導率と低コストのバランスから、金属部材の材質としては、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金（黄銅、鋳銅を含む。）が好ましい。

【0037】

バッテリーセル10の側面（最も面積が大きい側面）に熱的に接触する金属部材20の範囲は、部分的でもよいが、バッテリーセル10の側面の面積の70%以上とすることが好ましく、90%以上とすることがより好ましい。また、異常発熱時のバッテリーセル10の温度上昇は、通常は冷却部材40から遠い部分ほど高くなると考えられることから、冷却部材40から遠い部分から金属部材20が熱的に接触していることが好ましい。図1の冷却構造では、冷却部材40は、下方に設置されていることから、金属部材20は、図1のように、バッテリーセル10の側面の上方から熱的に接触するように設置されていることが好ましい。より具体的には、バッテリーセル10の側面における上下方向の長さの90%以上において、金属部材20が熱的に接触するように設置されていることがより好ましい。

10

【0038】

また、図3Aのように、隣り合う断熱部材30のそれぞれの側面に熱的に接触する板状の金属部材20の下部同士を接続して凹形状とした上で（換言すれば、板状の金属部材20の断面形状が凹形状となるようにした上で）、隣り合う断熱部材30の間に、かかる金属部材20を挿入し、更に、板状の金属部材20の窪みにバッテリーセル10を設置してもよい。こうすることで、隣り合う断熱部材30の間に、バッテリーセル10の設置された金属部材20を挿入するだけで所望の断熱状態を実現できるため、生産性がより向上する。

【0039】

この際、凹形状の金属部材20の角部は、図3Aに示したように、直角となってもよいし、図3Bに示したように湾曲した状態となってもよい。

20

【0040】

<断熱層について>

断熱層30は、一部のバッテリーセル10が異常発熱した際に、隣り合うバッテリーセル10への熱の移動を抑制するために、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、かつ、厚みが 0.5 mm 以上のものが必要となる。断熱層30の断熱能力が高くなるほど、異常発熱したバッテリーセルに隣り合うバッテリーセルにおける、初期の温度上昇を抑えることができる。そのため、初期の温度上昇を抑えるという観点から、断熱層30の熱伝導率は、 $0.1\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下が好ましく、 $0.06\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下が更に好ましい。なお、断熱層30の熱伝導率は、実質的には $0.02\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 程度が下限となる。同様に、初期の温度上昇を抑えるという観点から、断熱層30の厚みは、 1.0 mm 以上が好ましく、 1.5 mm 以上がより好ましい。一方、断熱層30の厚みは、隣り合うバッテリーセル10の間隔と、板状の金属部材20の厚みとを考慮しながら定まるものであるが、実質的には 10.0 mm 程度が上限となる。断熱層30の厚みは、 5.0 mm 以下が好ましく、 2.0 mm 以下がより好ましい。

30

【0041】

断熱層30の材質としては、特に限定されないが、グラスウール、ロックウール、ウレタンフォーム、発泡ゴム、不織布、ポリスチレン、ポリプロピレンやポリブチレンテレフタレートなどの樹脂、等の断熱部材を用いることができる。また、断熱層30は、空間に空気などの気体が存在するガス層であってもよい。更にまた、断熱層30は、隣り合う金属部材20の間に、例えば多孔質部材等のようなガス層を保持可能な部材を用いて、孔内部に空気などのガスが存在するようにしたものであってもよい。

40

【0042】

断熱層30は、隣り合う2枚の板状の金属部材20の間に、存在すればよい。

断熱層30として断熱部材を用いた場合には、断熱層（断熱部材）30は、金属部材20とは、接触していても、空隙を有して離れていてもよい。また、断熱層（断熱部材）30の片方の側面は金属部材20と接触し、もう片方の側面は金属部材20と空隙を有して離れていてもよい。断熱部材30と金属部材20とを接触させる場合は、両者を、接着剤を用いて固定することができる。

50

【0043】

また、隣り合う2枚の板状の金属部材20の間に、断熱層（断熱部材）30を挟み込むだけでもよい。この場合、反発弾性が比較的高い断熱層（断熱部材）30を、隣り合う2枚の板状の金属部材20の間に挟み込み、金属部材20を押圧するように用いることが好ましい。これにより、金属部材20がバッテリーセル10の側面に押付けられる結果、接触抵抗（熱抵抗）が低減して、冷却効果がより向上する。

【0044】

また、断熱層30が空気などのガス層のみ（空隙のみ）の場合であっても、ガス層を積極的に対流させなければ、100℃程度の温度域では輻射熱の影響は極僅かであることから、板状の金属部材20の間は、ガス層の低い熱伝導率で断熱される。例えば、断熱層30が空気層の場合は、グラスウールの場合と、大きな断熱効果の違いは生じない。ただし、断熱層30がガス層のみの場合は、バッテリーセル10の周囲は温度勾配が生じていることから、ガスの自然対流が起こり、対流熱伝導によって板状の金属部材20の間の熱伝達率が増加すること、周囲の構造によっては生じうる。そのため、断熱層30には、断熱部材を用いることがより好ましい。

【0045】

断熱層（断熱部材）30と金属部材20との間に空隙を有する場合は、かかる空隙に存在する空気層が、断熱部材30とともに、隣り合う2枚の板状の金属部材20の間の断熱効果を担うこととなる。この場合、断熱層（断熱部材）30を下方の冷却構造40に接着剤等で固定することができる。また、隣り合う2枚の板状の金属部材20の間に断熱部材30を載置するだけでもよい。

【0046】

断熱層（断熱部材）30の設置位置と面積とは、少なくとも金属部材20全面を覆う位置及び大きさとするのが好ましい。これは、バッテリーセル10の異常発熱時に、金属部材20の側面からの放熱を抑制して、バッテリーセル10の熱を金属部材20から冷却部材40へ効率的に伝達できるためである。更に、バッテリーセル10の側面全体に対向するように配置すると、隣り合うバッテリーセル10への熱の伝達を抑制できることから、より好ましい。

【0047】

更にまた、図4のように、隣り合うバッテリーセル10のそれぞれの側面に熱的に接触する板状の金属部材20の下部同士を接続して凹形状とし（換言すれば、板状の金属部材20の断面形状が凹形状となるようにし）、バッテリーセル10の間に、かかる金属部材20を挿入し、更に、板状の金属部材20の窪みに断熱層（断熱部材）30を設置してもよい。こうすることで、隣り合うバッテリーセル10の間に金属部材20を挿入するだけで所望の断熱状態を実現することができるため、生産性がより向上する。加えて、断熱層（断熱部材）30を安定して設置することができる。金属部材20の下部の接続部の高さは、金属部材20全体の高さの1/4以下とすることが、断熱部材30の断熱効果を十分保持する上で、好ましい。

【0048】

＜複層構造について＞

本実施形態においては、図2に例示したように、隣り合うバッテリーセル同士で、バッテリーセル10／板状の金属部材20／断熱層30／板状の金属部材20／バッテリーセル10、の複層構造を形成する。この複層構造において、板状の金属部材20／断熱層30／板状の金属部材20のそれぞれにおける特徴については、上述した通りである。上述した範囲内である限り、複層構造全体としての限定は無い。例えば、隣り合うセル間に存在する上記2つの板状の金属部材20は、互いに、熱伝導率及び厚みが異なってもよい。しかしながら、両者の特徴が同じであると、冷却構造全体としてのバランスが優れ、温度の不均一性の抑制や、制作時の容易性の面からも好ましい。

【0049】

隣り合う2つの板状の金属部材20の熱伝導率及び厚みが同じである場合に、板状の金

10

20

30

40

50

属部材 20 / 断熱層 30 / 板状の金属部材 20 の厚みの比に関して、板状の金属部材 20 の厚みを 1.0 としたとき、断熱層 30 の厚みは、0.2 ~ 4.0 とすることが好ましく、0.5 ~ 3.0 とすることがより好ましい。すなわち、板状の金属部材 20 / 断熱層 30 / 板状の金属部材 20 の厚みの比は、1.0 : 0.2 ~ 4.0 : 1.0 とすることが好ましく、1.0 : 0.5 ~ 3.0 : 1.0 とすることがより好ましい。

【0050】

< 熱的接触について >

(バッテリーセルの側面と板状の金属部材との熱的接触)

本実施形態において、バッテリーセル 10 の側面と板状の金属部材 20 とが熱的に接触しているとの状況には、両者が直接接触している場合に加えて、両者が接着剤やグリース、又は薄厚のシート（図示せず。）などの接触部材を介して、両者が熱伝導可能なように接続されている（接触している）場合も含まれる。

【0051】

両者が直接接触している場合であっても、両者の表面の粗さや曲率のわずかな違いによって生じる接触界面での接触抵抗が存在する。そのため、バッテリーセル 10 の表面から板状の金属部材 20 の断熱材側の表面までの熱抵抗は、板状の金属部材 20 単独の熱抵抗に比べて、大きくなる。接触界面での熱抵抗 R_s は、板状の金属部材 20 単独の熱抵抗 R_m と比べて、 $R_s / R_m \leq 3.0$ であることが好ましく、 $R_s / R_m \leq 1.5$ であることがより好ましく、 $R_s / R_m \leq 1.0$ であることが更に一層好ましい。なお、接触界面での熱抵抗 R_s は、 L / λ や $1 / h$ [$m^2 \cdot K / W$] で表される。ここで、接触部材を用いた場合においては、上記 L は、接触界面に存在する接触部材の厚みを示し、上記 λ は、その接触部材の熱伝導率を示し、上記 h は、接触界面での熱伝達率を示す。

【0052】

接触界面での熱抵抗 R_s を小さくするためには、直接接触の場合では、バッテリーセル 10 の側面と板状の金属部材 20 の表面粗さ（凹凸）を研磨などによって小さくすることや、バッテリーセル 10 の側面への板状の金属部材 20 の押付圧を高めることなどを実施すればよい。

【0053】

また、バッテリーセル 10 の側面と板状の金属部材 20 とを、接着剤やグリースを介して熱的に接触させることもできる。接着剤やグリースを介することにより、両者の表面の凹凸を埋めて、容易に実質的な接触面積を高めることができるため、好ましい。接着剤やグリースを用いる場合は、熱伝導率が $1.0 W / m \cdot K$ 以上の高熱伝導性のものを用いることが好ましい。接着剤やグリースの熱伝導率は、より好ましくは、 $2.0 W / m \cdot K$ 以上であり、更に好ましくは、 $4.0 W / m \cdot K$ 以上である。一方、接着剤やグリースの熱伝導率は、実質的には $10.0 W / m \cdot K$ 程度が上限となる。接着剤やグリースは、両者の凹凸を埋める程度に薄く塗布することが、熱抵抗を小さくすることができることから好ましい。接着剤やグリースは、凹凸の程度に応じて、例えば、 $0.01 \sim 0.2 mm$ 程度の塗布厚みとすると好ましい。

【0054】

また、バッテリーセル 10 の側面と板状の金属部材 20 とを、伝熱シートなどの薄厚のシートを介して熱的に接触させることもできる。シリコンゴム系などの柔らかい材質の伝熱シートは、接着剤やグリースと同様に両者の表面の凹凸を埋めて、容易に実質的な接触面積を高めることができるため、好ましい。また、電気絶縁性を有する伝熱シートを用いると、よりセル間の電氣的な絶縁性も確保できる。伝熱シートは、接着剤やグリースよりも厚みが大きくなるケースが多いため、熱伝導率は、より高い方が好ましい。例えば、伝熱シートの熱伝導率は、 $2 W / m \cdot K$ 以上が好ましく、 $10 W / m \cdot K$ 以上がより好ましい。一方、伝熱シートの熱伝導率は、実質的には $50 W / m \cdot K$ 程度が上限となる。

【0055】

接着剤やグリース、又は、伝熱シートには、更に、セラミックス性フィラーなどを混合し、伝熱特性の向上や電氣的絶縁特性を付与した上で用いてもよい。

【0056】

代表的なバッテリーセルの一つであるリチウムイオン2次電池は、充放電により膨張収縮を起こすことが知られている。この際、液体に挙動が近いグリースは、かかる膨張収縮の繰り返しにより隙間から押し出されてしまう「ポンプアウト現象」が生じる可能性がある。かかるポンプアウト現象を防止するために、硬化後に固体となる接着剤（より詳細には、常温で固化する接着剤）、又は、固体である伝熱シートを用いることが、より好ましい。特に、接着剤は、形状や隙間に合わせて硬化するため、厚さ、形状やゆがみ、表面凹凸などの影響を受けずに、バッテリーセル10から熱を伝導させることが可能となる。中でも、柔らかく弾力性のある接着剤は、膨張収縮があっても合わせて容易に変形し、繰り返し膨張収縮があっても割れたり壊れたりしないため、特に好ましい。

10

【0057】

かかる接着剤、グリース、伝熱シートの厚みは、熱伝導の観点からは薄い方がよく、膨張収縮対応の観点からは厚い方が好ましい。このようなトレードオフの関係を考慮し、接着剤、グリース、伝熱シートの厚みは、 $1\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましい。また、接着剤、グリース、伝熱シートの厚みは、 2mm 以下であることが好ましく、 $500\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

【0058】

接着剤やグリース、又は、伝熱シートなどの接触部材を介して、バッテリーセル10の側面と板状の金属部材20とを熱的に接触させる場合についても、直接接触の場合と同様に、接着剤やグリース、又は、伝熱シートの熱抵抗 R_s は、板状の金属部材20単独の熱抵抗 R_m と比べて、 $R_s/R_m \leq 1.5$ であることが好ましく、 $R_s/R_m \leq 0.8$ であることがより好ましく、 $R_s/R_m \leq 0.5$ であることがより一層好ましい。この場合、 R_s/R_m の調整は、材料選定（熱伝導率）と厚み設定により行うことができる。

20

【0059】

（板状の金属部材の端部と冷却部材との熱的接触）

本実施形態において、板状の金属部材20の一つの端部（図1では、矩形状のため、4つある端部のうち、冷却部材側に存在する端部）と冷却部材40とが熱的に接触しているとの状況には、バッテリーセルの側面と板状の金属部材との熱的接触と同様に、両者が直接接触している場合に加えて、両者が接着剤やグリース、又は、薄厚の伝熱シートを介して、両者が熱伝導可能なように接続されている（接触している）場合も含まれる。図1では、薄厚シート（伝熱シート41）を用いた例を示している。

30

【0060】

図1では、板状の金属部材20の一つの端部は、冷却部材40の上面を構成する伝熱シート41にそのまま載置されて、熱的に接触している。ここで、図5に示すように、板状の金属部材20が、冷却部材40の内部に入り込むようにしてもよい。図5に示すような構造は、例えば、冷却部材40に溝部を設け、その溝部に板状の金属部材20の端部を嵌め込んで、熱的に接触させることで実現することができる。このような構造とすることで、板状の金属部材20と冷却部材40との接触面積を増やしたり、板状の金属部材20と冷却部材40との実質的な熱抵抗を小さくしたりすることが可能となり、異常発熱したバッテリーセル10を、より確実に冷却することが可能となる。図5では、板状の金属部材20とバッテリーセル10の側面との間に設置した伝熱シート50を、板状の金属部材20と共にそのまま延長して、板状の金属部材20と共に冷却部材40の溝部に埋め込むことで、冷却部材40と板状の金属部材20との熱的な接触を確保している。

40

【0061】

<冷却特性について>

本実施形態の構造とすることで、従来技術と比べて、冷却能力を向上することができる。ここで、図1に示す本実施形態の構造における冷却特性を、図6～8に示す従来技術と比較することで、明示する。

【0062】

図6に示す冷却構造は、図1の冷却構造において、金属と断熱材の位置を入れ替えたも

50

のである（金属部材の厚さは図１の２つの金属部材の合計厚さと同じで、２つの断熱部材の合計厚さは図１の断熱層の厚さと同じ）。それ以外の構造は、図１と同じである。すなわち、「セル／断熱部材／金属部材／断熱部材／セル」の複層構造を有し、金属部材の一つの端部が、下方の冷却部材と熱的に接触した冷却構造を有する。図７及び図８に示す冷却構造は、それぞれ、バッテリーセル間に、金属部材２０のみを設置した冷却構造、及び、断熱部材３０のみを設置した冷却構造を示している（金属部材及び断熱部材の厚さは、図１の複層構造の厚さと同じ）。それ以外の構造は、図１と同じである（図７において、金属部材は下方の冷却部材と熱的に接触）。

【００６３】

図９は、図１、及び、図６～図８の冷却構造を用いた場合の、冷却特性の違いを模式的に示した温度履歴図であり、異常発熱が生じたバッテリーセルに隣接するバッテリーセルにおける温度（最も熱くなると考えられる部位において）の経時変化を表している。

【００６４】

図１の本実施形態の冷却構造が、最終的には最も温度が低くなっており、冷却能力が最も優れていることが判る。図５の冷却構造は、途中までは図１の冷却構造と同様の温度変化を示すものの、１０００秒頃から温度が高い方向に乖離し始め、図１の冷却構造よりも温度は高くなってしまふ。図７の金属部材のみを設置した冷却構造では、初期は最も早く温度が上昇するが、途中で温度上昇が緩和されて、図１、図６に次いで低い温度となる。図８の断熱部材のみを設置した冷却構造では、初期は図７において金属部材のみを設置した冷却構造よりも温度上昇は遅いものの、１０００秒付近で逆転されて、最終的には最も温度が高い結果となる。なお、図８の冷却構造において、断熱部材を空気層のみとした場合も、断熱部材のみの場合と略同様の温度推移の結果となることが判った。

【００６５】

以上のように、図１の冷却構造での冷却能力は、図６～図８の冷却構造の冷却能力からは、容易には予測できない結果となることが判った。

【００６６】

このような本発明に係る冷却構造の冷却能力の優位性は、熱伝導率が $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上かつ厚みが 0.3 mm 以上の板状の金属部材と、熱伝導率が $1.0\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下かつ厚みが 0.5 mm 以上の断熱層とを用いた場合に発揮される。かかる範囲を外れると、優位性は生じず、場合によっては、金属部材のみが存在する図７の構造の方が、最大温度が低い結果となるような現象がみられることも判った。

【００６７】

<冷却構造の製造方法について>

本実施形態の製造方法は、特に制限されるものではない。隣り合うバッテリーセル１０の側面への板状の金属部材２０の熱的な接触、冷却部材４０への板状の金属部材２０の少なくとも一つの端部の熱的な接触、隣り合う板状の金属部材２０の間への断熱層３０の設置などを、適宜行えばよい。

【００６８】

<熱伝導率の評価方法について>

（板状の金属部材の熱伝導率の評価方法）

板状の金属部材２０の熱伝導率は、板状の金属部材２０の材質が判れば、その材質が固有する物性値として熱伝導率を特定することができる。

【００６９】

板状の金属部材２０の材質が判らない場合や、材質が判っても熱伝導率の物性値が公知でない場合には、直線フィン温度分布フィッティング（Straight Fin Temperature Fitting: SFTF）法により測定する。図１０及び図１１を参照しながら、板状の金属部材２０の熱伝導率の測定方法について、簡単に説明する。

【００７０】

ここで、板状の金属部材２０が既にバッテリーセル１０の面上に配設されている場合には、バッテリーセル１０の表面から板状の金属部材２０を取り外した上で、熱伝導率を測

10

20

30

40

50

定する。また、板状の金属部材 20 が伝熱シートを介してバッテリーセル 10 の面上に配設されている場合には、伝熱シートから板状の金属部材 20 を取り外した上で、熱伝導率を測定する。

【0071】

具体的には、板状の金属部材 20 がバッテリーセル 10 にグリースを介して接触している場合には、バッテリーセル 10 の垂直方向に板状の金属部材 20 をはがし、グリースを拭き取ることで、測定に供することができる。また、板状の金属部材 20 がバッテリーセル 10 に接着剤により接着されている場合には、スクレーパ等の器具を用いてバッテリーセル 10 から板状の金属部材 20 をはがし、接着剤が存在する面を研磨することで板状の金属部材 20 の表面を露出させ、表面を平滑化する。伝熱シートに板状の金属部材 20 が接触している場合も、同様に板状の金属部材 20 を剥がして測定に供する。

10

【0072】

その後、板状の金属部材 20 におけるバッテリーセル 10 の表面に最も近い面を測定面とし、この測定面と、熱流を入力する部位と、を除いた部位の全てを、断熱材で被覆しておく。これにより、SFTF 法に供する板状の金属部材 20 の試験片を得ることができる。

【0073】

図 10 は、SFTF 法の原理を説明するための説明図である。図 10 の上段に示したような、長さ L_t [m]、断面積 A [m²] = $H \times t$ 、周囲長さ P [m] = $2 \times (L_t + H + t)$ の平板試験片の一方の端部を加熱し、他方の端部を冷却したときの定常時の試験片について、熱流の入力部位における境界温度 $T_0 = T_{x0}$ と、試験片の周囲空気からの温度上昇分布 T_i ($i = 1 \sim n$: 温度測定点数) と、を測定する。

20

【0074】

一方、直線フィンの温度分布に関する解析解 T_{xi} を与える直線フィンの温度分布解析式は、試験片の 1 端温度固定・片端面断熱の境界条件を用いて、以下の式 (101) で与えられる。そこで、得られた測定値 T_{xi} と、式 (101) で与えられる直線フィンの温度上昇の解析解 T_x とを比較して、以下の式 (103) で規定される標準偏差 σ を算出し、この標準偏差が最小となるように、解析式中のパラメータ m を決定する。

【0075】

また、着目する試料の面内方向熱伝導率 (図 10 における長さ L_t 方向の熱伝導率) を k_p と表すこととすると、式 (101) で表される解析式中のパラメータ m は、試験片表面から周囲空気への平均熱伝達率 h_m を用いて、以下の式 (105) のように表される。

30

【0076】

また、平均熱伝達率 h_m は、垂直平板自然対流熱伝達率及び放射熱伝達率の理論式を用いて、以下の式 (107) ~ 式 (111) のように表される。ここで、以下の式 (107) ~ 式 (111) において、 h_{nm} は、高さ H の垂直平板に対する自然対流熱伝達率であり、 h_{rm} は、放射率 ε の表面からの放射熱伝達率である。また、 k_a 、 ν_a 、 β 、 Pr は、それぞれ、空気の熱伝導率、動粘性係数、膨張率、プラントル数である。また、 g は、重力加速度であり、 σ' は、ステファン・ボルツマン定数 ($= 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$) である。 T_m 、 T_a は、それぞれ絶対温度で表した試験片の平均温度と外気温度である。 ΔT_m は、試験片の平均温度上昇であり、フィン効率 ϕ (0.8) 及び $x = 0$ での温度上昇 ΔT_0 を用いて $\Delta T_0 \cdot \phi$ により求めることができる。

40

【0077】

【数 1】

$$T_x = T_0 \frac{\cosh m(L_t - x)}{\cosh mL_t} \quad \dots \text{式 (101)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (T_i - T_{xi})^2}{n-1}} \quad \dots \text{式 (103)}$$

$$m = \sqrt{\frac{h_m P}{k_p A}} \quad \dots \text{式 (105)}$$

$$h_m = h_{nm} + h_{rm} \quad \dots \text{式 (107)}$$

$$h_{nm} = 0.56 \cdot \left(\frac{k_a}{H} \right) \cdot \left(\frac{g \beta H^3 \Delta T_m}{v_a^2} \cdot Pr \right)^{1/4} \quad \dots \text{式 (109)}$$

$$h_{rm} = \varepsilon \sigma' (T_m^3 + T_m^2 T_a + T_m T_a^2 + T_a^3) \quad \dots \text{式 (111)}$$

10

【0078】

20

実際の金属部材の熱伝導率を測定する際には、対象となる金属部材を、幅20mm×長さ200mmの大きさに切り出した後、図11に示したような積層構造を構成して、片端にヒータを設置し、ヒータ出力を、10Vで1.6Wに設定する。その後、金属部材の面内の温度分布をサーモカメラで撮影し、得られた熱画像を温度分布に変換して、試験長と表面温度の関係を確認する。得られた試験長と表面温度の関係を、上記の直線フィン温度分布フィッティング法で解析することで、着目する金属部材の熱伝導率を得ることができる。なお、金属部材のサイズが小さくて、幅20mm×長さ200mmの大きさに切り出すことができない場合は、幅20mm×長さ100mmなどと、試験片を小さくして測定することができる。

【0079】

30

また、バッテリーセルと板状の金属部材の間に伝熱シートが存在する構造において、この伝熱シートの熱伝導率の測定方法は、上述した板状の金属部材の熱伝導率の測定方法と同様に行うことができる。

【0080】

(接着材及びグリースの熱伝導率の評価方法)

接着剤及びグリースの熱伝導率は、以下のような、ASTM5470に準拠した熱抵抗測定法により測定することができる。

【0081】

図12の左側の図に示したように、上部メーターバーと下部メーターバーの間に、着目する試料を挟み、上部メーターバー側のヒータに電力を加える。一方、下部メーターバー側のテストヘッドは、水冷等の方法により、一定温度に保持する。その上で、上部メーターバーと下部メーターバーの位置と温度との関係から、試料の熱抵抗を求める。具体的には、図中のT1～T4に示す位置に熱電対を装着しておき、T1～T2で得られる温度から算出される温度勾配に基づき、試料の上部メーターバー側の表面温度を算出するとともに、T3～T4で得られる温度から算出される温度勾配に基づき、試料の下部メーターバー側の表面温度を算出する。これにより、試料の内部での温度差ΔTを算出する。また、ヒータからの発熱量Q[W]を用いることで、試料の熱抵抗を求めることができる。

40

【0082】

試料の厚みを変えながら、上記のようにして試料の熱抵抗を算出し、得られた結果を、図12の下段に示したような試料の厚みと熱抵抗とで規定される座標平面にプロットする

50

。その後、得られたプロットの分布を最小二乗法により直線近似し、直線の傾きを算出する。得られた傾きの逆数が、着目する試料の熱伝導率となる。

【0083】

上記のような熱伝導率の測定方法は、トランジスタ法やモデルヒーター法と異なり、上部メーターバー側の印加圧力を変えることが可能であるため、印加圧力に対しての熱抵抗を再現性良く評価することが可能である。実際の測定では、厚みが0.5mm、1.0mm、1.5mmである薄膜を作製し、20mm角に切断する。その後、切断した試料を、メーターバーに挟んで測定すればよい。この際、メーターバーの材質は、SUS304（20mm角）とし、測定時の荷重を3kg/cm²とする。その上で、熱抵抗と厚みの関係から傾きを算出し、傾きの逆数から熱伝導率を算出すればよい。

10

【0084】

また、着目する接着剤やグリースが少量しか得られなかった場合には、着目する接着剤やグリースを、適切な有機溶剤に溶解し、溶解しなかったフィラー粒子を抽出する。抽出したフィラー粒子を、蛍光X線による成分分析、及び、X線回折による結晶構造解析に供することで、フィラー粒子の種類を同定する。また、マトリックス樹脂の組成に関しては、得られた樹脂溶液を、赤外分光法により観察することで、マトリックス樹脂の種類を同定する。また、取り出したフィラー量とマトリックス量から、熱伝導率を下記の式（121）により算出することができる。

【0085】

ここで、以下の式（121）において、 λ_{matrix} は、マトリックス樹脂の熱伝導率であり、 λ_{filler} は、フィラー粒子の熱伝導率であり、 $\lambda_{composite}$ は、コンポジットの熱伝導率である。また、 ϕ は、フィラーの含有量（体積分率）であり、 x は、フィラーの形状因子（真球のとき、 $x=2$ で最小となる。）である。

20

【0086】

【数2】

$$1 - \phi = \frac{\lambda_{composite} - \lambda_{filler}}{\lambda_{matrix} - \lambda_{filler}} \cdot \left[\frac{\lambda_{matrix}}{\lambda_{composite}} \right]^{\frac{1}{1+x}} \quad \dots \text{式 (121)}$$

30

【0087】

<熱抵抗の評価方法について>

板状の金属部材の熱抵抗（ R_m ）は、上述の評価方法で求めた板状の金属部材の熱伝導率（ λ_m ）と、板状の金属部材の厚み（ L_m ）とから、 $R_m = L_m / \lambda_m$ により求めることができる。

【0088】

また、接着剤、グリース、伝熱シートの熱抵抗（ R_s ）は、上述の評価方法で求めた接着剤、グリース、伝熱シートの熱伝導率（ λ_s ）と、接着剤、グリース、伝熱シートの厚み（ L_s ）とから、 $R_s = L_s / \lambda_s$ により求めることができる。

40

【0089】

このような評価方法で、 R_m 及び R_s を求めることで、上述した R_s / R_m を算出できる。

【0090】

<バッテリーモジュール、バッテリーパックについて>

上述した本発明の実施形態におけるバッテリーセル間の冷却構造を有する、バッテリーモジュール及びバッテリーパックであれば、どのようなものであってもよい。バッテリーパックは、複数のバッテリーパックが、水平方向や垂直方向に並列されて構成されるもののみならず、バッテリーモジュール単体の場合であってもよい。

50

【実施例】

【0091】

以下では、実施例及び比較例を示しながら、本発明に係るバッテリーセル間の冷却構造、並びに、その冷却構造を有するバッテリーセルモジュール、及び、バッテリーパックについて、具体例を挙げながら説明する。なお、以下に示す実施例は、本発明のあくまでも一例にすぎず、本発明は下記の例に限定されるものではない。

【0092】

[バッテリーセル及びバッテリーモジュール]

バッテリーセルには、ケーシングが鋼製の角型セル（長さ27mm×幅170mm×高さ115mm）を使用し、当該セル8個を互いに対向するようにして直線状に配置して、バッテリーモジュールを作製した。当該バッテリーモジュールは、セル間の隙間を、0.5mm、2mm、3mm、5mmとした4種類を用意した。

【0093】

[充放電試験装置]

作製したモジュールの充放電試験には、日鉄テックスエンジ株式会社製のEVT60V120Aを使用した。

【0094】

[冷却装置]

熱冷却機構として機能する冷却装置には、自作した水冷装置（長さ190mm×幅400mm×高さ40mm）を使用し、その上にバッテリーモジュールを載せて、バッテリーの充放電を実施した。このようにして実現されるバッテリーセル冷却機構は、概ね図1の断面図（バッテリーモジュールの長手方向断面）に例示したような構造を有している。

【0095】

[金属部材と断熱層]

板状の金属部材としては、常温での熱伝導率235W/m・Kのアルミニウム製の板を用いた。本発明例では、アルミニウム製の板に、信越化学社製シリコングリース（G-777、常温での熱伝導率3.3W/(m・K)）、セメダイン社製接着剤（SX1008、常温での熱伝導率1.7W/(m・K)、以下の表1において「接着剤1」と略記する。）、又は、セメダイン社製接着剤（RH96L、常温での熱伝導率2.1W/(m・K)、以下の表1において「接着剤2」と略記する。）を薄く（約0.02mm厚）塗布して、セルに貼付した。この時、直方体である角型セルにおいて、貼付される面のセルの側面の略全面にアルミニウム製の板を貼付した（上端部数mm及び左右の端部数mmを除く。面積率95%以上。）。また、貼付したアルミニウム製の板を、バッテリーモジュール下に設置されている水冷装置に、信越化学社製シリコングリース（G-777、常温での熱伝導率3.3W/(m・K)）を介して（約0.1mm塗布）接続した。グリース又は接着剤の熱抵抗 R_s に対する金属部材の熱抵抗の比（ R_s/R_m ）については、以下の表1に示す。

【0096】

断熱層における断熱部材としては、常温での熱伝導率0.05W/m・Kのグラスウール、又は、所望の厚みとなるように調整したニチアス社製耐火クロス（TOMBO No. 8300、常温での熱伝導率0.10W/m・K）を使用した。

【0097】

[複層構造について]

隣り合うセル間の構造としては、本発明例としては、セル/アルミニウム製の板/グラスウール/アルミニウム製の板/セルの複層構造とした。比較例（従来技術）としては、セル/グラスウール/アルミニウム製の板/グラスウール/セルの複層構造、アルミニウム製の板単独構造、及び、グラスウール単独構造とした。それぞれの構造における各部材の厚みは、以下の表1に示す。

【0098】

また、概ね図4の断面図に例示したような冷却構造、及び、図2に示すような、セル短

10

20

30

40

50

辺側の面をアルミニウム製の板で接触させた冷却構造についても、冷却能力を測定した。これらの条件についても、以下の表 1 に示す。なお、セル間の隙間を 0.5 mm とした例については、冷却能力を測定するまでもなく、悪い評価となることが明らかなものであったため、以下では評価は行わなかった。

【0099】

◇冷却性能評価（異常発熱セル発生時の温度評価）

熱電対を、セル表面の任意の位置にカプトンテープを使用して貼付し、充放電に伴う温度上昇を測定した。表 1 で示される本発明例と比較例（従来技術）の組合せについて、評価を行った。上記の 8 つのセルが連なったモジュールを用い、25℃の環境下で中央 2 つのセルが 500 kW/h の一定発熱量で発熱した際に（異常発熱を模擬）、加熱開始後 2000 秒のときの隣接するセルの温度（セルの高さ方向に等間隔に 3 点を測定：上から 20 mm、50 mm、80 mm の位置）のうち、最も熱くなる部位の温度とした。その結果、2000 秒後に比較例のいずれの場合よりも、温度が低いものを、本発明例とした。また、セル／アルミニウム製の板／ガラスウール／アルミニウム製の板／セルの複層構造ではあるが、アルミニウム製の板の厚みが薄く、比較例よりも温度が高くなったものは、参考例とした。

【0100】

なお、本発明者らの検討の結果、測定開始後 1000～2000 秒を経過したあたりで特性に変化が生じ始め、かかる範囲の挙動が性能評価に重要であることが判明した。また、測定開始後 2000 秒を超えると特性が飽和し、バッテリーセルの性能が確定することも判明した。加えて、バッテリーセルを電気自動車に装着することを想定した場合、バッテリーセルが危険な状態になりつつあるときに、乗員が退避する時間を確保する必要があることから、早めの判断が必要となる。かかる点を踏まえ、上記のように、測定開始後 2000 秒での判断を行うこととした。

【0101】

また、セル間隔が 5 mm においては比較例 1 を基準とし、セル間隔が 3 mm においては比較例 4 を基準とし、セル間隔が 2 mm においては比較例 6 を基準として、それぞれのセル間隔における本発明例、参考例、比較例との冷却性能を比較した。比較に当たっては、2000 秒後の最大セル温度で比較して、以下に示す式のバッテリー温度低減率として表した。

【0102】

バッテリーセル温度低減率（％）（本発明例の場合）
＝〔（基準となる比較例の最大セル温度－本発明例の最大セル温度）／基準となる比較例の最大セル温度〕×100

バッテリーセル温度低減率（％）（参考例の場合）
＝〔（基準となる比較例の最大セル温度－参考例の最大セル温度）／基準となる比較例の最大セル温度〕×100

バッテリーセル温度低減率（％）（比較例の場合）
＝〔（基準となる比較例の最大セル温度－比較例の最大セル温度）／基準となる比較例の最大セル温度〕×100

【0103】

また、上記温度低減率が、10％以上であったものを評点「A」、5％以上10％未満であったものを評点「B」、0％超5％未満であったものを評点「C」、0％以下であったものを評点「D」として、評価した。なお、セル／ガラスウール／アルミニウム製の板／ガラスウール／セルの複層構造（すなわち、上記 B 構造）の場合と比較して優れた性能を示したものを、「合格」としている。

【0104】

10

20

30

40

50

【表 1】

表 1		パナチーセル間の冷却構造	セルの間隔 (mm)	金属部材 の種類	断熱部材 の種類	金属部材 の厚み (mm)	断熱部材 の厚み (mm)	備考	セルと 金属部材 の厚み	グリース/接着剤と 金属部材との 熱伝導係数 Pa/m	冷却性能評価		評価
											2000秒後の パナチーセル 温度低下率 (%)	基準	
比較例 1	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	3.0	1.0×2	セル間5mm基準	-	-	0	比較例1	-
比較例 2	セル/金属部材/セル	セル/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	-	5.0	-	-	-	0.3	-12	比較例1	D
本発明例 1	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.5×2	2	-	グリース	1.0	18	比較例1	A
本発明例 2	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	2.25×2	0.5	-	グリース	0.6	12	比較例1	A
本発明例 3	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	2.0×2	1	-	グリース	0.7	18	比較例1	A
本発明例 4	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.0×2	3	-	グリース	1.5	10	比較例1	B
参考例 1	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	0.25×2	4.5	-	グリース	5.8	-26	比較例1	D
比較例 3	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	3.0	アルミニウム	グラスウール	1.0	1.0×2	-	-	-	-8	比較例4	D
比較例 4	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	3.0	アルミニウム	グラスウール	0.5	0.5×2	セル間3mm基準	-	-	0	比較例4	-
比較例 5	セル/金属部材/セル	セル/金属部材/セル	3.0	アルミニウム	-	3.0	-	-	グリース	0.5	-3	比較例4	D
本発明例 5	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	3.0	アルミニウム	グラスウール	0.5×2	2	-	グリース	2.9	6	比較例4	B
本発明例 6	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	3.0	アルミニウム	グラスウール	1.0×2	1	-	グリース	1.5	16	比較例4	A
比較例 6	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	2.0	アルミニウム	グラスウール	1.0	0.5×2	セル間2mm基準	-	-	0	比較例6	-
比較例 7	セル/金属部材/セル	セル/金属部材/セル	2.0	アルミニウム	-	2.0	-	-	グリース	0.7	3	比較例6	C
本発明例 7	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	2.0	アルミニウム	グラスウール	0.5×2	1	-	グリース	2.9	11	比較例6	A
本発明例 8	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル(下部金属部材同士接続)	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル(下部金属部材同士接続)	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.5×2	2	隣り合う金属部材同士を 下部で20℃程度 のアルミ板で覆う	グリース	1.0	16	比較例1	A
本発明例 9	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル(短辺側面にも金属部材)	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル(短辺側面にも金属部材)	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.5×2	2	-	グリース	1.0	28	比較例1	A
本発明例 10	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	ジュラルミン	グラスウール	1.5×2	2	-	グリース	0.4	23	比較例6	A
比較例 8	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	5.0	ジュラルミン	グラスウール	3.0	1.0×2	セル間5mm 金属部材基準	-	-	0	比較例6	-
参考例 2	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	鋼鉄	グラスウール	1.5×2	2	-	グリース	0.2	-	比較例9	-
比較例 9	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	5.0	鋼鉄	グラスウール	3.0	1.0×2	セル間5mm 金属部材基準	-	-	-	比較例9	-
本発明例 11	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	ガラス板	1.5×2	2	-	グリース	1.0	7	比較例10	B
比較例 10	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	セル/断熱部材/金属部材/断熱部材/セル	5.0	アルミニウム	ガラス板	3.0	1.0×2	セル間5mm 断熱部材ガラス板基準	-	-	0	比較例10	-
本発明例 12	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.5×2	2	-	接着剤1	1.9	17	比較例1	A
本発明例 13	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	グラスウール	1.5×2	2	-	接着剤2	1.5	16	比較例1	A
本発明例 14	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	セル/金属部材/断熱部材/金属部材/セル	5.0	アルミニウム	耐火クロス	2.0×2	1	-	グリース	0.7	12	比較例1	A

【0105】

【冷却性能の比較結果】

図13は、セル間が5.0mmの場合の結果を示したものである。比較例1〔断熱部材1.0mm/A l 3.0mm/断熱部材1.0mm〕、及び、比較例2〔A l 5.0mmのみ〕に対して、本発明例である、本発明例1〔A l 1.5mm/断熱部材2.0mm/A l 1.5mm〕、本発明例2〔A l 2.25mm/断熱部材0.5mm/A l 2.25mm〕、本発明例3〔A l 2.0mm/断熱部材1.0mm/A l 2.0mm〕、本発明例4〔A l 1.0mm/断熱部材3.0mm/A l 1.0mm〕は全て、2000秒後の隣接するセルの温度が、比較例よりも低くなっている。本発明例は、従来技術よりも冷却

10

20

30

40

50

性能が高くなっていることが判る。また、アルミニウム製の板の厚みが薄い参考例 1 [Al 0.25 mm/断熱部材 4.5 mm/Al 0.25 mm] は、比較例 1 よりも、2000 秒後の隣接するセルの温度が高くなっており、従来技術よりも冷却性能が低かった。また、図 13 には示していないが、セルと金属部材とを、グリースに換えて接着剤で接着した本発明例 12 及び本発明例 13、及び、断熱部材をグラスウールに換えて耐火クロスとした本発明例 14 においても、従来技術よりも冷却性能が高くなっていた。

【0106】

図 14 は、セル間が 3 mm の場合の結果を示したものである。比較例 3 [断熱部材 1.0 mm/Al 1.0 mm/断熱部材 1.0 mm]、比較例 4 [断熱部材 0.5 mm/Al 2.0 mm/断熱部材 0.5 mm]、及び、比較例 5 [Al 3.0 mmのみ] に対して、本発明例である、本発明例 5 [Al 0.5 mm/断熱部材 2.0 mm/Al 0.5 mm]、本発明例 6 [Al 1.0 mm/断熱部材 1.0 mm/Al 1.0 mm] はいずれも、2000 秒後の隣接するセルの温度が、いずれの比較例よりも低くなっており、従来技術よりも冷却性能が高くなっていることが判る。

【0107】

図 15 は、セル間が 2 mm の場合の結果を示したものである。比較例 6 [断熱部材 0.5 mm/Al 1.0 mm/断熱部材 0.5 mm]、及び、比較例 7 [Al 2.0 mmのみ] に対して、本発明例である、本発明例 7 [Al 0.5 mm/断熱部材 1.0 mm/Al 0.5 mm] は、2000 秒後の隣接するセルの温度が、いずれの比較例よりも低くなっており、従来技術よりも冷却性能が高くなっていることが判る。

【0108】

図 16 は、セル間隔 5 mm において、金属部材の下部が接続された（U 字状金属部材）場合（図 4 の構造）の本発明例 8 ([Al 1.5 mm/断熱部材 2.0 mm/Al 1.5 mm] で、2 つのアルミニウム板の下部が高さ方向に 25 % の部位が接続されて一体となっている。) の結果を、実施例 1 及び比較例 1 と対比して示したものである。本発明例 8 は、実施例 1 よりは、僅かに 2000 秒後の隣接するセルの温度が高くなっているが、比較例 1 よりは低くなっており、従来技術よりも冷却性能が高くなっていることが判る。

【0109】

図 17 は、8 個のバッテリーセルのすべての短辺の側面にも、アルミニウム製の板（3 mm 厚み）を、グリースを介して接着し、バッテリーモジュール側面全体をアルミニウム製の板で覆った場合（図 2 の構造）の本発明例 9 ([Al 1.5 mm/断熱部材 2.0 mm/Al 1.5 mm] + 短辺側の側面に Al を設けた。) と、本発明例 1 とを対比して示したものである。本発明例 9 は、本発明例 1 よりも、2000 秒後の隣接するセルの温度が低くなっており、更に冷却性能が高くなっていることが判る。

【0110】

上記表 1、及び、図 13 ~ 図 17 から明らかなように、本発明例に該当するものは、いずれも評点「A」又は「B」の評価となり、従来技術よりも冷却能力が優れていることが判る。

【0111】

[板状の金属部材の種類（熱伝導率）の影響について]

図 18 は、金属部材を、ジュラルミン（熱伝導率：常温で 110 W/m・K）、及び、鋳鉄（熱伝導率：常温で 50 W/m・K）に変更した場合の結果を示したものである。

【0112】

本発明例 10 は、金属部材をジュラルミンとした以外は、実施例 1 と同じ条件にしたものであり、比較例 8 は、金属部材をジュラルミンとした以外は、比較例 1 と同じ条件にしたものである。両者を比較すると、本発明例 10 の方が、比較例 8 と比べて、2000 秒後の隣接するセルの温度が低くなっており、従来技術よりも冷却性能が高くなっていることが判る。ただし、本発明例 1 と比べると、本発明例 10 は温度が全体的に上昇しており、金属部材の熱伝導率は、150 W/m・K 以上が好ましいことが判る。

【0113】

また、参考例 2 は、金属部材を鋳鉄とした以外は、実施例 1 と同じ条件にしたものであり、比較例 9 は、金属部材を鋳鉄とした以外は、比較例 1 と同じ条件にしたものである。両者を比較すると、参考例 2 の方が、比較例 9 と比べて、2000 秒後の隣接するセルの温度が低くなっているものの、隣接セルの最大温度が 200℃を越えている。そのため、隣接するバッテリーセルの温度上昇を効率よく抑制できているとは言えず、参考例としている。

【0114】

〔断熱層における断熱部材の種類（熱伝導率）の影響について〕

図 19 は、断熱層の断熱部材を、ガラス板（熱伝導率：常温で $0.9 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ）に変更した場合の結果を示したものである。

【0115】

本発明例 11 は、断熱部材をガラス板とした以外は、実施例 1 と同じ条件にしたものであり、比較例 10 は、断熱部材をガラス板とした以外は、比較例 1 と同じ条件にしたものである。両者を比較すると、本発明例 11 の方が、比較例 10 と比べて、2000 秒後の隣接するセルの温度が低くなっており、従来技術よりも冷却性能が高くなっていることが判る。ただし、本発明例 1 と比べると、本発明例 10 は温度が全体的に上昇しており、断熱部材の熱伝導率は、 $0.1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ 以下が好ましいことが判る。

【0116】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【符号の説明】

【0117】

- 1 バッテリーセルの冷却構造
- 2 複層構造
- 10 バッテリーセル
- 20 板状の金属部材
- 30 断熱層（断熱部材又はガス層）
- 40 冷却部材
- 41 冷却プレート
- 42 伝熱シート
- 50 伝熱シート
- 60 第 2 の板状の金属部材
- 70 第 3 の板状の金属部材
- 100 バッテリーモジュール

10

20

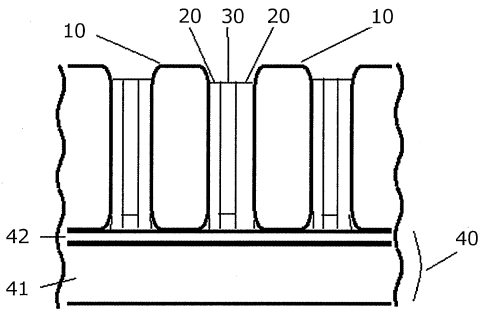
30

40

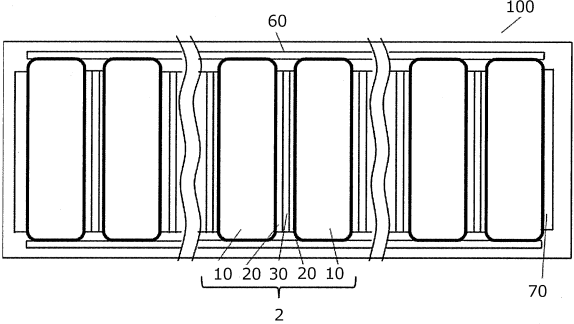
50

【図面】

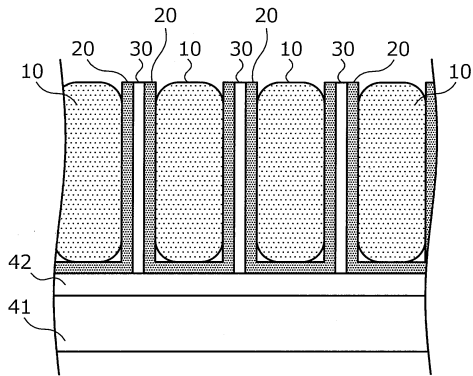
【図 1】



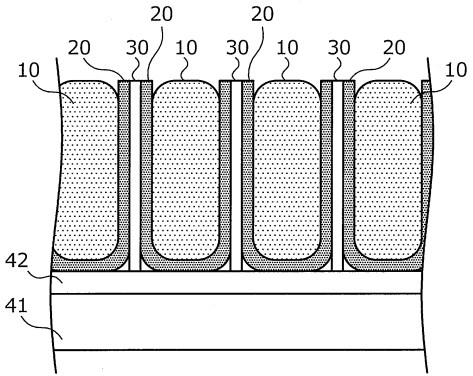
【図 2】



【図 3 A】



【図 3 B】



10

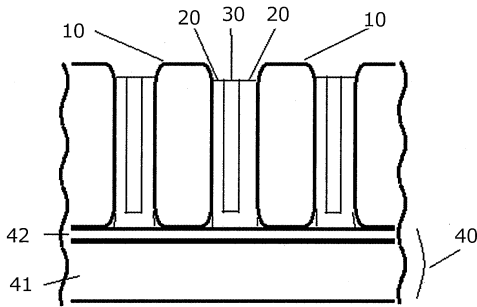
20

30

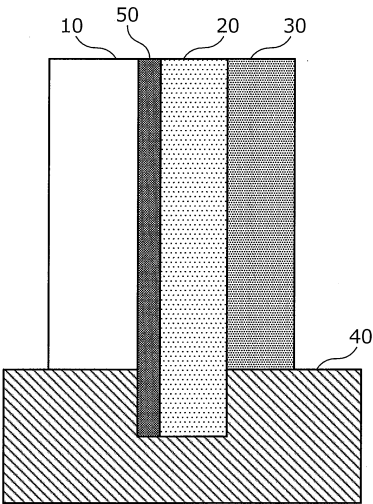
40

50

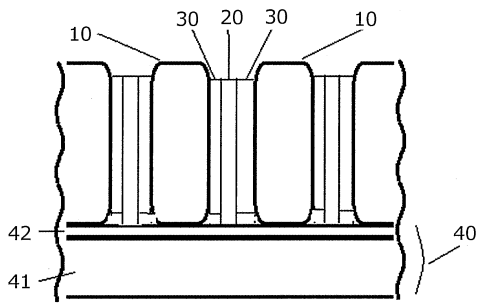
【図 4】



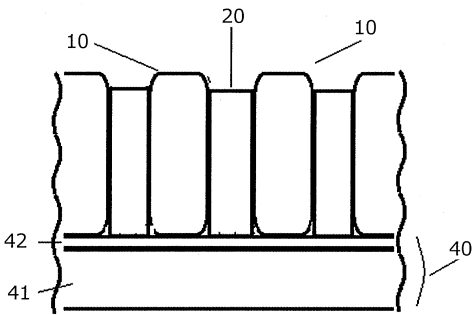
【図 5】



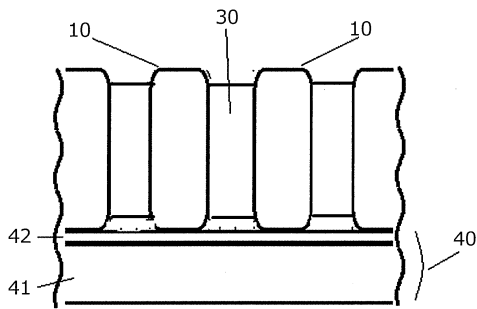
【図 6】



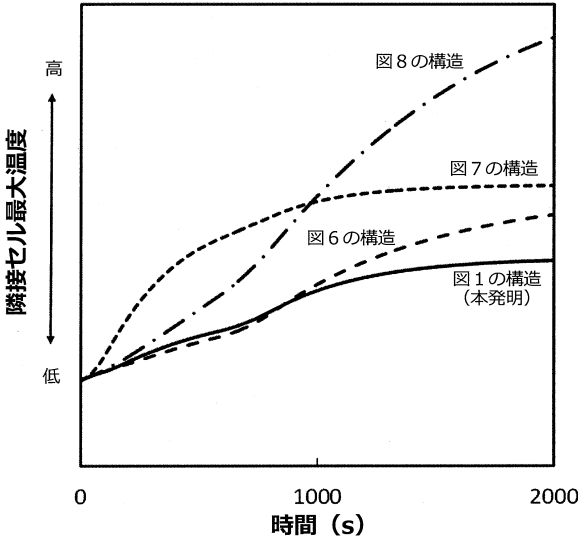
【図 7】



【図 8】

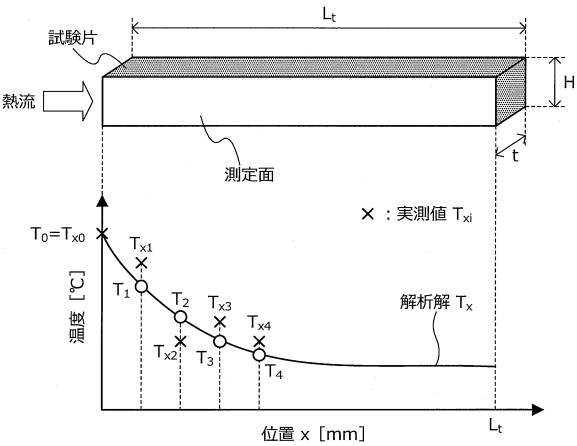


【図 9】

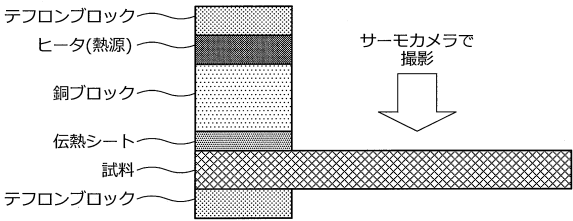


10

【図 10】



【図 11】



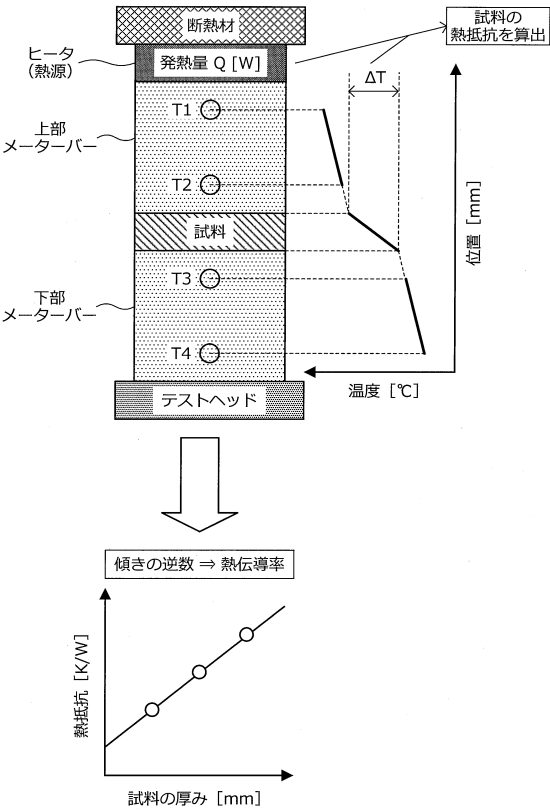
20

30

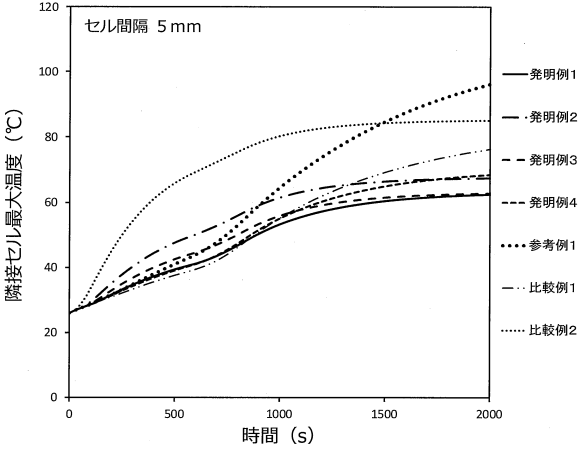
40

50

【図 1 2】



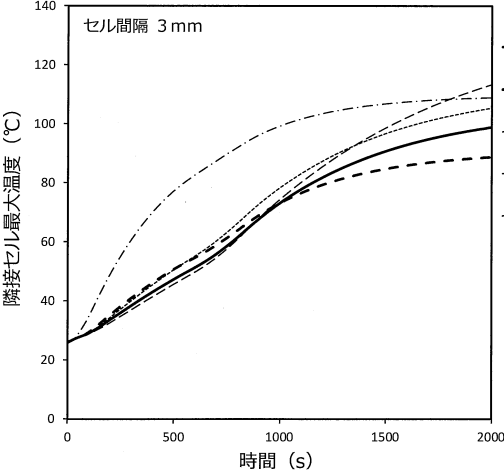
【図 1 3】



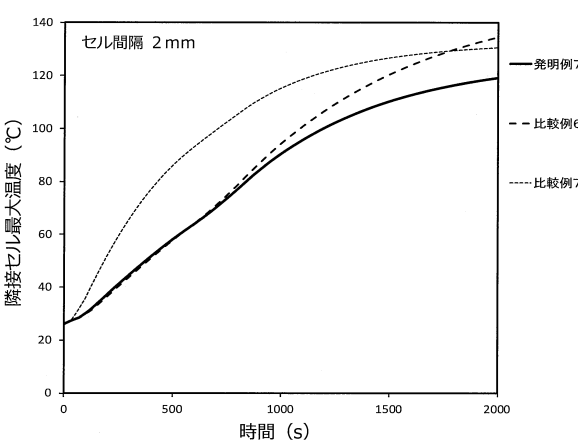
10

20

【図 1 4】



【図 1 5】

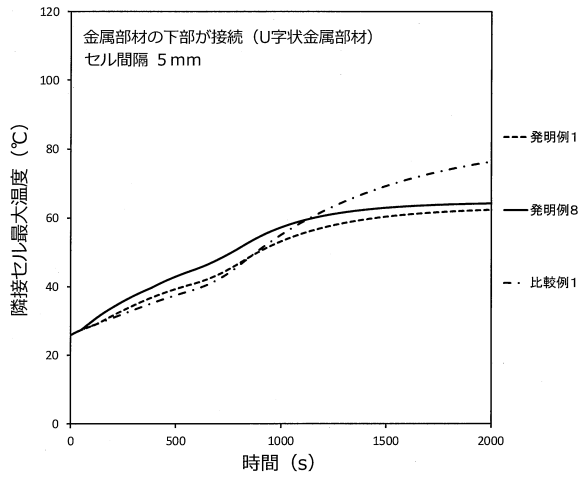


30

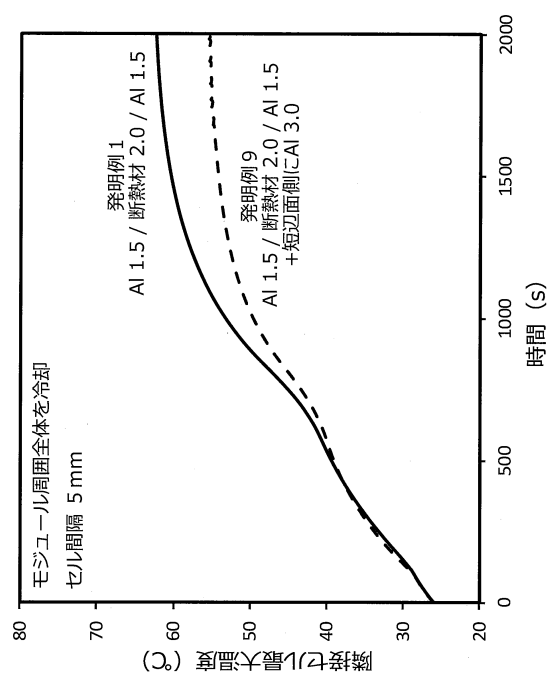
40

50

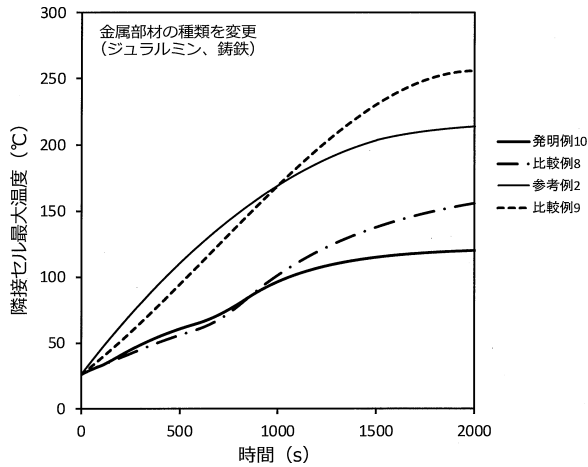
【図 16】



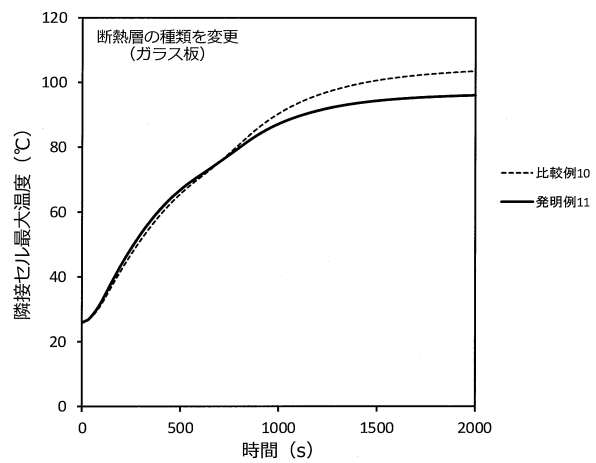
【図 17】



【図 18】



【図 19】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M	10/653 (2014.01)	H 0 1 M	10/653	
H 0 1 M	10/658 (2014.01)	H 0 1 M	10/658	
H 0 1 M	50/204 (2021.01)	H 0 1 M	50/204	4 0 1 H
H 0 1 M	50/209 (2021.01)	H 0 1 M	50/209	
H 0 1 M	50/211 (2021.01)	H 0 1 M	50/211	

(72)発明者 佐々木 皓平

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

(72)発明者 茨木 雅晴

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

(72)発明者 臼井 雅史

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

(72)発明者 砂川 辰則

東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 日鉄総研株式会社内

審査官 宮本 秀一

(56)参考文献

米国特許出願公開第2011/0159340 (US, A1)

中国特許出願公開第108598625 (CN, A)

国際公開第2015/041149 (WO, A1)

特開2014-089822 (JP, A)

特開2015-076187 (JP, A)

国際公開第2017/159527 (WO, A1)

特開2010-108932 (JP, A)

特開2014-229559 (JP, A)

国際公開第2021/166346 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H 0 1 M 1 0 / 5 2 - 1 0 / 6 6 7

H 0 1 M 5 0 / 2 0 - 5 0 / 2 9 8