

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6911700号
(P6911700)

(45) 発行日 令和3年7月28日(2021.7.28)

(24) 登録日 令和3年7月12日(2021.7.12)

(51) Int. Cl. F 1
HO 1 M 4/13 (2010.01) HO 1 M 4/13
HO 1 M 4/66 (2006.01) HO 1 M 4/66 A

請求項の数 4 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-205021 (P2017-205021)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成29年10月24日(2017.10.24)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2019-79666 (P2019-79666A)	(74) 代理人	110001195 特許業務法人深見特許事務所
(43) 公開日	令和1年5月23日(2019.5.23)	(72) 発明者	部田 浩司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	令和2年2月26日(2020.2.26)	(72) 発明者	高橋 慶一 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		(72) 発明者	福本 友祐 大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電極群

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電極合材層、

中間層、および

電極集電体、を少なくとも含み、

前記中間層は、前記電極合材層および前記電極集電体の間に配置されており、

前記中間層は、発泡性フィラー、樹脂、および導電材を少なくとも含み、

前記発泡性フィラーは、リン酸アルミニウム、ポリリン酸アンモニウムおよびポリリン酸メラミンからなる群より選択される少なくとも1種であり、

前記樹脂は、ポリアミドイミド、ポリテトラフルオロエチレン、およびポリアミドからなる群より選択される少なくとも1種であり、

前記発泡性フィラーの量(質量%)を前記樹脂の量(質量%)で除した値が、1.1以上2.8以下であり、

前記発泡性フィラーの量(質量%)を前記導電材の量(質量%)で除した値が、8以上14以下であり、

前記中間層の厚さが、2 μm以上7 μm以下である、

電極群。

【請求項2】

前記発泡性フィラーは、発泡によりガスを排出し始める温度である分解開始温度が280以上であり、発泡によりガスを排出し終える温度である分解終了温度が800以上

10

20

である、請求項 1 に記載の電極群。

【請求項 3】

前記中間層は、アルミナ、ベーマイト、チタニア、チタン酸リチウム、およびニッケルコバルトマンガン酸リチウム(NCM)からなる群より選択される少なくとも 1 種のフィラーを更に含む、請求項 1 または請求項 2 に記載の電極群。

【請求項 4】

前記中間層は、その厚さが 2 μm 以上 6 μm 以下である、請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電極群。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本開示は、非水電解質二次電池に関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2016 - 072221 号公報(特許文献 1)は、電極合材層および電極集電体の間に中間層を形成することを開示している。なお、本明細書の「電極合材層」とは、正極合材層および負極合材層の総称であり、正極合材層を意味する場合、負極合材層を意味する場合、あるいは正極合材層および負極合材層の両方を意味する場合がある。また、本明細書の「電極集電体」とは、正極集電体および負極集電体の総称であり、正極集電体を意味する場合、負極集電体を意味する場合、あるいは正極集電体および負極集電体の両方を意味する場合がある。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2016 - 072221 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の通り、電極合材層および電極集電体の間に中間層を形成することが検討されている。たとえば、絶縁性粒子および導電性粒子を含む中間層を形成することが考えられる。絶縁性粒子は、たとえばセラミック粒子等であり得る。導電性粒子は、たとえばカーボンブラック等であり得る。絶縁性粒子および導電性粒子を含む中間層には、内部短絡発生時に電池温度の上昇を抑制する作用が期待される。

30

【0005】

特許文献 1 における中間層に含まれる絶縁性粒子は、たとえば窒化アルミニウム等の無機化合物が主体である。係る絶縁性粒子を含む中間層は脆く、釘刺し時の衝撃に対して弱い傾向がある。したがって、中間層の膜厚を適切な厚さに調整する必要があると考えられる。中間層の膜厚が薄ければ、たとえば釘刺し時において、電極集電体が電極合材層内に露出する可能性がある。係る場合、低抵抗な短絡が発生し、電池が熱暴走するものと考えられる。加えて、中間層の膜厚を薄くすれば、中間層の抵抗値を十分大きくできず(すなわち、電極の抵抗値を十分大きくできず)、釘刺し等で短絡が発生した際に、電極集電体(電極芯材)の溶断に時間を要し、長時間短絡が継続する可能性がある。そのため、電池の発熱が大きくなり、安全性が不十分となるおそれがある。中間層の膜厚を厚くすれば、高エネルギー密度を有する電極板を得られないおそれがある。

40

【0006】

本開示の目的は、釘刺し時における電池温度上昇が抑制された非水電解質二次電池を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

以下、本開示の技術的構成および作用効果が説明される。ただし本開示の作用メカニズ

50

ムは推定を含んでいる。作用メカニズムの正否により特許請求の範囲が限定されるべきではない。

【 0 0 0 8 】

〔 1 〕非水電解質二次電池は、中間層、および電極集電体を少なくとも含む。中間層は、電極合材層および電極集電体の間に配置されている。中間層は、発泡性フィラー、樹脂、および導電材を少なくとも含む。発泡性フィラーの量（質量％）を、樹脂の量で除した値は、1.1以上2.8以下である。発泡性フィラーの量（質量％）を導電材の量（質量％）で除した値は、8以上14以下である。中間層の厚さは、2 μm以上7 μm以下である。

【 0 0 0 9 】

図1は、本開示の作用メカニズムを説明するための第1断面概念図である。

図1には、正極の一部の厚さ方向断面が示されている。図1には、中間層10が示されている。電池1000は、正極合材層102（電極合材層）、中間層10および正極集電体101（電極集電体）を少なくとも含む。中間層10は、正極合材層102および正極集電体101の間に配置されている。中間層10は、発泡性フィラー11、樹脂12、および導電材13を少なくとも含む。なお、本明細書において「発泡性フィラー」とは、加熱により体積膨張し、ガスを排出するフィラーを意味する。なお、図1においては、中間層10が正極合材層102および正極集電体101の間に配置されている例を示したが、中間層10は負極合材層202および負極集電体201の間に配置されてもよい。

【 0 0 1 0 】

図2は、本開示の作用メカニズムを説明するための第2断面概念図である。

図2には、釘刺しが発生した際の、非水電解質二次電池（以下、単に「電池」とも記される）の一部が示されている。図2においては、中間層10は正極集電体101表面の片面に形成されている。

【 0 0 1 1 】

一般的に、釘刺しが発生した際には、低抵抗体である釘を介して正極と負極とが低抵抗で短絡し、大きなジュール熱が発生する。係るジュール熱により釘周辺のセパレータが溶けて正・負極合材層が接触して、より大きな短絡電流が継続して流れて発熱し、熱暴走に至る。また、釘を介した短絡だけでなく、正極（負極）集電体が負極（正極）合材層と直接接触すると、低抵抗な短絡が発生し、熱暴走に至る。なお、ジュール熱とは、抵抗のある導体（たとえば、電極）に電流が流れた際に発生する熱のことであり、その熱量は、流れる電流の二乗と導体の抵抗と電流の流れた時間との積に比例する。すなわち、導体の抵抗が大きくなれば、ジュール熱も大きくなる。

【 0 0 1 2 】

図2に示すように、釘700が本開示に係る電池1000に刺さった場合、以下の事象（1）～（4）が発生すると考えられる。これらの事象が相互作用することにより、釘刺し時における電池温度上昇が抑制されるものと期待される。

（1）釘700が電池1000に刺さることにより一部で短絡が発生し、電池1000内において、ジュール熱により温度が局所的に上昇する（たとえば、400以上800未満）。

（2）電池内において温度が局所的に上昇することにより、発泡性フィラー11が発泡し、不活性ガス（たとえば、五酸化リンや窒素）が排出される。係るガスは、樹脂層12に取り込まれ、樹脂12の伸張性の向上に寄与すると考えられる。発泡性フィラー11は、発泡後においても中間層10に無機フィラーとして残存し、正極100の絶縁性に寄与すると考えられる。

（3）伸張性が向上された樹脂12により、図2に示すように中間層10は正極集電体101と強固に接着しつつ、釘700の周囲に存在し続けることが期待される。これにより、正極100と負極200とが低抵抗で短絡することを防ぐことが期待される。また、セパレータ300が溶けて正極集電体101が負極合材層202と直接接触しにくくなることが期待される。

10

20

30

40

50

(4) 仮に樹脂12が、図2に示すように釘700の周囲に存在し続けたとしても、電池1000内の一部で短絡は生じているものと考えられる。本開示に係る正極100は、発泡性フィラー11を含む中間層10を備えている。そのため、正極100の抵抗は高いと考えられる。したがって、正極100において短絡により発生するジュール熱は、大きいものと考えられる。発生するジュール熱が大きいため、正極集電体101が短時間で溶断され、短絡が短時間で終了すると考えられる。これにより、電池1000の総発熱量を低減すること(すなわち、電池温度上昇を抑制すること)が期待される。

【0013】

(2) 発泡性フィラーの分解開始温度は、280以上であり、分解終了温度は800以上であってもよい。このような発泡性フィラー11を用いた場合、釘刺し時において樹脂12の伸張性を向上させつつ、発泡によりガスを排出した発泡性フィラー11が無機フィラーとして中間層10に残存し、正極100の絶縁性に寄与すると考えられる。したがって、釘刺し時における電池温度上昇の抑制が顕著に達成されるものと期待される。

10

【0014】

(3) 発泡性フィラーは、リン酸アルミニウム、ポリリン酸アンモニウムおよびポリリン酸メラミンからなる群より選択される少なくとも1種であってもよい。このような発泡性フィラーを用いた場合、排出されるガスにより樹脂12の伸張性が向上され、釘刺し時における電池温度上昇の抑制が顕著に達成されるものと期待される。

【0015】

(4) 樹脂は、ポリアミドイミド、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、およびポリアミドからなる群より選択される少なくとも1種であってもよい。これらの樹脂は良好な伸張性を有しているため、釘刺し時における電池温度上昇の抑制が顕著に達成されるものと期待される。

20

【0016】

(5) 中間層は、アルミナ、ベーマイト、チタニア、チタン酸リチウム、およびニッケルコバルトマンガン酸リチウム(NCM)からなる群より選択される少なくとも1種のフィラーを更に含んでもよい。これらのフィラーを更に含むことにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制が顕著に達成されるものと期待される。

【0017】

(6) 中間層の厚さは、2 μ m以上6 μ m以下であることが好ましい。中間層の厚さをこのような値とすることにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に加え、電池抵抗の上昇も抑制され得ると期待される。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、本開示の作用メカニズムを説明するための第1断面概念図である。

【図2】図2は、本開示の作用メカニズムを説明するための第2断面概念図である。

【図3】図3は、本実施形態の非水電解質二次電池の構成の一例を示す概略図である。

【図4】図4は、本実施形態の電極群の構成の一例を示す概略図である。

【図5】図5は、本実施形態の正極の構成の一例を示す概略図である。

【図6】図6は、本実施形態の負極の構成の一例を示す概略図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本開示の実施形態(本明細書では「本実施形態」と記される)が説明される。ただし以下の説明は特許請求の範囲を限定するものではない。

【0020】

以下、一例としてリチウムイオン二次電池が説明される。ただし本実施形態の非水電解質二次電池はリチウムイオン二次電池に限定されるべきではない。本実施形態の非水電解質二次電池は、たとえばナトリウムイオン二次電池等であってもよい。

【0021】

以下、非水電解質二次電池の一例として中間層10が正極合材層102および正極集電

50

体101の間に配置されている実施形態が説明される。ただし本実施形態は、中間層10が負極合材層202および負極集電体201の間に配置されている実施形態も含む。すなわち本実施形態の中間層は、電極合材層および電極集電体の間に配置されている。

【0022】

<非水電解質二次電池>

図3は、本実施形態の非水電解質二次電池の構成の一例を示す概略図である。

電池1000の外形は、円筒形である。すなわち電池1000は円筒形電池である。ただし本実施形態の電池は円筒形電池に限定されるべきではない。本実施形態の電池は、たとえば角形電池であってもよい。

【0023】

《筐体》

電池1000は筐体1001を含む。筐体1001は密閉されている。筐体1001は、たとえばアルミニウム(A1)合金等により構成され得る。ただし筐体1001が密閉され得る限り、たとえばA1ラミネートフィルム製のパウチ等であってもよい。すなわち本実施形態の電池はラミネート型電池であってもよい。筐体1001は、たとえば、電流遮断機構(CID)、注液孔、ガス排出弁等(いずれも図示せず)を備えていてもよい。

【0024】

《電極群》

図4は、本実施形態の電極群の構成の一例を示す概略図である。

電極群500は巻回型である。すなわち電極群500は、正極100、セパレータ300、負極200およびセパレータ300がこの順序で積層され、さらにこれらが渦巻状に巻回されることにより形成されている。ただし本実施形態の電極群は巻回型に限定されるべきではない。本実施形態の電極群は積層(スタック)型であってもよい。積層型の電極群は、たとえば、正極100および負極200の間にセパレータ300が挟まれつつ、正極100および負極200が交互に積層されることにより形成され得る。

【0025】

《正極》

図5は、本実施形態の正極の構成の一例を示す概略図である。

電池1000は正極100(電極)を少なくとも含む。正極100は帯状のシートである。正極100は、正極合材層102および正極集電体101を含む。図5では図示されていないが、正極合材層102および正極集電体101の間には、中間層10(図1)が配置されている。すなわち電池1000は、正極合材層102(電極合材層)、中間層10および正極集電体101(電極集電体)を少なくとも含む。

【0026】

正極100は、たとえば200・cm以上350・cm以下の抵抗値を有してもよいし、202・cm以上327・cm以下の抵抗値を有してもよい。正極100の抵抗値をこのような値とすることにより、釘刺しにより正極と負極との短絡が生じた際、正極100において短絡により発生するジュール熱を大きくすることができる。係るジュール熱により、正極集電体101が短時間で溶断され、短絡が短時間で終了すると考えられる。これにより、電池1000の総発熱量を低減すること(すなわち、電池温度上昇を抑制すること)が期待される。

【0027】

《中間層》

図1に示されるように、中間層10は、正極合材層102および正極集電体101の間に配置されている。中間層10は正極集電体101の表面に形成されていてもよい。中間層10は正極集電体101の表裏両面に形成されていてもよい。

【0028】

中間層10は、発泡性フィラー11、樹脂12、および導電材13を少なくとも含む。中間層10に含まれる、発泡性フィラー11、樹脂12、および導電材13の構成比率は、以下の条件(1)および(2)を満たす。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

(1) 中間層 1 0 に含まれる、発泡性フィラー 1 1 の量 A (質量 %) を樹脂 1 2 の量 C (質量 %) で除した値 (以下、単に「 A / C 」とも記される) は、 1 . 1 以上 2 . 8 以下であり、

(2) 中間層 1 0 に含まれる、発泡性フィラー 1 1 の量 A (質量 %) を導電材 1 3 の量 D (質量 %) で除した値 (以下、単に「 A / D 」とも記される) は、 8 以上 1 4 以下である。

【 0 0 3 0 】

中間層 1 0 において「 A / C 」が 1 . 1 未満の場合、中間層 1 0 に含まれる発泡性フィラー 1 1 の量が、樹脂 1 2 の量に対して不足していると考えられる。そのため、正極 1 0 0 の抵抗値を十分大きく保つことが困難になるものと考えられる。したがって、釘刺し時において、正極 1 0 0 において発生するジュール熱は、小さいものと考えられる。発生するジュール熱が小さいため、正極集電体 1 0 1 の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなると考えられる。これにより、電池 1 0 0 0 の総発熱量の低減に改善の余地が生じる (すなわち、電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じる) と考えられる。

10

【 0 0 3 1 】

中間層 1 0 において「 A / C 」が 2 . 8 を超える場合、中間層 1 0 に含まれる樹脂 1 2 の量が、発泡性フィラー 1 1 の量に対して不足していると考えられる。そのため、中間層 1 0 の伸張性が不足し、中間層 1 0 が正極集電体 1 0 1 と強固に接着するが、釘 7 0 0 の周囲を取り囲むことが不十分となると考えられる。したがって、正極 1 0 0 と負極 2 0 0 とが低抵抗で短絡すること、および、正極集電体 1 0 1 が負極合材層 2 0 2 と直接接触することを防止することが不十分となり、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じるものと考えられる。

20

【 0 0 3 2 】

中間層 1 0 において「 A / D 」が 8 未満の場合、中間層 1 0 に含まれる発泡性フィラー 1 1 の量が、導電材 1 3 の量に対して不足していると考えられる。そのため、正極 1 0 0 の抵抗値を十分大きく保つことが困難になるものと考えられる。したがって、釘刺し時において、正極 1 0 0 において発生するジュール熱は、小さいものと考えられる。発生するジュール熱が小さいため、正極集電体 1 0 1 の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなると考えられる。これにより、電池 1 0 0 0 の総発熱量の低減に改善の余地が生じる (すなわち、電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じる) と考えられる。

30

【 0 0 3 3 】

中間層 1 0 において「 A / D 」が 1 4 を超える場合、中間層 1 0 に含まれる導電材 1 3 の量が、発泡性フィラー 1 1 の量に対して不足していると考えられる。そのため、電池抵抗が上昇する可能性がある。

【 0 0 3 4 】

中間層 1 0 は、上記「 A / C 」および「 A / D 」を満たすことを前提に、たとえば 4 0 質量 % 以上 7 0 質量 % 以下の発泡性フィラー 1 1、2 5 質量 % 以上 4 5 質量 % 以下の樹脂 1 2、および 1 0 質量 % 以下 (好ましくは 1 質量 % 以上 5 質量 % 以下) の導電材 1 3 を含んでもよい。

40

【 0 0 3 5 】

中間層 1 0 は、2 μ m 以上 7 μ m 以下の厚さを有し、2 μ m 以上 6 μ m 以下の厚さを有することが好ましい。中間層 1 0 の厚さが 2 μ m 未満の場合、正極 1 0 0 の抵抗値を十分大きく保つことが、困難になるものと考えられる。そのため、釘刺し時において、電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じるものと考えられる。中間層 1 0 の厚さが 7 μ m を超える場合、電池抵抗が上昇する可能性がある。中間層 1 0 の厚さが 6 μ m 以下の場合、電池抵抗の上昇も抑制され得ると期待される。

【 0 0 3 6 】

本明細書において「層の厚さ」は、層の厚さ方向断面の電子顕微鏡 (S E M) 画像において測定され得る。S E M 撮像用の断面試料には、たとえば集束イオンビーム (F I B)

50

加工等が施されてもよい。層の厚さは少なくとも3箇所測定され得る。少なくとも3箇所の厚さの算術平均が層の厚さとされ得る。測定箇所の間隔は均等であることが望ましい。測定箇所は、それぞれ10mm以上離れていることが望ましい。

【0037】

中間層10は、たとえば引張破断伸びが400%以上であってもよいし、405%以上であってもよい。中間層10の引張破断伸びをこのような値とすることにより、釘刺し時において、図2に示すように釘700の周囲が中間層10により囲まれると期待される。引張破断伸びとは、試料(中間層10)が破断せずにどこまで伸びることができるかを表すものである。中間層10の引張破断伸びは、たとえば後述する測定方法にて測定される。

10

【0038】

(発泡性フィラー)

発泡性フィラー11は、たとえば釘刺し時において発泡し、不活性ガス(たとえば、五酸化リン)を排出する。係るガスは、樹脂層12に取り込まれ、樹脂12の伸張性の向上に寄与すると考えられる。発泡性フィラー11は、発泡後においても無機フィラーとして中間層10に残存し、正極100の絶縁性に寄与すると考えられる。すなわち、発泡性フィラー11は、正極100の抵抗値を十分大きく保ち、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に寄与するものと考えられる。

【0039】

発泡性フィラー11の分解開始温度は、望ましくは280以上であり、分解終了温度は800以上であることが望ましい。発泡性フィラーの分解温度が280未満であると、樹脂12の伸張性が劣る場合があり、短絡抵抗が下がり、釘刺し時の電池温度が高くなり得る。発泡性フィラーの分解終了温度が800未満であると、釘刺し時に電池内の温度上昇により発泡性フィラー11が全て分解し、急激なガス発生などが起こると、樹脂の伸張性が不足したり、発泡後に無機フィラーとして残存せず、溶断が起こりにくくなる可能性がある。

20

【0040】

発泡性フィラー11は、上述のとおり分解開始温度が280以上であり、分解終了温度が800以上であることが望ましい。発泡性フィラー11は、リン酸アルミニウム(分解開始温度380、分解終了温度>800)、ポリリン酸アンモニウム(分解開始温度280、分解終了温度>800)、ポリリン酸メラミン(分解開始温度350、分解終了温度>800)からなる群より選択される少なくとも1種であることが望ましい。これらの発泡性フィラーは単独で使用されてもよいし、2種以上の発泡性フィラーが組み合わせられて使用されてもよい。たとえばリン酸アルミニウムは、分解開始温度に達した際には五酸化リンを排出する。排出された五酸化リンは樹脂12に取り込まれ、樹脂12の伸張性を向上させると考えられる。加えて、リン酸アルミニウムは五酸化リンを排出した後は酸化アルミニウム(無機フィラー)として中間層10に残存し、正極100の絶縁性に寄与すると期待される。

30

【0041】

発泡性フィラー11は、たとえば1μm以下のd90を有してもよいし、0.5μm以下のd50を有してもよい。本明細書の「d90」および「d50」は、レーザ回折散乱法によって測定され得る。d90は、体積基準の粒度分布において微粒側からの累積粒子体積が全粒子体積の90%になる粒径を示す。d50は、体積基準の粒度分布において微粒側からの累積粒子体積が全粒子体積の50%になる粒径を示す。

40

【0042】

(樹脂)

中間層10は、樹脂12を含む。樹脂12は、発泡性フィラー11と導電材13とを結着すると共に、集電体101に対して接着するバインダとして機能し得る。樹脂12は、ポリアミドイミド、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、およびポリアミドからなる群より選択される少なくとも1種であることが望ましい。これらの樹脂(バインダ)は

50

単独で使用されてもよいし、2種以上の樹脂（バインダ）が組み合わせられて使用されてもよい。樹脂12の融点は、たとえば200以上であってもよく、275以上であってもよい。樹脂12は、たとえば融点が200以上であれば、上記以外の樹脂を用いてもよく、たとえばポリフッ化ビニリデン（PVdF）等の、正極合材層102に用いられるバインダを用いてもよい。

【0043】

（導電材）

中間層10は、導電材13を含む。導電材13は、たとえばアセチレンブラック（AB）、ファースブラック、気相成長炭素繊維（VGCf）、黒鉛等であってもよい。これらの導電材は単独で使用されてもよいし、2種以上の導電材が組み合わせられて使用されてもよい。

10

【0044】

（その他の成分）

中間層10は、アルミナ、ベーマイト、チタニア、チタン酸リチウム、およびニッケルコバルトマンガン酸リチウム（NCM）からなる群より選択される少なくとも1種のフィラーを更に含んでもよい。これらのフィラーは単独で使用されてもよいし、2種以上のフィラーが組み合わせられて使用されてもよい。

【0045】

（正極合材層）

正極合材層102は、中間層10の表面に形成されている。正極合材層102は、たとえば10 μm 以上200 μm 以下の厚さを有してもよい。正極合材層102は、正極活物質粒子を少なくとも含む。正極合材層102は、たとえば80質量%以上98質量%以下の正極活物質粒子、1質量%以上10質量%以下の導電性粒子、および1質量%以上10質量%以下のバインダを含んでもよい。正極活物質粒子は、たとえば1 μm 以上30 μm 以下のd50を有してもよい。

20

【0046】

正極活物質粒子は、電荷担体（本実施形態ではリチウムイオン）を電気化学的に吸蔵し、放出する。正極活物質粒子は特に限定されるべきではない。正極活物質粒子は、たとえば、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMnO_2 、 LiMn_2O_4 、 $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ 、 $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Mn}_{0.05}\text{O}_2$ 、 LiFePO_4 等であってもよい。1種の正極活物質粒子が単独で使用されてもよい。2種以上の正極活物質粒子が組み合わせられて使用されてもよい。導電性粒子は特に限定されるべきではない。導電性粒子は、たとえばAB等であってもよい。バインダも特に限定されるべきではない。バインダは、たとえばポリフッ化ビニリデン（PVdF）等であってもよい。

30

【0047】

（正極集電体）

正極集電体101は、導電性を有する電極基材である。正極集電体101は、たとえば5 μm 以上50 μm 以下の厚さを有してもよい。正極集電体101は、たとえば、純Al箔、Al合金箔等であってもよい。

【0048】

《負極》

図6は、本実施形態の負極の構成の一例を示す概略図である。電池1000は負極200（電極）を少なくとも含む。負極200は帯状のシートである。負極200は、負極合材層202（電極合材層）および負極集電体201（電極集電体）を含む。負極合材層202および負極集電体201の間に、前述の中間層10がさらに配置されていてもよい。すなわち本実施形態では、正極100および負極200の少なくとも一方が中間層10を含む。

40

【0049】

（負極合材層）

負極合材層202は負極集電体201の表面に形成されている。負極合材層202は負

50

極集電体 201 の表裏両面に形成されていてもよい。負極合材層 202 は、たとえば 10 μm 以上 200 μm 以下の厚さを有してもよい。負極合材層 202 は、負極活物質粒子を少なくとも含む。負極合材層 202 は、たとえば 90 質量% 以上 99 質量% 以下の負極活物質粒子、および 1 質量% 以上 10 質量% 以下のバインダを含んでもよい。

【0050】

負極活物質粒子は、たとえば 1 μm 以上 30 μm 以下の d50 を有してもよい。負極活物質粒子は、電荷担体を電気化学的に吸蔵し、放出する。負極活物質粒子は特に限定されるべきではない。負極活物質粒子は、たとえば、人造黒鉛、天然黒鉛、ソフトカーボン、ハードカーボン、珪素、酸化珪素、珪素基合金、錫、酸化錫、錫基合金、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等であってもよい。1 種の負極活物質粒子が単独で使用されてもよい。2 種以上の負極活物質粒子が組み合わせられて使用されてもよい。バインダも特に限定されるべきではない。バインダは、たとえば、カルボキシメチルセルロース (CMC) およびスチレンブタジエンゴム (SBR) 等であってもよい。

10

【0051】

(負極集電体)

負極集電体 201 は、導電性を有する電極基材である。負極集電体 201 は、たとえば 5 μm 以上 50 μm 以下の厚さを有してもよい。負極集電体 201 は、たとえば、純銅 (Cu) 箔、Cu 合金箔等であってもよい。

【0052】

《セパレータ》

電池 1000 はセパレータ 300 を含む得る。セパレータ 300 は、帯状のフィルムである。セパレータ 300 は、正極 100 および負極 200 の間に配置されている。セパレータ 300 は、たとえば 5 μm 以上 30 μm 以下の厚さを有してもよい。セパレータ 300 は多孔質である。セパレータ 300 は、正極 100 および負極 200 を電氣的に絶縁している。セパレータ 300 は、たとえば、PE 製、PP 製等の多孔質フィルムであってもよい。

20

【0053】

セパレータ 300 は、たとえば単層構造を有してもよい。セパレータ 300 は、たとえば PE 製の多孔質フィルムのみから構成されていてもよい。セパレータ 300 は、たとえば多層構造を有してもよい。セパレータ 300 は、たとえば、PP 製の多孔質フィルム、PE 製の多孔質フィルムおよび PP 製の多孔質フィルムがこの順序で積層されることにより形成されていてもよい。セパレータ 300 は、その表面に耐熱層を含んでもよい。耐熱層は耐熱材料を含む層である。耐熱材料は、たとえばアルミナ、ポリイミド等であってもよい。

30

【0054】

《電解液》

電池 1000 は電解液を含み得る。電解液は、リチウム (Li) 塩および溶媒を少なくとも含む。電解液は、たとえば 0.5 m / l 以上 2 m / l 以下の Li 塩を含んでもよい。Li 塩は支持電解質である。Li 塩は溶媒に溶解している。Li 塩は、たとえば、 LiPF_6 、 LiBF_4 、 $\text{Li}[\text{N}(\text{FSO}_2)_2]$ 、 $\text{Li}[\text{N}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2]$ 等であってもよい。1 種の Li 塩が単独で使用されてもよい。2 種以上の Li 塩が組み合わせられて使用されてもよい。

40

【0055】

溶媒は非プロトン性である。すなわち本実施形態の電解液は非水電解質である。溶媒は、たとえば環状カーボネートおよび鎖状カーボネートの混合物であってもよい。混合比は、たとえば「環状カーボネート：鎖状カーボネート = 1 : 9 ~ 5 : 5 (体積比)」であってもよい。

【0056】

環状カーボネートは、たとえば、エチレンカーボネート (EC)、プロピレンカーボネート (PC)、ブチレンカーボネート (BC)、フルオロエチレンカーボネート (FEC

50

)等であってもよい。1種の環状カーボネートが単独で使用されてもよい。2種以上の環状カーボネートが組み合わされて使用されてもよい。

【0057】

鎖状カーボネートは、たとえば、ジメチルカーボネート(DMC)、エチルメチルカーボネート(EMC)、ジエチルカーボネート(DEC)等であってもよい。1種の鎖状カーボネートが単独で使用されてもよい。2種以上の鎖状カーボネートが組み合わされて使用されてもよい。

【0058】

溶媒は、たとえば、ラクトン、環状エーテル、鎖状エーテル、カルボン酸エステル等を含んでもよい。ラクトンは、たとえば、 γ -ブチロラクトン(GBL)、 ϵ -バレロラクトン等であってもよい。環状エーテルは、たとえば、テトラヒドロフラン(THF)、1,3-ジオキソラン、1,4-ジオキサソラン等であってもよい。鎖状エーテルは、1,2-ジメトキシエタン(DME)等であってもよい。カルボン酸エステルは、たとえば、メチルホルメート(MF)、メチルアセテート(MA)、メチルプロピオネート(MP)等であってもよい。

【0059】

電解液は、Li塩および溶媒に加えて、各種の機能性添加剤をさらに含んでもよい。電解液は、たとえば1質量%以上5質量%以下の機能性添加剤を含んでもよい。機能性添加剤としては、たとえば、ガス発生剤(過充電添加剤)、SEI(solid electrolyte interface)膜形成剤等が挙げられる。ガス発生剤は、たとえば、シクロヘキシルベンゼン(CHB)、ピフェニル(BP)等であってもよい。SEI膜形成剤は、たとえば、ビニレンカーボネート(VC)、ビニルエチレンカーボネート(VEC)、 $\text{Li}[\text{B}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ 、 LiPO_2F_2 、プロパンサルフトン(PS)、エチレンサルファイト(ES)等であってもよい。

【0060】

なお本実施形態の電池1000は、電解液(液体電解質)に代えて、ゲル電解質および固体電解質を含んでもよい。電池1000は電解液に加えて、ゲル電解質および固体電解質をさらに含んでもよい。

【0061】

<用途等>

本実施形態の電池1000は、釘刺し時における電池温度上昇が抑制されていると期待される。係る特性が活かされる用途としては、たとえば、ハイブリッド自動車(HV)、プラグインハイブリッド自動車(PHV)、電気自動車(EV)等の駆動用電源等が挙げられる。ただし本実施形態の電池1000の用途は車載用途に限定されるべきではない。本実施形態の電池1000はあらゆる用途に適用可能である。

【実施例】

【0062】

以下、本開示の実施例が説明される。ただし以下の説明は特許請求の範囲を限定するものではない。

【0063】

<実施例1>

1. 中間層の形成

以下の材料が準備された。

発泡性フィラー：リン酸アルミニウム

樹脂：ポリアミドイミド

導電材：AB

溶媒：N-メチル-2-ピロリドン(NMP)

正極集電体：Al箔

【0064】

リン酸アルミニウム、ポリアミドイミド、AB、およびNMPがプラネタリミキサで

10

20

30

40

50

混合されることにより、スラリーが調製された。混合比は、質量比で「リン酸アルミニウム：ポリアミドイミド：A B = 70 : 25 : 5」である。該スラリーが正極集電体101の表面（表裏両面）にグラビアコーターにより塗布され、乾燥された。その後、窒素中で360において6時間熱処理され、中間層10が形成された。中間層10（乾燥後、片面）は3 μmの厚みを有する。

【0065】

2. 正極合材層の形成

以下の材料が準備された。

正極活物質：LiNi_{0.8}Co_{0.15}Mn_{0.05}O₂（NCA）

導電材：A B

バインダ：PVdF

溶媒：NMP

正極集電体：上記中間層10が形成されたAl箔

【0066】

プラネタリミキサにより、NCA、A B、PVdF、およびNMPが混合された。これにより正極合材層用スラリーが調製された。正極合材層用スラリーの固形分組成は、質量比で「NCA : A B : PVdF = 88 : 10 : 2」とされた。コンマコータ（登録商標）により、正極合材層用スラリーが中間層10の表面に塗布され、乾燥された。これにより正極合材層102が形成された。正極合材層102が3.7 / cm³の密度を有するように圧延された。以上より正極100が製造された。

【0067】

3. 負極の準備

以下の材料が準備された。

負極活物質粒子：黒鉛（粒径（d₅₀）：25 μm）

バインダ：SBRおよびCMC

溶媒：水

負極集電体：Cu箔

【0068】

プラネタリミキサにより、負極活物質、バインダおよび溶媒が混合された。これにより負極合材層用スラリーが調製された。負極合材層用スラリーの固形分組成は、質量比で「負極活物質：SBR : CMC = 98 : 1 : 1」とされた。該スラリーが負極集電体201の表面（表裏両面）に塗布され、乾燥されることにより、負極合材層202が形成された。負極合材層202が所定の密度を有するように圧延された。以上より負極200が製造された。

【0069】

4. 組み立て

帯状のセパレータ300が準備された。セパレータ300は25 μmの厚さを有するものとされた。セパレータ300は、3層構造を有するものとされた。すなわちセパレータ300は、PP製の多孔質膜、PE製の多孔質膜およびPP製の多孔質膜がこの順序で積層されることにより、構成されたものである。

【0070】

正極100、セパレータ300、負極200およびセパレータ300がこの順序で積層され、さらにこれらが渦巻状に巻回されることにより、電極群500が製造された。円筒形の筐体が準備された。筐体は、18650サイズ（直径 = 18 mm、高さ = 65 mm）を有する。筐体1001に電極群500が収納された。

【0071】

以下の組成を有する電解液が準備された。

溶媒：[EC : DMC : EMC = 3 : 4 : 3（体積比）]

支持電解質：LiPF₆（1 mol / l）

【0072】

10

20

30

40

50

筐体 1001 に電解液が注入された。筐体 1001 が密閉された。以上より、実施例 1 に係る非水電解質二次電池が製造された。この非水電解質二次電池は、1 Ah の定格容量を有するものである。

【0073】

<実施例 2、実施例 3、比較例 2、比較例 4>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 における各成分の構成比率が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

【0074】

<実施例 4、実施例 5>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に含まれる樹脂 12 の種類が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

10

【0075】

<実施例 6 ~ 実施例 9、比較例 3>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 の厚さが変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

【0076】

<実施例 10、実施例 11>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に含まれる発泡性フィラー 11 の種類が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

【0077】

20

<実施例 12>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に更にフィラーが添加されたこと、および、中間層 10 における各成分の構成比率が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

【0078】

<実施例 13 ~ 実施例 19>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に含まれる発泡性フィラー 11 の種類が変更されたこと、中間層 10 に更にフィラーが添加されたこと、および、中間層 10 における各成分の構成比率が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

30

【0079】

<比較例 1>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に発泡性フィラー 11 が添加されず、アルミナが添加されたこと、および、中間層 10 における各成分の構成比率が変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

【0080】

<比較例 5>

下記表 1 に示されるように、中間層 10 に含まれる発泡性フィラー 11 の種類が変更されたこと、中間層 10 に更にフィラーが添加されたこと、中間層 10 における各成分の構成比率が変更されたこと、および、中間層 10 の厚さが変更されたことを除いては、実施例 1 と同様に電池 1000 が製造された。

40

【0081】

<評価>

《電池抵抗》

電池 1000 の SOC が 50% に調整された。25 環境において、10 C の電流レートにより電池 1000 が 10 秒間放電された。放電開始から 10 秒後の電圧降下量が測定された。電圧降下量と電流レートとの関係から電池抵抗が算出された。結果は下記表 2 の「電池抵抗」の欄に示されている。電池抵抗が低い程、通常使用時の電池抵抗が低いと考えられる。

【0082】

50

《釘刺し試験》

定電流 - 定電圧充電（定電流充電時の電流 = 1 A、定電圧充電時の電圧 = 4.2 V、終止電流 = 50 mA）により、電池が満充電にされた。電池に熱電対が取り付けられた。3 mmの胴部径を有する釘が準備された。25℃環境において、電池の側面に120 mm/sの速度で釘が突き刺された。釘が刺さった後の最高到達温度が測定された。結果は下記表2の「到達温度」の欄に示されている。到達温度が低いほど、釘刺し時における電池温度上昇が抑制されていることを示している。

【0083】

《中間層引張伸び試験》

中間層10を、前述の方法によりガラス板上に作製した。係る中間層10を用いて、ASTM D638に基づき、試験速度10 mm/minにて中間層10の破断直前の伸び量をS-Sカーブより測定した（株式会社島津製作所製精密万能試験機AG20を使用）。係る破断直前の伸び量を、試験前の中間層10の長さで除することにより、中間層10の引張伸びが測定された。測定は5つの試験片で行い、引張破断伸びの算術平均を測定結果として採用した。結果は、表2の「中間層引張伸び」の欄に示されている。値が大きいほど、伸張性に優れていることを示している。

10

【0084】

《正極抵抗測定試験》

20×20 mmに切り出された正極100を二枚重ね、圧力（50 kg/cm²）を印加しながら二枚の正極100間に10 mAの電流を流し、その際の電圧を測定した。係る電圧値と、二枚の正極100間の電圧値を測定し、4端子法により正極100の直流抵抗を求めた。結果は、表2の「正極抵抗」の欄に示されている。値が小さいほど、正極抵抗が低いことを示している。

20

【0085】

【表 1】

	発泡性 フィラー(A)	フィラー(B)	樹脂材(C)	導電材(D)	配合比			片面厚み μm
					A:B:C:D (質量%)	A/D	C/D	
実施例 1	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	3
実施例 2	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	60:0:35:5	12	7	3
実施例 3	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	50:0:45:5	10	9	3
実施例 4	リン酸アミンニカム	-	PTFE	AB	70:0:25:5	14	5	3
実施例 5	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	3
実施例 6	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	2
実施例 7	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	4
実施例 8	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	6
実施例 9	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	7
実施例 10	ポリリン酸アミン	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	3
実施例 11	ポリリン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	14	5	3
実施例 12	リン酸アミンニカム	アミン	ポリアイソ	AB	60:10:25:5	2.4	12	3
実施例 13	ポリリン酸アミン	アミン	ポリアイソ	AB	60:10:25:5	2.4	12	3
実施例 14	ポリリン酸アミンニカム	アミン	ポリアイソ	AB	60:10:25:5	2.4	12	3
実施例 15	ポリリン酸アミン	アミン	ポリアイソ	AB	40:30:25:5	1.6	8	3
実施例 16	ポリリン酸アミン	ヘキサ	ポリアイソ	AB	40:30:25:5	1.6	8	3
実施例 17	ポリリン酸アミン	チア	ポリアイソ	AB	40:30:25:5	1.6	8	3
実施例 18	ポリリン酸アミン	チン酸アミン	ポリアイソ	AB	40:30:25:5	1.6	8	3
実施例 19	ポリリン酸アミン	NCM	ポリアイソ	AB	40:30:25:5	1.6	8	3
比較例 1	-	アミン	ポリアイソ	AB	0:70:25:5	0	5	3
比較例 2	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	80:0:15:5	5.3	16	3
比較例 3	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	70:0:25:5	2.8	14	1.5
比較例 4	リン酸アミンニカム	-	ポリアイソ	AB	65:0:25:10	2.6	6.5	2.5
比較例 5	ポリリン酸アミン	アミン	ポリアイソ	AB	40:30:25:10	1.6	4	2.5

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

【表 2】

弊所案	電極特性		電池特性	釘刺し試験
	中間層引張伸び (%)	正極抵抗 [$\Omega \cdot \text{cm}$]	電池抵抗 [$\text{m}\Omega$]	到達温度 ($^{\circ}\text{C}$)
実施例 1	405	215	24.4	89
実施例 2	420	221	23.4	83
実施例 3	455	224	23.2	81
実施例 4	402	213	23.1	94
実施例 5	414	214	26.3	98
実施例 6	431	232	24.2	88
実施例 7	435	245	24.9	84
実施例 8	442	281	25.5	81
実施例 9	453	327	31.1	79
実施例 10	447	206	23.5	95
実施例 11	438	202	23.4	98
実施例 12	486	214	21.8	85
実施例 13	521	228	22.1	85
実施例 14	494	212	22.3	86
実施例 15	431	223	22.5	81
実施例 16	426	219	22.6	87
実施例 17	405	210	23.3	90
実施例 18	424	208	22.7	86
実施例 19	443	238	21.3	89
比較例 1	392	146	22.6	103
比較例 2	380	194	24.7	112
比較例 3	328	98	22.6	143
比較例 4	410	124	21.3	147
比較例 5	376	135	21.1	104

10

20

30

【0087】

< 結果 >

上記表 2 に示されるように、以下の条件 (1) ~ (4) を全て満たす実施例 1 - 19 は、比較例 1 - 5 と比して、釘刺し時における電池温度上昇が顕著に抑制されていた。実施例 1 に関しては、図 2 に示すように、樹脂 12 により中間層 10 が正極集電体 101 と強固に接着しつつ、釘 700 の周囲に存在し続けたものと考えられる。

40

【0088】

(1) 正極合材層、中間層、および正極集電体を少なくとも含み、中間層は、正極合材層および正極集電体の間に配置されており、

(2) 中間層 10 は、発泡性フィラー 11、樹脂 12、および導電材 13 を少なくとも含み、

(3) 中間層 10 における「A/C」は 1.1 以上 2.8 以下であり、かつ、中間層 10 における「A/D」は 8 以上 14 以下であり、

50

(4) 中間層10の厚さは、2 μm 以上7 μm 以下である。

【0089】

比較例1では、中間層10に発泡性フィラー11が含まれていなかった。そのため、正極100の抵抗値は146 $\cdot\text{cm}$ という値であった。したがって、釘刺しが発生した際に正極100において発生するジュール熱が小さかったものと考えられる。結果として、極集電体101の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなったものと考えられる。更には、比較例1に関しては樹脂12の伸張性が十分向上されず(中間層引張伸びは392%)、図2に示すように、樹脂12により中間層10が正極集電体101と強固に接着しつつ、釘700の周囲に存在し続けることに、改善の余地があったものと考えられる。これらの事象が相互作用することにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じたものと考えられる。

10

【0090】

比較例2では、「A/C」は5.3であり、2.8を超えていた。すなわち、中間層10に含まれる樹脂12の量が、発泡性フィラー11の量に対して不足していたと考えられる。そのため、中間層引張伸びは380%という値であり、中間層10の伸張性が不足していた。これにより、中間層10が釘700の周囲に十分存在し続けなかったものと考えられる。更には、正極100の抵抗値は194 $\cdot\text{cm}$ という値であった。したがって、釘刺しが発生した際に正極100において発生するジュール熱が小さかったものと考えられる。結果として、極集電体101の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなったと考えられる。これらの事象が相互作用することにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じたものと考えられる。

20

【0091】

比較例3では、中間層10の厚さは1.5 μm であり、2 μm 未満であった。そのため、中間層引張伸びは328%という値であり、中間層10の伸張性が不足していた。これにより、中間層10が釘700の周囲に十分存在し続けなかったものと考えられる。更には正極100の抵抗値を十分大きく保つことが困難であり、正極100の抵抗値は98 $\cdot\text{cm}$ という値であった。したがって、釘刺しが発生した際に正極100において発生するジュール熱が小さかったものと考えられる。結果として、極集電体101の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなったものと考えられる。これらの事象が相互作用することにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じたものと考えられる。

30

【0092】

比較例4では、「A/D」が6.5であり、8未満であった。すなわち、中間層10に含まれる発泡性フィラー11の量が、導電材13の量に対して不足していたと考えられる。そのため、正極100の抵抗値は124 $\cdot\text{cm}$ という値であった。したがって、釘刺しが発生した際に正極100において発生するジュール熱が小さかったものと考えられる。結果として、極集電体101の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなり、電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じたものと考えられる。

【0093】

比較例5では、「A/D」が4であり、8未満であった。すなわち、中間層10に含まれる発泡性フィラー11の量が、導電材13の量に対して不足していたと考えられる。そのため、正極100の抵抗値は135 $\cdot\text{cm}$ という値であった。したがって、釘刺しが発生した際に正極100において発生するジュール熱が小さかったものと考えられる。結果として、極集電体101の溶断に時間を要し、短絡時間が長くなったものと考えられる。更には、中間層引張伸びは376%という値であり、中間層10の伸張性が不足していた。これにより、中間層10が釘700の周囲に十分存在し続けなかったものと考えられる。これらの事象が相互作用することにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に改善の余地が生じたものと考えられる。

40

【0094】

実施例と比較例1との対比から、分解開始温度が280 以上であり、分解終了温度が800 以上の発泡性フィラー11を中間層10に含むことにより、釘刺し時における電

50

池温度上昇の抑制が顕著に達成されることが理解される。

【0095】

実施例1、実施例10および実施例11の結果から、発泡性フィラー11は、リン酸アルミニウム、ポリリン酸アンモニウムおよびポリリン酸メラミンからなる群より選択される少なくとも1種であることが好ましいことが理解される。

【0096】

実施例1、実施例4および実施例5の結果から、樹脂12は、ポリアミドイミド、ポリテトラフルオロエチレン、およびポリアミドからなる群より選択される少なくとも1種であることが好ましいことが理解される。

【0097】

実施例12 - 実施例19の結果から、中間層10は、発泡性フィラー11、樹脂12、および導電材13に加えて、アルミナ、ベーマイト、チタニア、チタン酸リチウム、およびニッケル コバルト マンガン酸リチウム(NCM)からなる群より選択される少なくとも1種のフィラーを更に含んでもよいことが理解される。実施例1と実施例12との対比から、これらのフィラーを更に含むことにより、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に加え、電池抵抗の上昇も抑制され得ることが理解される。

【0098】

実施例9とその他の実施例の対比から、上記条件(1)~(4)を満たし、かつ、中間層10の厚さが、2 μ m以上6 μ m以下である場合、釘刺し時における電池温度上昇の抑制に加え、電池抵抗の上昇も抑制され得ることが理解される。

【0099】

今回開示された実施形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではない。特許請求の範囲の記載によって確定される技術的範囲は、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含む。

【符号の説明】

【0100】

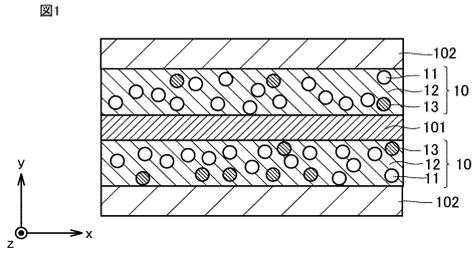
10 中間層、11 発泡性フィラー、12 樹脂、13 導電材、100 正極、101 正極集電体(電極集電体)、102 正極合材層(電極合材層)、200 負極、201 負極集電体(電極集電体)、202 負極合材層(電極合材層)、300 セパレータ、500 電極群、700 釘、901 正極端子、902 負極端子、1000 電池、1001 筐体。

10

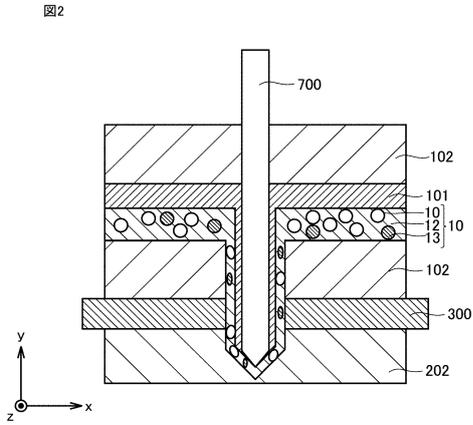
20

30

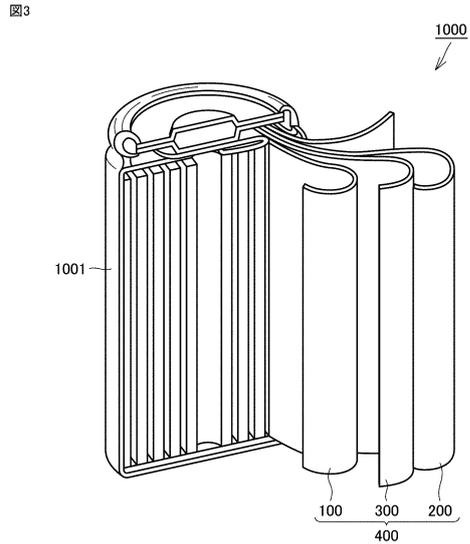
【 図 1 】



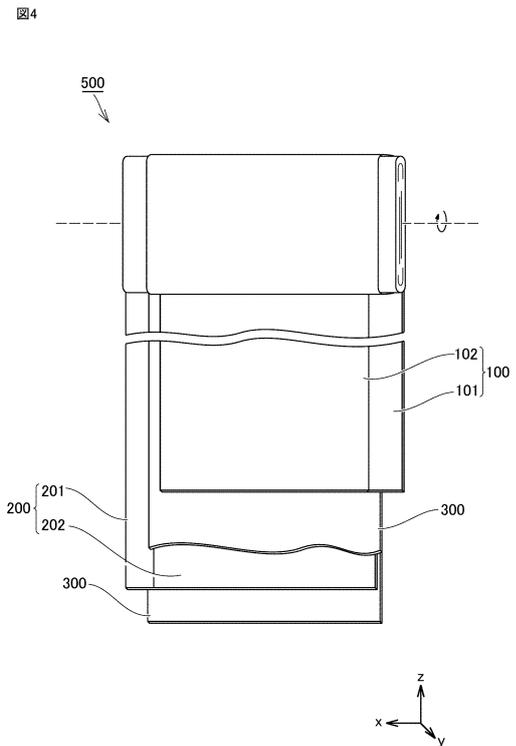
【 図 2 】



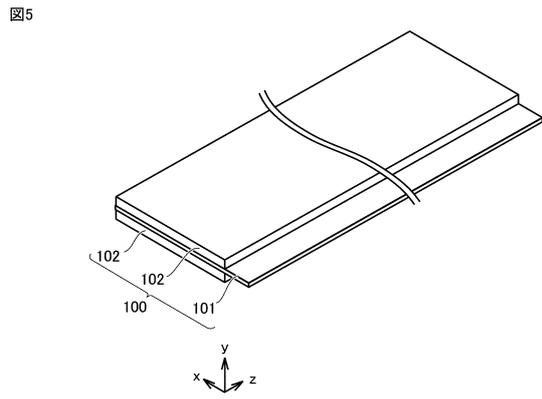
【 図 3 】



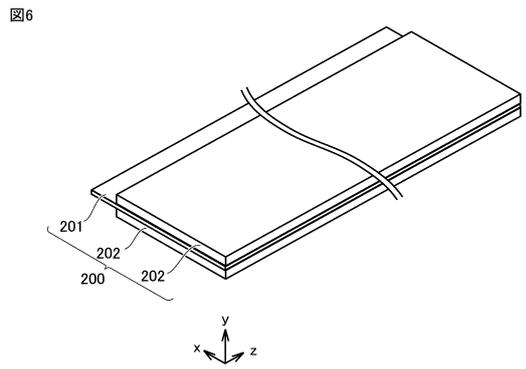
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 鈴木 雅雄

- (56)参考文献 特開2015-076285(JP,A)
国際公開第2011/062065(WO,A1)
国際公開第2016/099038(WO,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 4/13
H01M 4/66