

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7705857号
(P7705857)

(45)発行日 令和7年7月10日(2025.7.10)

(24)登録日 令和7年7月2日(2025.7.2)

(51)国際特許分類	F I
F 1 6 L 59/02 (2006.01)	F 1 6 L 59/02
H 0 1 M 10/658 (2014.01)	H 0 1 M 10/658
H 0 1 M 10/625 (2014.01)	H 0 1 M 10/625
H 0 1 M 10/651 (2014.01)	H 0 1 M 10/651

請求項の数 17 (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-532357(P2022-532357)	(73)特許権者	000116404 阿波製紙株式会社 徳島県徳島市南矢三町三丁目10番18号
(86)(22)出願日	令和3年4月26日(2021.4.26)	(74)代理人	110003225 弁理士法人豊栖特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/016675	(72)発明者	西尾 裕也 徳島県徳島市南矢三町三丁目10番18号 阿波製紙株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/256093	(72)発明者	千葉 洋史 徳島県徳島市南矢三町三丁目10番18号 阿波製紙株式会社内
(87)国際公開日	令和3年12月23日(2021.12.23)	審査官	柳本 幸雄
審査請求日	令和6年4月16日(2024.4.16)		
(31)優先権主張番号	特願2020-105487(P2020-105487)		
(32)優先日	令和2年6月18日(2020.6.18)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 断熱シート及びこれを備える電源装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

中間層と、
前記中間層の表面に積層された表面層と、
を備え、
前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、
前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $1.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、
前記表面層の細孔径が $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、
前記表面層を、 100 kPa で圧縮した時の圧縮率を 10% 以上としてなる断熱シート。

【請求項2】

中間層と、
前記中間層の表面に積層された表面層と、
を備え、
前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、
前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $1.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、
前記表面層の透気抵抗度が、JIS P 8117(2009)試験に準拠したガーレー標準形デンソメータで $3\sim 5000\text{ sec}/100\text{ mL}$ である断熱シート。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の断熱シートであって、
前記表面層が、前記中間層の両面にそれぞれ積層されてなる断熱シート。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層の、面方向の熱伝導率が、 $1000 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下である断熱シート。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $3.00 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下である断熱シート。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層の、面方向の熱伝導率が、厚さ方向の熱伝導率の 5 倍以上である断熱シート。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層が、抄紙シートで構成されてなる断熱シート。

10

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層が、繊維又は熱伝導フィラーを含んでなる断熱シート。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層が、グラファイト、窒化硼素、アルミニウムのいずれかを含んでなる断熱シート。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
JIS L 1091 A - 1 法 (1999) 試験に準じて 10 分間加熱した際における裏面の灰化面積が 500 mm^2 以下である断熱シート。

20

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記表面層の体積抵抗率が 10^{10} 以上である断熱シート。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記表面層が、繊維、充填材、バインダの少なくともいずれかを含んでなる断熱シート。

【請求項 13】

請求項 1 ~ 12 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
前記中間層と表面層を接着する接着層が、アクリル系接着材、塩化ビニル系接着材、酢酸ビニル系接着材、ホットメルトの少なくともいずれかである断熱シート。

30

【請求項 14】

請求項 1 ~ 13 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
厚さを $0.2 \text{ mm} \sim 6.0 \text{ mm}$ としてなる断熱シート。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか一項に記載の断熱シートであって、
耐熱温度が $300 \sim 600$ である断熱シート。

【請求項 16】

複数の二次電池セルを積層した電源装置に用いる断熱シートであって、
中間層と、
前記中間層の表面にそれぞれ積層された表面層と、
を備え、
前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $0.50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、
前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $1.00 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、
前記表面層の細孔径が、 $50 \mu\text{m}$ 以下であり、
前記表面層を、 100 kPa で圧縮した時の圧縮率を 10% 以上としてなる断熱シート。

40

【請求項 17】

請求項 16 に記載の断熱シートと、

50

前記断熱シートを介在させて積層した複数の二次電池セルと、
を備える電源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、断熱シート及びこれを備える電源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

断熱性を有するシート材が、二次電池セルの断熱や絶縁を図るスペーサ、防爆シート、あるいは冷蔵庫等の温度差のある部材を被覆するシート材など、様々な用途で用いられている。一例として、二次電池セルの断熱用スペーサについて説明する。二次電池セルを複数積層した電源装置が、電気自動車やハイブリッド自動車、電動バス、電車等の電動車両の駆動用電源として、あるいは工場や基地局のバックアップ電源用、さらには家庭用の蓄電池として用いられている（例えば特許文献1、2）。近年は電源装置の軽量化、及び高容量化が求められており、二次電池セルにはリチウムイオン二次電池等の高容量のタイプが用いられている。

10

【0003】

一方で、二次電池セルを多数用いた場合、何らかの異常により一の二次電池セルが高温になって熱暴走し、隣接する他の二次電池セルに高温が伝搬して熱暴走が連鎖的に発生する類焼と呼ばれる現象が発生することがある。特にリチウムイオン二次電池のような高容量の電池の場合は、エネルギー容量が大きい分だけ、発熱量も大きくなる。このため、安全性確保の観点から、このような類焼の発生を抑制することが希求されている。

20

【0004】

熱暴走の抑制には、断熱性能の向上が効果的と思われる。断熱性能の向上とは、熱伝導率を低くすることである。したがって、二次電池セルを積層した電源装置において類焼の発生を阻止するには、二次電池セル同士の間、絶縁シートを介在させることが考えられる。

【0005】

一方で、本発明者が熱暴走の発生プロセスを検討していくと、複数の二次電池セルのいずれかで、当該二次電池セルの一部が局所的に高温になるホットスポットが発生し、この部分から高熱が隣接する二次電池セルに伝搬して類焼が広がっていくとの知見を得た。

30

【0006】

しかしながら、類焼防止の観点から断熱性能を向上させると、熱伝導率が低いことから、図4の模式断面図に示すように、いずれかの二次電池セル1にホットスポットHSが発生しても、この高熱を断熱シート10Xで熱伝導して放熱することができず、結果的に高温の発生を抑制できずに熱暴走が発生してしまう。かといって、熱伝導率を上げると、断熱性能を発揮できなくなって隣接する二次電池セルに高温が伝搬してしまい、類焼の発生を抑制できない。このように、ホットスポットの発生の抑制と類焼の防止とは、相反する特性であって両立させることが困難であった。

【0007】

これに対して、二次電池セル同士の間、断熱層とその両側に配置した熱伝導シートを含む複合シートとする構成が提案されている（特許文献2）。これによれば、電池セルから筐体への放熱性に優れると共に、隣接する電池セル間の断熱性に優れるとされている。

40

【0008】

しかしながら、この構成では熱伝導シートにグラファイトを用いているところ、グラファイトシートからは、導電性を有するグラファイト粉末が発生する可能性がある。このようなグラファイト粉末は、電子回路に付着してショートなどの不具合を引き起こす可能性があった。このため、図19に示すように、断熱層95を備える複合シートにおいて、熱伝導シート92を構成するグラファイトシートよりも寸法の大きい第1の絶縁シート93と第2の絶縁シート94を用いてグラファイトシートを挟み込み、グラファイトシートの

50

外周縁の外側で封止する必要があった。このような封止のための加工は手間がかかり、コストも増す。また部品点数を増やす上、複合シートの厚膜化にもつながる。特に車載用の電源装置においては、高出力化と共に小型化が強く求められているところ、高出力化のために二次電池セルの積層数が増えると、これに応じて二次電池セル同士の間を介在させる複合シートの枚数も増え、電源装置全体が厚くなる上、重量の増大や加工コストも含めた製造コストの高騰にもつながるという問題があった。

【0009】

また、この構成では絶縁シートにポリエチレンテレフタレート(以下PETと記す)フィルムを、断熱層に、シリカキセロゲルを含浸したPET不織布を用いているところ、ホットスポットの熱で収縮、穿孔が生じ、いずれは隣接するセル間の絶縁を保持できなくなるという問題もあった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【文献】特許5740103号公報

【文献】WO2017/159527号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、このような背景に鑑みてなされたものであり、その目的の一は、断熱性能を維持しつつも加工コストを削減した断熱シート及びこれを備える電源装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0012】

本発明の第1の形態に係る断熱シートによれば、中間層と、前記中間層の表面に積層された表面層と、を備え、前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $1.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、前記表面層の細孔径を $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下であり、前記表面層を、 100 kPa で圧縮した時の圧縮率を 10% 以上とすることができる。上記構成により、表面層に断熱性を持たせて類焼を防止しつつ、表面層の封止を不要として製造を容易にかつ安価に行える利点が得られる。

30

【0013】

また、本発明の第2の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、中間層と、前記中間層の表面に積層された表面層と、を備え、前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下であり、前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、 $1.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上であり、前記表面層の透気抵抗度が、JIS P 8117(2009)試験に準拠したガーレー標準形デンソメータで $3\sim 5000\text{ sec}/100\text{ mL}$ とすることができる。上記構成により、表面層に断熱性を持たせて類焼を防止しつつ、表面層の封止を不要として製造を容易にかつ安価に行える利点が得られる。

【0014】

さらに、本発明の第3の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記表面層を、前記中間層の両面にそれぞれ積層することができる。

40

【0015】

さらにまた、本発明の第4の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層の、面方向の熱伝導率を、 $1000\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下とすることができる。

【0016】

さらにまた、本発明の第5の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率を、 $3.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下とすることができる。

【0017】

さらにまた、本発明の第6の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加

50

えて、前記中間層の、面方向の熱伝導率を、厚さ方向の熱伝導率の5倍以上とすることができる。上記構成により、面方向において部分的に高温の部位が発生しても、面方向に熱伝導させてホットスポットの発生を抑制し、もって類焼の発生を抑制できる。

【0018】

さらにまた、本発明の第7の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層を、抄紙シートで構成することができる。

【0019】

さらにまた、本発明の第8の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層が、繊維又は熱伝導フィラーを含むことができる。

【0020】

さらにまた、本発明の第9の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層が、グラファイト、窒化硼素、アルミニウムのいずれかを含むことができる。

【0021】

さらにまた、本発明の第10の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、JIS L 1091 A-1法(1999)試験に準じて10分間加熱した際における裏面の灰化面積を500mm²以下とすることができる。

【0022】

さらにまた、本発明の第11の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記表面層の体積抵抗率を10¹⁰以上とすることができる。上記構成により、燃焼後の絶縁性を保持することができる。

【0023】

さらにまた、本発明の第12の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記表面層が、繊維、充填材、バインダの少なくともいずれかを含むことができる。上記構成により、表面層からの粉落ちを避けることが可能となる。

【0024】

さらにまた、本発明の第13の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、前記中間層と表面層を接着する接着層が、アクリル系接着材、塩化ビニル系接着材、酢酸ビニル系接着材、ホットメルトの少なくともいずれかとすることができる。

【0025】

さらにまた、本発明の第14の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、厚さを0.2mm~6.0mmとすることができる。

【0027】

さらにまた、本発明の第15の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、耐熱温度を300~600とすることができる。

【0028】

さらにまた、本発明の第16の形態に係る断熱シートによれば、上記いずれかの構成に加えて、複数の二次電池セルを積層した電源装置に用いる断熱シートであって、中間層と、前記中間層の表面にそれぞれ積層された表面層と、を備え、前記表面層の、厚さ方向の熱伝導率が、0.50W/m・K以下であり、前記中間層の、厚さ方向の熱伝導率が、1.00W/m・K以上であり、前記表面層の細孔径を50μm以下であり、前記表面層を、100kPaで圧縮した時の圧縮率を10%以上とすることができる。

【0029】

さらにまた、本発明の第17の形態に係る電源装置によれば、上記いずれかの断熱シートと、前記断熱シートを介在させて積層した複数の二次電池セルとを備えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】実施形態1に係る断熱シートを用いた電源装置を示す斜視図である。

【図2】図1の電源装置のII-II線における垂直断面図である。

【図3】実施形態1に係る断熱シートを示す拡大模式断面図である。

10

20

30

40

50

【図 4】二次電池セル同士の間を従来の断熱シートで断熱した構成において、ホットスポットが発生した状態を示す模式断面図である。

【図 5】パウチ型二次電池セル同士の間を実施形態 1 に係る断熱シートで断熱した構成において、ホットスポットが発生した状態を示す模式断面図である。

【図 6】図 6 A は表裏温度評価試験においてセラミックヒーターと熱電対の取付位置を示す側面図、図 6 B はヒーター上面における熱電対の取付位置を示す平面図、図 6 C はサンプル裏面側の熱電対の取付位置を示す底面図である。

【図 7】図 7 A は実施例 1 のサンプルをヒーター面から、図 7 B は裏面側から、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。

【図 8】図 8 A は実施例 2 のサンプルをヒーター面から、図 8 B は裏面側から、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。

10

【図 9】図 9 A は実施例 3 のサンプルのヒーター面を、図 9 B は裏面側を、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。

【図 10】図 10 A は実施例 4 のサンプルのヒーター面を、図 10 B は裏面側を、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。

【図 11】図 11 A は比較例 1 のサンプルのヒーター面を、図 11 B は裏面側を、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。

【図 12】サンプルの燃焼試験を示す模式図である。

【図 13】図 13 A は画像処理ソフトで灰化面積を測定する様子を示す写真、図 13 B は炭化面積を測定する様子を示す写真である。

20

【図 14】図 14 A は燃焼試験後の実施例 1 のサンプルの燃焼面を、図 14 B は裏面を、それぞれ撮像した写真である。

【図 15】図 15 A は燃焼試験後の実施例 2 のサンプルの燃焼面を、図 15 B は裏面の写真を、それぞれ撮像した写真である。

【図 16】図 16 A は燃焼試験後の実施例 3 のサンプルの燃焼面を、図 16 B は裏面の写真を、それぞれ撮像した写真である。

【図 17】図 17 A は燃焼試験後の実施例 4 のサンプルの燃焼面を、図 17 B は裏面の写真を、それぞれ撮像した写真である。

【図 18】図 18 A は燃焼試験後の比較例 1 のサンプルの燃焼面を、図 18 B は裏面の写真を、それぞれ撮像した写真である。

30

【図 19】従来の複合シートを示す模式断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するための例示であって、本発明は以下のものに限定されない。また、本明細書は特許請求の範囲に示される部材を、実施の形態の部材に特定するものではない。特に実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。

40

[実施形態 1]

【0032】

本発明の実施形態に係る断熱シートは、断熱性が求められる用途に適宜利用できる。例えば冷蔵庫や冷凍庫等を断熱する断熱材、建材用の断熱シート等に用いることができる。ここでは、二次電池セルを多数積層して直列や並列に接続した電源装置において、隣接する二次電池セル同士の間を介在されるスペーサとして、断熱シートを用いる例を説明する

50

。このような電源装置は、電気自動車やハイブリッド自動車、電動バス、電車、電動カート等の電動車両の駆動用電源として、あるいは工場や基地局のバックアップ電源用、さらには家庭用の蓄電池として利用される。

【0033】

実施形態1に係る断熱シートを用いた電源装置を、図1の斜視図及び図2の垂直断面図に示す。これらの図に示す電源装置100は、複数の二次電池セル1と、二次電池セル1同士の間を介在される断熱シート10とを備える。このように二次電池セル1と断熱シート10とを交互に積層して、電池積層体を構成している。また電池積層体の側面には、必要に応じて側板2が配置される。側板2は、二次電池セル1の側面と熱的に結合されて、熱伝導により放熱する放熱板として機能する。

10

(断熱シート10)

【0034】

隣接する二次電池セル1同士の間には、断熱シート10が介在される。断熱シート10は、スペーサやセパレータ等と呼ばれ、隣接する二次電池セル1間を断熱して類焼を防止または抑制するための部材である。また断熱シート10は、その上端や下端、側面などを放熱板などと熱的に結合して、放熱部材として機能させることもできる。例えば電池積層体の上下に放熱フィンを配置し、断熱シートの上下端をそれぞれ放熱フィンと熱結合することができる。

(二次電池セル1)

【0035】

二次電池セル1は、リチウムイオン二次電池が好適に利用できる。二次電池セル1は、外装材を導電性部材で構成している。このような二次電池セル1を複数枚積層して電池積層体を構成するには、断熱性に加えて絶縁性も求められる。本実施形態に係る断熱シート10は、表面層12を絶縁性を備えるシートで構成することで、このような導電性の外装材を用いた二次電池セルを用いた電源装置に、好適に利用できる。なお本発明は、外装材を絶縁性とした二次電池セル、例えば外形を板状としたパウチ型やラミネート型と呼ばれるタイプに対しても利用できることはいうまでもない。

20

(断熱シート10)

【0036】

断熱シート10の拡大断面図を、図3に示す。この図に示す断熱シート10は、中間層11と、この中間層11を挟むように、両面に積層された表面層12で構成される。

30

【0037】

これら中間層11と表面層12とで、熱伝導率を異ならせている。具体的には、表面層12の厚さ方向の熱伝導率を、 $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下とし、中間層11の厚さ方向の熱伝導率を $1.00\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上としている。このように絶縁シートを、各表面層12を熱伝導率を抑えた断熱層としつつ、間に介在される中間層11を熱伝導性を高めた放熱層とした多層構造とすることで、表面層12が薄くとも断熱性能に優れた断熱シート10を実現できる。

【0038】

また中間層11の面方向の熱伝導率は、厚さ方向の5倍以上としている。これにより、断熱性能の高い表面層12と組み合わせた断熱シート10の断熱性能を発揮させながら、ホットスポットの発生を効果的に解消しつつ、類焼防止を図ることが可能となる。

40

【0039】

従来の断熱シートでは、類焼防止の観点から断熱性能の高い、換言すると熱伝導率の低い材質で構成されていた。この結果、図4の模式断面図に示すように、二次電池セル1の一部が局所的に高温になるホットスポットHSが発生しても、この高熱を断熱シート10Xで熱伝導して放熱することができなかつた。この結果、熱の逃げ場のないホットスポットHSが益々高温となって、ついには燃焼して熱暴走する可能性があった。しかしながら断熱シートの熱伝導率を上げると、断熱性能を発揮できなくなつて隣接する二次電池セルに高温が伝搬してしまい、類焼の発生を抑制できず、断熱シートの本来の機能を発揮でき

50

ないという矛盾があった。

【 0 0 4 0 】

これに対し本実施形態に係る断熱シート10では、表面層12を熱伝導率を抑えた断熱層として、二次電池セル1に対向させている。これによって隣接する二次電池セル1間に介在された断熱シート10は、左右の二次電池セルを高い断熱性によって断熱できる。また、表面層12を絶縁層とすることで、二次電池セル同士の意図しない短絡を回避できる。特に外装缶を金属製とする二次電池セルを用いる場合に、二次電池セル間の絶縁性を高めて安全性、信頼性の向上に寄与できる。

【 0 0 4 1 】

一方で、図5の模式断面図に示すように、いずれかの二次電池セルで万一、局所的に高温になるホットスポットHSが発生しても、この二次電池セルと面した表面層12（図5において右側）で断熱性を発揮させつつも、中間層11に達した熱については、面方向に積極的に熱伝導させることで、熱が表面層12の全面に伝搬されて拡散される結果、高温の発生箇所から熱を奪うことでホットスポットの拡大を抑制できる。特に、中間層11の面方向の熱伝導率を、厚さ方向の5倍以上とすることで、面方向への熱伝導が促進され、背面側への熱伝導を抑制して、背面側に位置する二次電池セルに高熱が伝わる事態を防ぎつつも、面方向に積極的に熱伝搬させて、類焼を抑える効果を発揮できる。さらに図1に示すように断熱シート10の端面を側板2と熱結合したり、あるいは放熱部材に熱結合することで、さらに放熱性を高めることができ、二次電池セルから吸熱して熱暴走を抑制できる。

【 0 0 4 2 】

その一方で、裏面側の表面層12（図5において左側）の断熱効果によって、他の二次電池セルに高熱が伝搬することを阻止乃至抑制して、類焼のリスクを低減できる。このように、断熱シート10を多層構造として、中間層11に熱拡散機能を付加してホットスポットHSを抑制する一方、表面層12には断熱機能を付加して他の二次電池セルへの類焼を防止することで、従来実現困難であった、放熱性能と断熱性能という相反する機能を両立させて、安全性を高めている。

（表面層12）

【 0 0 4 3 】

表面層12は、厚さ方向の熱伝導率を $0.50\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下、より好ましくは $0.01\text{ W/m}\cdot\text{K}\sim 0.30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 、さらに好ましくは $0.02\text{ W/m}\cdot\text{K}\sim 0.20\text{ W/m}\cdot\text{K}$ とする。このような表面層12は、十分な断熱性能を発揮させるため、繊維、充填材、バインダのいずれかを含むことが好ましい。

【 0 0 4 4 】

また表面層12の細孔径は、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下がさらに好ましい。これにより、断熱シートの粉落ちを抑制して、表面層を封止する等の粉落ち防止のための処理を不要とできる。

【 0 0 4 5 】

また表面層12の透気抵抗度は、JIS P 8117（2009）試験に準拠したガーレー標準形デンソメータで $3\sim 5000\text{ sec}/100\text{ ml}$ とすることが好ましく、 $5\sim 1000\text{ sec}/100\text{ ml}$ とすることがさらに好ましい。透気抵抗度がこの範囲より小さいと、後述する中間層から繊維又は粉末が脱落した際、その散乱を防止できず、短絡を引き起こす可能性がある。また透気抵抗度がこの範囲より大きいと、後述する接着層との接着強度が低下し易くなる。

【 0 0 4 6 】

また表面層12の平滑度は、JIS P 8119（1998）に準拠した平滑度試験機で、真空容器内の圧力が 50.7 kPa から 29.3 kPa に変化するまでの時間が $15\sim 150\text{ sec}$ とすることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

さらに表面層12は、 100 kPa で圧縮した時の圧縮率が 10% 以上としている。こ

10

20

30

40

50

れにより、二次電池セルの膨張時又は振動が与えられた時、中間層 11 への応力を緩和して、絶縁を阻害する繊維又は粉末の脱落を抑制できる。

【0048】

ここでは、断熱シート 10 の表面層 12 は、繊維基材と、充填材と、結合材を含む。好適には、繊維基材として天然パルプと無機繊維、充填材として珪酸塩鉱物、結合材としてゴム組成物を利用できる。具体的には、実施形態 1 に係る表面層 12 は、繊維基材として麻パルプとマイクロガラス、充填材としてタルクとセピオライト、結合材として NBR を含んでいる。

【0049】

繊維基材（基材繊維とも呼ぶ。）は、ガラス繊維、カーボン繊維、セラミック繊維などの無機繊維や、あるいは芳香族ポリアミド繊維、ポリエチレン繊維などの有機繊維が利用できる。ここでは、繊維基材として有機繊維の天然パルプを用いている。天然パルプには麻パルプが好適に利用できる。麻パルプの配合比率は、例えば 5 重量% ~ 20 重量%、好ましくは 10 重量%とする。

10

【0050】

また繊維基材として、無機繊維を含めてもよい。無機繊維の配合比率は、5 重量% ~ 20 重量%、好ましくは 8 重量% ~ 15 重量%とする。実施形態 1 においては、無機繊維としてマイクロガラスを 12 重量%添加している。

【0051】

充填材は、無機の充填材が利用できる。無機充填材としては、セピオライト、タルク、カオリン、マイカ、セリサイト等の珪酸塩鉱物、炭酸マグネシウム、炭酸カルシウム、ハードクレー、焼成クレー、硫酸バリウム、珪酸カルシウム、ウォラストナイト、重炭酸ナトリウム、ホワイトカーボン・溶融シリカ等の合成シリカ、珪藻土等の天然シリカ、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、ガラスビーズ等が挙げられ、これらは単独又は複数を組み合わせて用いられる。これらの無機充填材の添加は、高温雰囲気下の形状維持と断熱性向上といった効果を示す。実施形態 1 においては、可撓性が高いタルクを用いた。充填材の配合量は断熱シート中、5 重量% ~ 65 重量%が好ましい。実施形態 1 においては、充填材として珪酸マグネシウムを用い、タルクを 58 重量%、セピオライトを 14 重量%添加している。

20

【0052】

結合材には、塩化ビニル樹脂、塩化ビニリデン樹脂、アクリル酸樹脂、ウレタン樹脂、酢酸ビニル樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリスチレン樹脂、アクリロブタジエンスチレン樹脂、アクリロニトリルスチレン樹脂、フッ素樹脂、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等の合成樹脂の他に、アクリルニトリルブタジエンゴム、水素化アクリルニトリルブタジエンゴム、アクリルゴム、アクリルニトリルゴム、エチレンプロピレンゴム、スチレンブタジエンゴム、クロロプレンゴム、ブタジエンゴム、ブチルゴム、フッ素ゴム、シリコーンゴム、フッ化シリコーンゴム、クロロスルホン化ゴム、エチレン酢ビゴム、塩化ポリエチレン、塩化ブチルゴム、エピクロルヒドリンゴム、ニトリルイソプレンゴム、天然ゴム、イソプレンゴム等が利用できる。中でも、アクリルニトリルブタジエンゴム（NBR）が、耐水性、耐油性が高い点で好ましい。これらのゴムは 1 種又は 2 種以上を組み合わせて使用することができる。また、より高い耐水性、耐油性を目的にアルキルケテンダイマー等のサイズ剤やフッ素系、シリコーン系の撥水剤を組合わせて使用することもできる。結合材にゴム組成物を用いる場合、ゴムの配合量は断熱シート中、5.0 ~ 40 重量%が好ましい。ここでは NBR であるニポール 1562 を 6.0 重量%添加している。

30

【0053】

さらに添加剤として、紙力剤や定着剤、消泡剤等の薬品類を加えている。ここでは紙力剤として WS4030 を 0.5 重量%、紙力剤としてコーガム 15H を 0.3 重量%、定着剤として硫酸バンドを 1.9 重量%、消泡剤として KM-70 を適量添加している。

40

【0054】

50

表面層 1 2 は、厚さを 1 mm ~ 5 . 5 mm、好ましくは 0 . 1 5 mm ~ 2 mm、より好ましくは 0 . 2 mm ~ 1 mm とする。この表面層 1 2 は、一層で構成する他、層状に構成したガラス繊維層やセラミック繊維層等の無機繊維層を複数層積層して構成してもよい。また無機繊維は、繊維長 1 3 mm 以上のものが圧縮復元性の観点から好適に使用できる。より好ましくは 4 0 mm 以上、さらに好ましくは、切断されていない長繊維のものである。
(中間層 1 1)

【 0 0 5 5 】

中間層 1 1 は、厚さ方向の熱伝導率を 1 . 0 0 W / m · K 以上、好ましくは 2 . 0 0 W / m · K ~ 2 0 . 0 0 W / m · K、より好ましくは 2 . 5 0 W / m · K ~ 1 5 . 0 0 W / m · K とする。あるいは中間層 1 1 の厚さ方向の熱伝導率を、3 . 0 0 W / m · K 以下と

10

【 0 0 5 6 】

このような中間層 1 1 は、十分な熱伝導性を発揮させるため、有機繊維や熱伝導ファイラを含むことが好ましい。有機繊維は、パラアラミド繊維、パラアラミドパルプ、メタアラミドパルプ、ポリフェニレンサルファイド繊維、PET 繊維、難燃 PET 繊維、難燃レーヨン繊維のいずれか一以上を利用できる。また熱伝導ファイラには、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム、窒化硼素、窒化アルミニウム、アルミニウム、銅、黒鉛、カーボンナノチューブ等が利用できる。また中間層 1 1 に、無機繊維を含めてもよい。無機繊維には、カーボン繊維、ガラス繊維、セラミック繊維等が利用できる。また抄紙シートで構成した中間シートは、熱カレンダーロール等による、加圧加工を行ってもよい。これにより内部を緻密化して、熱伝導率を高めることができる。

20

【 0 0 5 7 】

また中間層 1 1 は、鉄、アルミニウム、銅、銀、金等の膜状の金属が利用できる。

【 0 0 5 8 】

中間層 1 1 は、厚さを 0 . 0 2 mm ~ 0 . 5 mm、好ましくは 0 . 0 3 mm ~ 0 . 4 mm、より好ましくは 0 . 0 3 mm ~ 0 . 3 mm とする。

30

【 0 0 5 9 】

また中間層 1 1 も、透気抵抗度を J I S P 8 1 1 7 (2 0 0 9) 試験に準拠したガーレー標準型デンスメータで 3 0 0 0 s e c / m l 以上とすることが好ましい。これにより、粉落ちの少ない熱拡散性を有する中間層 1 1 を実現しており、熱拡散性を有する層の封止を不要として製造を容易にかつ安価に行える利点が得られている。

(接着層)

【 0 0 6 0 】

中間層 1 1 と表面層 1 2 とは、接着材で接着される。接着材を硬化させた接着層が、中間層 1 1 と表面層 1 2 との間に介在される。接着材は、耐熱性に優れた材質が好ましい。このような接着材としては、アクリル系接着材、塩化ビニル系接着材、酢酸ビニル系接着材、ホットメルト等が利用できる。接着剤の形態は液状、スラリー状のほか、ホットメルト接着剤を不織布又は網状に成型した熱融着シート等が利用できる。

40

【 0 0 6 1 】

また断熱シート 1 0 の全体の厚さは、0 . 2 mm ~ 6 . 0 mm、好ましくは 0 . 2 mm ~ 4 . 0 mm、より好ましくは 0 . 3 mm ~ 2 . 0 mm とする。

【 0 0 6 2 】

さらに断熱シート 1 0 は、柔軟性、可撓性を備えている。これによって、図 5 の断面図に示すように二次電池セル 1 が膨張した際、このような二次電池セル 1 の変形に追従して、密着状態を維持し、空隙の形成によって熱伝導性が低下する事態を回避できる。特に従来の断熱シートは、硬質のものが多く、変形に対する追従性が低いため、接触面に空隙が

50

形成されて空気層による断熱効果のため、熱伝導性が低下することがあった。断熱シートが類焼防止のため断熱性能を発揮させることを目的としている場合は、空気層によって断熱性能が一層向上するため、硬質の断熱シートは却って好都合であった。これに対し本実施形態に係る断熱シート10のように、表面層12は放熱性能を発揮させるためには、このような硬質材よりも、可撓性や柔軟性を有する断熱シート10とすることで、熱伝導率の高い状態を維持して放熱性能を発揮させることができる。

【0063】

また断熱シート10に柔軟性、可撓性を持たせることで、ロール材などの巻取材に巻取可能となり、ロール状での保管、運搬が可能となって、ハンドリング性も向上される。ここでは可撓性を発揮させるため、例えば断熱シート10の片面に外径110mmの円筒を当てて90°折り曲げた際、皺又は割れが生じないこととすることができる。

10

【0064】

さらに断熱シート10は、耐熱性や難燃性を備えることが望ましい。二次電池セル1が高温になっても、変形や溶融し難い材質とすることで、断熱性能を維持することが可能となる。好ましくは、断熱シート10の耐熱温度を300~600とする。本実施形態に係る断熱シートでは、表面層を、繊維と充填材と結合材(バインダ)で構成することにより高い耐熱温度を発揮でき、高温環境下でも絶縁性を維持できる。さらに、JIS L 1091 A-1法(1999)試験に準じて10分間加熱した際における裏面の灰化面積を、500mm²以下に抑えることが好ましい。

【0065】

加えて、本実施形態に係る断熱シート10においては、断熱シート全体での平滑度を、15~150secとすることが好ましい。これにより、断熱シートの封止を不要として製造を容易にかつ安価に行える利点が得られる。

20

【0066】

また本実施形態に係る断熱シートは、変形可能な柔軟性を備えることができる。好適には、曲率半径55mmの紙管に巻き付けても破断しない柔軟性を備える。これにより、断熱シートを接触させる対象物が膨張する等変形しても、その変形に追従して密着状態を維持でき、空隙が形成されて熱伝導性が低下する事態を回避できる。

(断熱シート10の製造法)

【0067】

ここで断熱シート10は、例えばロール状とした中間層11及び表面層12の間に、熱融着シートを挟み込み、2本の熱圧着ロールの間を通過させ接着することで、ロールtoロールの製造が可能である。また、中間層11ないし表面層12の片面あるいは両面に液状の接着剤を塗工し、貼り合わせてもよい。後述する実施例1~4及び比較例1~2では、中間層11と表面層12の間にポリエチレン製熱融着シートを挟み、150のホットプレスで、50kPaにて20秒間加圧し接着させた。

30

【0068】

以上の例では、断熱シート10を、中間層11の両面をそれぞれ単層の表面層12で被覆した三層構造とする構成を説明した。ただ本発明は、このような三層構造に限定するものでなく、例えば表面層を複数層としたり、中間層を複数層とするなど、四層以上の多層構造とすることもできる。あるいは、用途によっては中間層の片面のみに表面層を設けた二層構造としても良い。

40

【0069】

また図1の例では、二次電池セル1を縦置き姿勢としているが、二次電池セルを横置き姿勢とする電源装置においても、断熱シートを同様に適用できることはいうまでもない。

【0070】

さらに断熱シート10は、二次電池セル間の断熱のみならず、複数の二次電池セルで構成された電池モジュール同士の間断熱に利用することもできる。

[実施例1~4;比較例1]

50

【 0 0 7 1 】

ここで、実施例に係る断熱シートの難燃性を確認すべく、実施例 1 ~ 4 に係る断熱シートのサンプルを作製し、比較例 1 に係る断熱シートのサンプルと比較した。各サンプルに用いた中間層と表面層の厚さと熱伝導率を表 1 に示す。

【 0 0 7 2 】

実施例 1 ~ 4 及び比較例 1 において、表面層は天然パルプ、マイクロガラス、珪酸塩鉱物粉体と、結合剤としてゴム系樹脂を抄紙した同一のシートを使用した。その作成には、まず離解させた天然パルプを準備し、マイクロガラスと珪酸塩鉱物粉体とを均一に分散させた。これにゴム系樹脂を加えて得られた抄紙スラリーを、湿式抄紙法で抄紙して、厚さ約 0 . 7 0 mm の表面層基材シートを得た。この表面層基材シートの熱伝導率（厚さ方向）は 0 . 1 8 W / m · K、熱伝導率（面方向）は 0 . 1 8 W / m · K、平滑度は 4 6 . 8 s e c、透気抵抗度は 3 0 s e c / 1 0 0 m l であった。この表面層基材シートを用いて、異なる中間層の両面を被覆して、実施例 1 ~ 4 及び比較例 1 を作製した。

（実施例 1）

【 0 0 7 3 】

実施例 1 の中間層として、黒鉛紛 9 0 % の抄紙シートを使用した。具体的には黒鉛紛及び有機繊維を、重量比 9 0 対 1 0 となるよう水中に分散させた抄紙用スラリーを準備し、湿式抄紙法により得られたシートに熱圧加工を行い、中間層基材シートを得た。その厚さは 0 . 2 3 mm であった。

【 0 0 7 4 】

得られた中間層基材シートの両面に表面層をそれぞれ積層し、さらに表面層と中間層の間にポリエチレン製熱融着シートを挟み、1 5 0 のホットプレスにて、2 0 秒間 5 0 k P a で加圧を行い貼り合せ、実施例 1 に係る断熱シートを得た。

（実施例 2）

【 0 0 7 5 】

実施例 2 の中間層として、黒鉛紛及び有機繊維を、重量比 7 5 対 2 5 となるよう水中に分散させた抄紙用スラリーを準備し、湿式抄紙法により得られたシートに熱圧加工を行い、表面層基材シート 2 を得た。その厚さは 0 . 0 7 mm であった。得られた中間層基材シートに対し、実施例 1 と同様に両面にそれぞれ表面層を貼り合せて、実施例 2 に係る断熱シートを得た。

（実施例 3）

【 0 0 7 6 】

実施例 3 の中間層は、アルミニウム膜とした。ここでは、厚さ 0 . 2 mm の、岩田製作所製シムプレートアルミ T A 2 0 0 - 3 0 0 - 0 2 を用いて中間層基材シートとした。この中間層基材シートを、実施例 1 等と同様に表面層を各面に貼り合せて、実施例 3 に係る断熱シートを得た。

（実施例 4）

【 0 0 7 7 】

実施例 4 の中間層として、薄手のアルミニウム膜を用いた。ここでは、厚さ 0 . 1 mm の、岩田製作所製シムプレートアルミ T A 2 0 0 - 3 0 0 - 0 1 を用いて中間層基材シートとした。この中間層基材シートを、実施例 1 等と同様に表面層を各面に貼り合せて、実施例 4 に係る断熱シートを得た。

（比較例 1）

【 0 0 7 8 】

比較例 1 の中間層として、表面層と同じく断熱性の抄紙シートを使用した。具体的には、実施例 1 と同じ重量比率で原料を混合して得た抄紙スラリーを、湿式抄紙法により抄紙して、厚さ約 0 . 3 mm の中間層基材シートを得た。得られた中間層基材シートを、実施例 1 等と同様に両面に表面層をそれぞれ貼り合せて、比較例 1 に係る断熱シートを得た。これら実施例 1 ~ 4、比較例 1 に係る断熱シートの、中間層の厚さ、断熱シート全体の厚さ、熱伝導率（厚さ方向及び面方向）を、表 1 に示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

【 表 1 】

シート名	中間層 厚さ[mm]	全体 厚さ[mm]	中間層 熱伝導率(厚さ方向) [W/m・K]	中間層 熱伝導率(面方向) [W/m・K]
実施例 1	0.23	1.54	3	120
実施例 2	0.07	1.41	1.3	80
実施例 3	0.20	1.52	256	256
実施例 4	0.10	1.44	256	256
比較例 1	0.30	1.52	0.18	0.18

10

(2 0 0 表裏温度評価試験)

【 0 0 8 0 】

これらのサンプルを用いて、まずサンプルの表裏温度評価試験を行った。具体的には、図 6 A の側面図に示すように、断熱シート 10 のサンプルの片面にセラミックヒーター HT (坂口電熱社製 MS - 1000) をアルミテープで固定して、ヒーター HT 上面と、ヒーター HT に接している断熱シート 10 の反対面に熱電対 T0、T1、T2、T3 を、図 6 B、図 6 C に示すように取り付けた。この状態で、9.5 W ~ 20 W の出力でヒーター HT を 200 まで昇温した際の、ヒーター温度とシート裏面温度の差より、断熱シート表裏の温度差を測定した。

20

(可撓性試験)

【 0 0 8 1 】

さらに各実施例 1 ~ 4 及び比較例 1 に係る断熱シートについて、可撓性について試験を行った。具体的には、120 mm x 65 mm に切断した断熱シートを、外径 110 mm の紙管の外周に押し当てて、皺又は割れ等の損傷が発生するかを確認し、評価した。評価は以下のとおり 3 段階で記述した。○：発生しない、△：軽微な損傷、×：使用不可となる重大な損傷。これらの結果を、表 2 に示す。

【 0 0 8 2 】

【 表 2 】

シート名	200℃加熱試験 表裏温度差[℃]	巻付け試験
実施例 1	62	○
実施例 2	29	○
実施例 3	81	○
実施例 4	66	○
比較例 1	15	○

30

【 0 0 8 3 】

表 2 に示すように、断熱層のみで構成した比較例 1 と比べ、実施例 1 ~ 4 に示すように熱拡散層を挟むことで断熱性能が向上することが判明した。この理由は、熱拡散層の両面に断熱層を設けたことで、断熱層の一部に熱が集中することを避け、面方向に均一に分散されることで、断熱層の全体で断熱性能が発揮され易くなったものと推察される。

40

【 0 0 8 4 】

また中間層にアルミニウムを用いた実施例 3 は、黒鉛粉を用いた実施例 1、2 に比べて表裏温度差が大きい、いいかえると断熱効果が高くなっていることが判る。さらに実施例 4 も、実施例 3 には劣るものの、高い断熱効果を発揮している。実施例 3、4 のアルミニウムは、厚さ方向と面方向の熱伝導率が同じで、異方性がない一方、実施例 1、2 の黒鉛粉を用いた熱拡散層は、表 1 に示したように面方向の熱伝導率が厚さ方向よりも 40 ~ 6

50

0 倍高い。熱伝導率の異方性が、一見すると断熱性能に貢献しない結果に思われるが、高温度域においては黒鉛の熱伝導率は低下していくため、実際には表 1 の数値以上に実施例 3、4 との性能差があり、熱の面方向への拡散速度も低下していたと考えられる。

(絶縁性試験)

【0085】

次に、絶縁性について試験を行った。ここでは、比較例 1 と実施例 1、2 のサンプルを用いて、体積抵抗率は J I S K 6 9 1 1 (1 9 9 5) 「熱硬化性プラスチック一般試験方法」に準拠し試験を行った(室温、印加電圧 5 0 0 V)。耐電圧 AC は J I S C 2 1 1 0 - 1 「固体電気絶縁材料—絶縁破壊の強さの試験方法—第 1 部：商用周波数交流電圧印加による試験」、耐電圧 DC は J I S C 2 1 1 0 - 2 「固体電気絶縁材料—絶縁破壊の強さの試験方法—第 2 部：直流電圧印可による試験」に準拠し試験を行った(室温、各電圧の印加時間 1 0 0 / 6 0 [V / s e c])。この結果を表 3 に示す。

10

【0086】

【表 3】

シート名	体積低効率 [Ω・cm]	絶縁破壊電圧 AC[kV]	絶縁破壊電圧 DC[kV]
実施例 1	6.93×10^{12}	2.7	4.8
実施例 2	4.82×10^{12}	2.8	4.6
比較例 1	1.01×10^{13}	4.0	7.8

20

【0087】

表 3 に示す通り、実施例 1、2 は導電体である炭素粉を含む中間層を積層しているにも拘らず、体積低効率、絶縁破壊電圧ともに、絶縁体である比較例 1 と遜色ない結果が得られた。

(温度分布測定)

【0088】

次に、温度分布測定を行った。ここでは、比較例 1 と実施例 1 ~ 4 のサンプルを用いて、断熱シート 10 の片面に同じくセラミックヒーター(坂口電熱社製 MS - 1 0 0 0) を取り付け、9 . 5 W (一定) の出力で加熱開始し、1 0 分間サーモグラフィカメラにより、シート全体の温度分布を測定した。サーモグラフィカメラで撮像した写真を、図 7 A ~ 図 1 1 B に示す。これらの図において、図 7 A は実施例 1 のサンプルをヒーター面から、図 7 B は裏面側から、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。また図 8 A は実施例 2 のサンプルをヒーター面から、図 8 B は裏面側から、それぞれサーモグラフィカメラで撮像した写真である。さらに図 9 A は実施例 3 のサンプルのヒーター面、図 9 B は裏面側を、図 1 0 A は実施例 4 のサンプルのヒーター面、図 1 0 B は裏面側を、図 1 1 A は比較例 1 のサンプルのヒーター面、図 1 1 B は裏面側を、それぞれ撮像した写真である。これらの図から、断熱層のみで構成した比較例 1 では、図 1 1 B に示すように裏面側が高温になっているのに対し、熱拡散層の両面を断熱層で被覆した実施例 1 ~ 4 ではいずれも裏面側の温度上昇を抑えられていることが確認された。特に、厚さが相対的に大きい実施例 1 では、薄い実施例 2 に比べて、温度上昇が抑制されると共に、局所的な温度変化も抑制され、面方向に均一な放熱が図られていることが確認された。

30

40

(600 燃焼試験)

【0089】

さらに実施例に係る断熱シートの難燃性を確認すべく、燃焼試験を行った。ここでは比較例 1 と実施例 1 ~ 4 のサンプルに対して、J I S L 1 0 9 1 A - 1 法 (1 9 9 9) 試験 (4 5 ° ミクロバーナー法) に準じた燃焼試験を行った。ただし加熱時間は、1 0 分間、加熱温度は 6 0 0 とした。

【0090】

治具への取り付けは 4 5 ° ミクロバーナー法と同様に、図 1 2 に示すように各サンプル

50

を斜め45°の状態で行具に取り付け、またガスバーナーGBの接炎部とその裏面に熱電対TC1、TC2をそれぞれ取り付けて、ガスバーナーGBの炎を当て、接炎部の熱電対TC1で600となった時点での裏面の熱電対TC2の温度を測定し、その温度差を計算した。

【0091】

さらに、熱電対を取り付けずに行具に取り付けた各サンプルに、10分間ガスバーナーGBの炎を当て、燃焼の有無を観察し、試験後のサンプル両面の状態を撮影し、有機成分が燃焼して白く灰化した部分が見られる場合は、画像処理ソフト「leafareacounter_plus3_3」を使用して面積を測定した。この画像処理ソフトを用いて、灰化面積については、図13Aにおいて赤線で囲むように、燃焼で有機成分がなくなり、無機分だけとなって白く灰化している面積を測定した。同様に炭化面積については、図13Bにおいて赤線で囲むように、灰化面積を含めて黒く焦げた面積を測定した。

10

【0092】

実施例1～4と比較例1との各サンプルの燃焼試験後の写真を、図14A～図18Bにそれぞれ示す。これらの図において、図14Aは実施例1のサンプルの燃焼面、図14Bは裏面の写真、図15Aは実施例2のサンプルの燃焼面、図15Bは裏面の写真、図16Aは実施例3のサンプルの燃焼面、図16Bは裏面の写真、図17Aは実施例4のサンプルの燃焼面、図17Bは裏面の写真、図18Aは比較例1のサンプルの燃焼面、図18Bは裏面の写真を、それぞれ示している。

【0093】

断熱層のみで構成した比較例1では、図18Aに示すように燃焼面の炎に晒されたと思われる部位が、白く灰化した状態が確認される。これは、有機成分が燃焼して無機成分のみがスポット状に残った状態となったものと推察される。また裏面側においても、図18Bに示すように対応する部位で同様に白っぽく灰化した状態が確認された。同じく有機成分が燃焼して無機成分のみがスポット状に残った状態となっているものと考えられる。

20

【0094】

一方で黒鉛紛の熱拡散層で被覆した実施例1、2ではいずれも燃焼面では燃焼した様子が確認されず、図14A、図15Aに示すように若干焦げたような黒い煤状が確認された。また裏面側においても、実施例1では図14Bに示すように若干のしわの発生が確認されるに留まっている。これは、接着材の樹脂が熱で軟化してしわが発生したためと思われる。

30

【0095】

また実施例2でも図15Bに示すように、しわの発生が確認されるものの、燃焼の様子は確認されなかった。このように、実施例1、2においては、表面側を炎に晒しても、裏面側への熱伝導が抑制されていることが確認された。

【0096】

実施例3、4においては、燃焼面の炎に晒されたと思われる部位に、わずかながら灰化した部分の確認されたが、裏面には灰化が確認されず、裏面側への熱伝導が抑制されていることが確認された。

【0097】

これらの試験結果をまとめたものを表4に示す。このように、実施例1～4においては、比較例1に比べて難燃性に優れることが確認された。

40

【0098】

50

【表 4】

シート名	600℃ 加熱試験 表裏温度差[℃]	燃焼試験 灰化面積		燃焼試験 炭化面積	
		燃焼面[mm ²]	裏面[mm ²]	燃焼面[mm ²]	裏面[mm ²]
実施例 1	336	456	0	2475	1068
実施例 2	271	885	140	2854	2214
実施例 3	419	487	0	2756	0
実施例 4	406	899	0	3028	0
比較例 1	215	1153	694	2962	2753

10

(実施例 5)

【 0 0 9 9 】

実施例 5 の表面層として、厚さを 0 . 3 0 mm とした以外は実施例 1 と同様に抄紙を行い、表面層基材シートを得た。得られた表面層基材シートを用いて、実施例 1 と同様の中間層基材シートの両面に積層し、実施例 1 と同様に貼り合せて、実施例 5 に係る断熱シートを得た。

(実施例 6)

【 0 1 0 0 】

実施例 6 の表面層を作成するため、まず離解させた天然パルプを準備し、マイクロガラス、チョップドガラス、合成シリカ及び珪藻土を均一に分散させた。これにゴム系樹脂を加え、湿式抄紙法で抄紙して、厚さ約 0 . 8 0 mm の表面層基材シートを得た。このシートの熱伝導率（厚さ方向）は 0 . 0 8 W / m · K、熱伝導率（面方向）は 0 . 0 8 W / m · K であった。得られた表面層基材シートを用いて、実施例 1 と同様の中間層基材シートの両面に積層し、実施例 1 と同様に貼り合せて、実施例 6 に係る断熱シートを得た。

20

(比較例 2)

【 0 1 0 1 】

比較例 2 の表面層として、厚さ 0 . 0 3 mm の P E T フィルムを用いて、実施例 1 と同様の中間層基材シートの両面に積層し、実施例 1 と同様に貼り合せて、比較例 2 に係る断熱シートを得た。

(平滑度)

【 0 1 0 2 】

実施例 1、5、6 及び比較例 2 の各サンプルに対して、平滑度を測定した。ここでは、J I S P 8 1 1 9 (1 9 9 8) 準拠のデジバック平滑度試験機（東洋精機製作所製 D B - 2 型）を使用した。真空容器容積は 3 8 0 m L であり、上記 J I S 規格の 8 . e) に従って、試験開始圧力は 5 0 . 7 K P a、試験終了圧力は 2 9 . 3 K P a とした。なお上記 J I S 規格によれば、標準の試験開始圧力は 5 0 . 7 K P a、試験終了圧力は 4 8 . 0 K P a であるが、この条件では測定時間が 1 5 秒より短かったため、試験終了圧力をより低い値に変更して試験を行っている。この結果を表 4 に示す。なお、比較例 2 は極めて平滑性が高かったため、測定値が 3 0 0 0 s e c の時点で測定を中止した。

30

(バブルポイント試験及び細孔径)

【 0 1 0 3 】

実施例 1、5、6 及び比較例 2 において、中間層と貼り合わせる前の表面層基材シートのバブルポイント値を J I S K 3 8 3 2 (1 9 9 0) に準じて測定し、細孔径を計算した。具体的には、4 c m × 4 c m に切断した表面層のサンプルを、表面張力が 1 6 m N / m のフロリナート F C - 4 0 からなる試験液に浸漬して、完全に試験液が充填されたサンプルをパームポロメーター C F P - 1 1 0 0 A E (P o r o u s e M a t e r i a l s I n c . 製) に取り付けて測定を行った。得られたバブルポイント値から下記の式によって細孔径 d [μ m] を算出した。この結果を表 4 に示す。なお、比較例 2 は極めて細孔径が小さく、測定下限値を下回り測定不可能であった。

40

$$d = (2 . 8 6 \times) / P (\quad : \text{試験液の表面張力、} P : \text{バブルポイント値 [k P a] })$$

50

(透気抵抗度試験)

【0104】

同じく、実施例1、5、6及び比較例2において、中間層と貼り合わせる前の表面層基材シートの透気抵抗度を、JIS P 8117(2009)試験に準拠したガーレー標準形デンソメータを用いて測定した。この結果を表4に示す。なお、比較例2は極めて透気抵抗度が高く、測定値が6000sec/mlの時点で測定を中止した。

(圧縮復元率)

同じく、実施例1、5、6及び比較例2について、中間層と貼り合わせる前の表面層基材シートの圧力が100kPa時の圧縮率を測定した。測定器にはインストロン社の万能材料試験機5985型を用いた。荷重面積を50mm²として、速度0.1mm/minで圧縮し、圧力が100kPaに達した時点での変位を測定し、シートの初期厚みに対する百分率を計算した。この結果を表4に示す。

(600 絶縁保持試験)

45°マイクロバーナ法に準じて実施例1、5、6及び比較例2のサンプルを固定し、接炎部に熱電対TC1を取り付けて、ガスバーナーGBの炎を当て、接炎部の熱電対TC1で600となるよう10分間加熱した後バーナーを消火した。サンプルを治具に付けたまま放冷して熱電対TC1を取り外し、接炎部と裏面にデジタルテスターTST-KJ830(オーム電機製)の電極を当て、導通するか確認した。この結果を表5に示す。(: 導通なし、x : 導通あり)

【0105】

【表5】

サンプル名	平滑度 [sec]	表面層 細孔径 [μm]	表面層 透気抵抗度 [sec/100ml]	表面層 100kPa 時圧縮率 [%]	600℃絶縁保 持試験
実施例1	46.8	8.4	30	13	○
実施例5	108.4	8.5	23	26	○
実施例6	24.8	6.7	12	18	○
比較例2	>3000 (測定不可)	<0.1 (測定不可)	>6000 (測定不可)	0.3	x

【0106】

この結果に示す通り、実施例1、5、6いずれも600 加熱後も絶縁性を維持しており、耐熱性が確認された。また実施例の細孔径が小さく、粉落ちしない層状であるといえる。特に、電源装置のような振動に晒される環境下では、粉落ちしない特性は重要であり、各実施例に係る断熱層を表面層として用いることでより安定して信頼性高く断熱シートを使用できることが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0107】

本発明の断熱シートは、二次電池セル同士の間介在される断熱用のスペーサや、防爆弁とガスダクトの間介在される緩衝シート、あるいはECU等の駆動回路を保護する断熱材等に好適に利用できる。また断熱シートを用いた電源装置は、モバイル電子機器、電池駆動のモータで駆動される動力機器、電気自動車やハイブリッド車等の電動車両、アシスト自転車や電動スクーター等の電動二輪車、電動ゴルフカートやドローン、電力貯蔵システム等に好適に利用できる。

【符号の説明】

【0108】

100...電源装置

1...二次電池セル

2...側板

10、10X...断熱シート

10

20

30

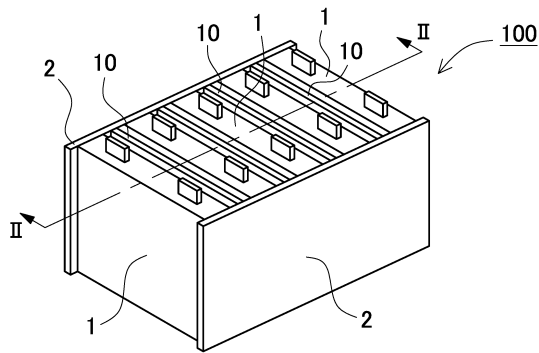
40

50

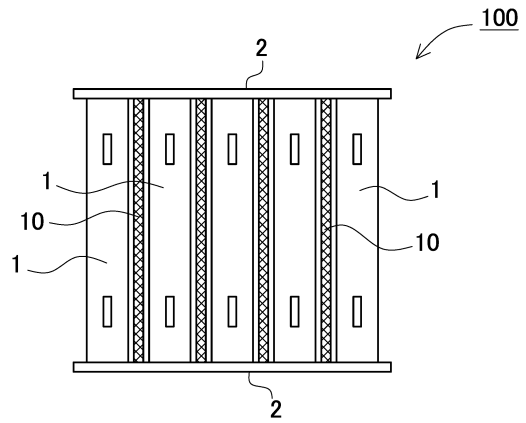
- 1 1 ... 中間層
- 1 2 ... 表面層
- 9 2 ... 熱伝導シート
- 9 3 ... 第 1 の絶縁シート
- 9 4 ... 第 2 の絶縁シート
- 9 5 ... 断熱層
- H S ... ホットスポット
- H T ... ヒーター
- T 0、T 1、T 2、T 3、T C 1、T C 2 ... 熱電対
- G B ... ガスパナー

【図面】

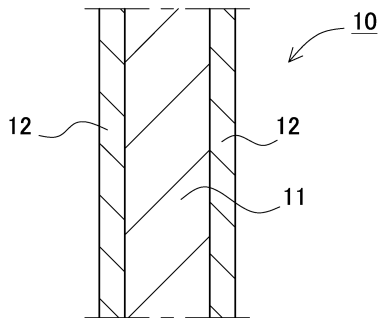
【図 1】



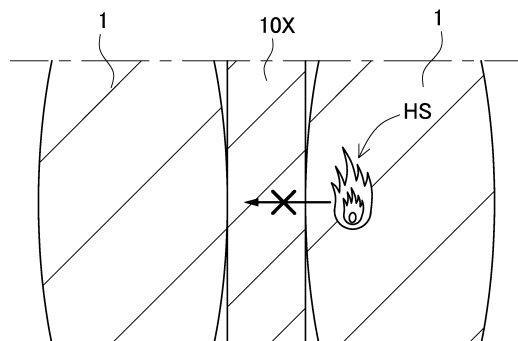
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

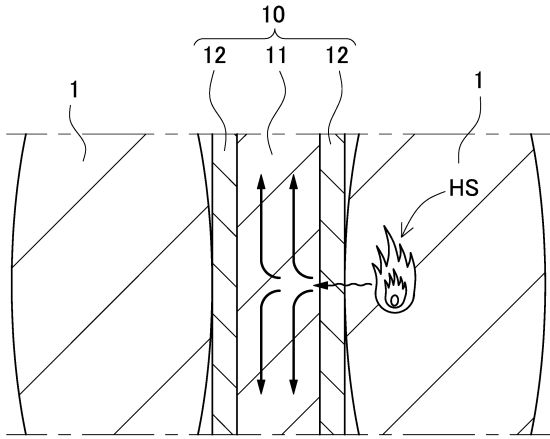
20

30

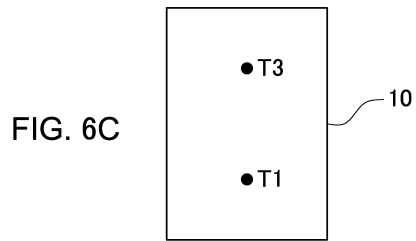
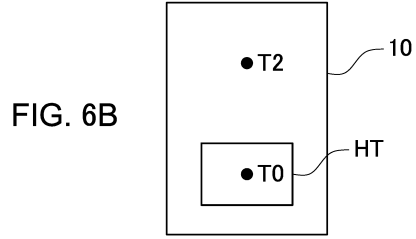
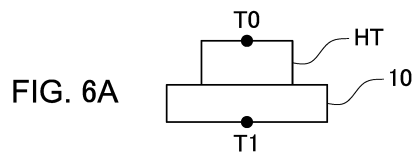
40

50

【図 5】



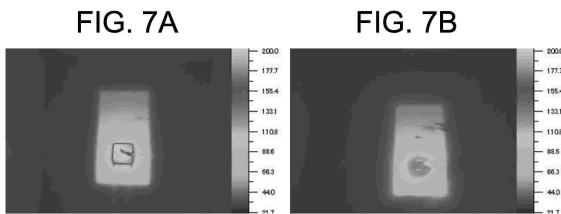
【図 6】



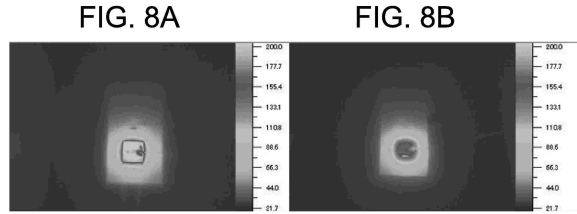
10

20

【図 7】



【図 8】

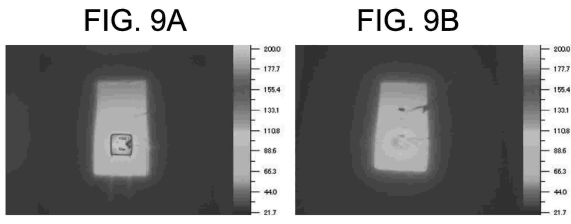


30

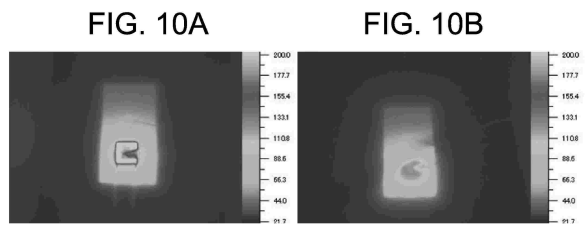
40

50

【 図 9 】

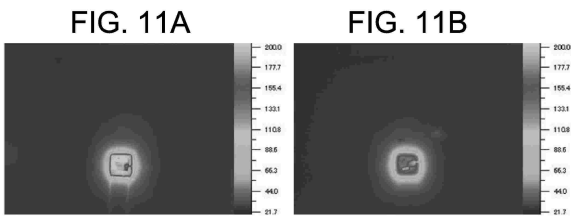


【 図 1 0 】

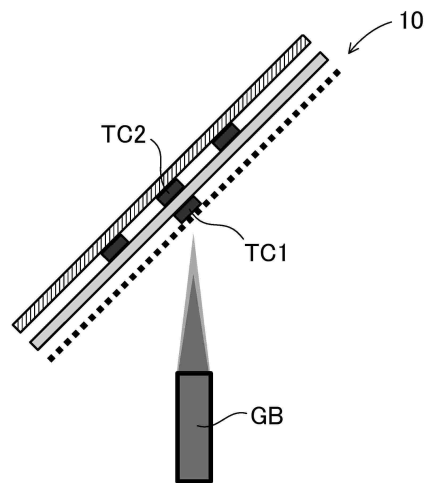


10

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



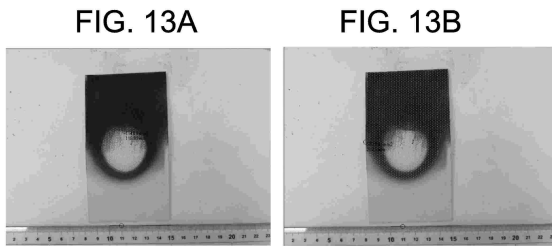
20

30

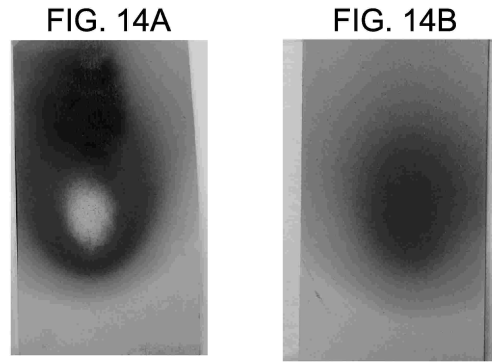
40

50

【 13 】

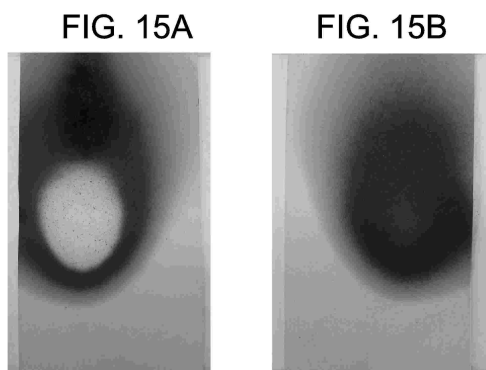


【 14 】

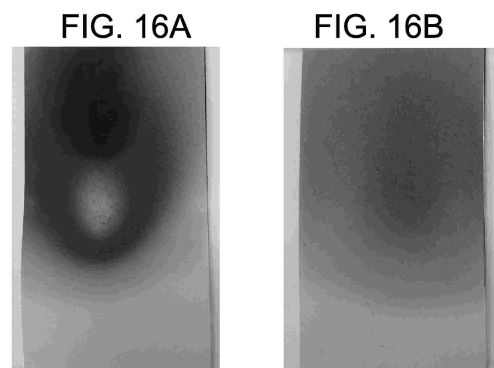


10

【 15 】



【 16 】



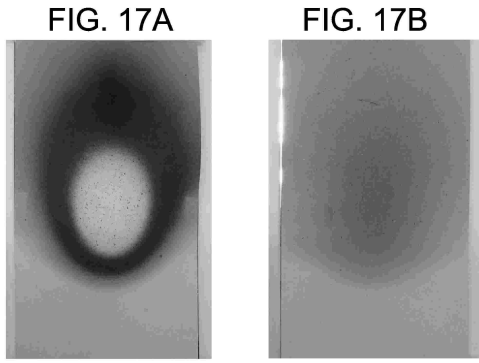
20

30

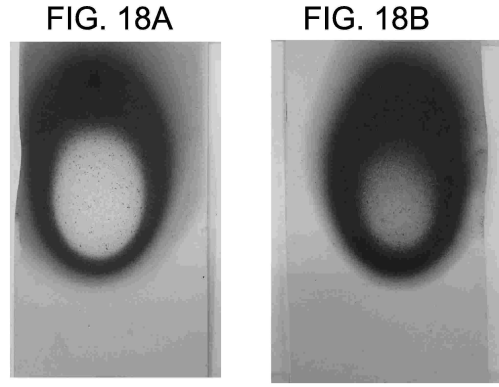
40

50

【 17 】

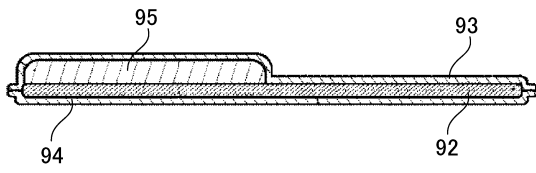


【 18 】



10

【 19 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-108617(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0034959(US,A1)
国際公開第2016/017670(WO,A1)
特開2019-147357(JP,A)
特表2015-532778(JP,A)
特開2021-99940(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F16L 59/02
H01M 10/658
H01M 10/625
H01M 10/651