

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-10878
(P2017-10878A)

(43) 公開日 平成29年1月12日(2017.1.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/0587 (2010.01)	HO 1 M 10/0587	5 H O 2 9
HO 1 M 4/505 (2010.01)	HO 1 M 4/505	5 H O 4 0
HO 1 M 4/525 (2010.01)	HO 1 M 4/525	5 H O 5 0
HO 1 M 2/10 (2006.01)	HO 1 M 2/10	S
HO 1 M 4/13 (2010.01)	HO 1 M 4/13	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2015-127719 (P2015-127719)
(22) 出願日 平成27年6月25日 (2015. 6. 25)

(71) 出願人 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
(74) 代理人 100117606
弁理士 安部 誠
(74) 代理人 100136423
弁理士 大井 道子
(74) 代理人 100121186
弁理士 山根 広昭
(72) 発明者 梅山 浩哉
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72) 発明者 上野 幸義
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

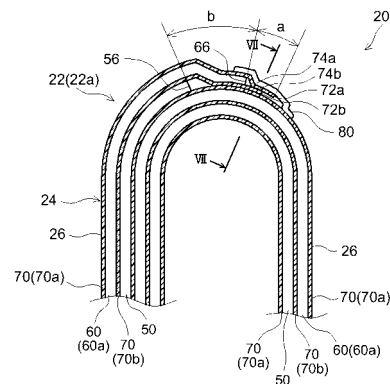
(54) 【発明の名称】 非水電解液二次電池

(57) 【要約】

【課題】 扁平型捲回電極体の扁平表面における段差の発生を低減し、且つ微小短絡の発生を抑制した非水電解液二次電池を提供すること。

【解決手段】 本発明の非水電解液二次電池は、R部22と扁平表面24aを有する中央扁平部24を有する捲回電極体20を有する。正極50、負極60、およびセパレータ70、72の各捲回終端はいずれも同一のR部22に位置する。上記負極捲回終端66は上記正極捲回終端56よりも捲回方向に進行した位置に配置され、上記セパレータ捲回終端72a、72bのうちの少なくとも一方は上記負極捲回終端66よりも捲回方向に進行した位置に配置される。上記負極捲回終端66から上記セパレータ捲回終端72a(72b)までの距離a(mm)、上記正極の捲回終端56から上記負極捲回終端66までの距離b(mm)が以下の関係： $0.5 a \times (a + b) \leq 104$ 、 $0 \leq b \leq 11$ ；を満たす。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

正極集電体上に正極活物質層を有する長尺な正極と、負極集電体上に負極活物質層を有する長尺な負極とが、2枚の長尺なセパレータを介して重ねあわされて捲回された扁平な捲回電極体を備えた非水電解液二次電池であって、

前記正極活物質層は、前記捲回電極体を構成する前記長尺な正極の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端に至るまで、長尺方向に前記正極集電体の両面に形成されており、

前記負極活物質層は、前記捲回電極体を構成する前記長尺な負極の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端に至るまで、長尺方向に前記負極集電体の両面に形成されており、

前記捲回電極体は、前記負極が前記正極よりも当該捲回電極体の外周側に位置するように形成されており、且つ、

前記捲回電極体は、捲回軸に対して直交する方向の両端部であって該捲回電極体の積層面を除く外表面が曲面からなる2つのR部と、両R部に挟まれている中央部分であって幅広な2つの扁平表面を有する中央扁平部と、を有するものであり、

前記正極の捲回終端、前記負極の捲回終端、および、前記捲回電極体を構成する2つのセパレータのそれぞれの捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端は、いずれも同一の前記R部であって、前記2つの扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の内側に位置し、

ここで、前記正極捲回終端、前記負極捲回終端および前記2つのセパレータ捲回終端の配置は、以下の条件(i)および(ii)：

(i) 前記負極捲回終端は前記正極捲回終端と並列となる位置に配置される、若しくは前記負極捲回終端が前記正極捲回終端よりも捲回方向に進行した位置に配置されている；

(ii) 少なくとも一方の前記セパレータ捲回終端が前記負極捲回終端よりも捲回方向に進行した位置に配置されている；

を具備し、且つ、

前記負極捲回終端から、前記2つのセパレータ捲回終端のうち、相対的に捲回方向により進行した位置に配置された方のセパレータ捲回終端までの距離をa(mm)とし、前記正極捲回終端から前記負極捲回終端までの距離をb(mm)としたとき、当該a、bが以下の関係：

$$0.5 \leq a \times (a+b) \leq 104、および$$

$$0 \leq b \leq 11；$$

を満たす、非水電解液二次電池。

【請求項 2】

前記距離a(mm)および前記距離b(mm)が、

$$0.5 \leq a \leq 8、および$$

$$0.5 \leq b \leq 11；$$

を満たす、請求項1に記載の非水電解液二次電池。

【請求項 3】

前記距離a(mm)、および前記距離b(mm)が、 $0.5 \leq a \times (a+b) \leq 50$ を満たす、請求項1又は2に記載の非水電解液二次電池。

【請求項 4】

前記2つのセパレータ捲回終端のうち一方のセパレータ捲回終端よりも相対的に捲回方向に進行した位置に配置されたセパレータ捲回終端が、捲止部材によって捲回電極体の外表面に固定されており、

前記捲止部材の捲回方向の両端が、前記セパレータ捲回終端と同一のR部であって、前記2つの扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の内側に位置する、請求項1～3のいずれか一項に記載の非水電解液二次電池。

【請求項 5】

10

20

30

40

50

前記 2 枚のセパレータの前記セパレータ捲回終端が並列となる位置に配置される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の非水電解液二次電池。

【請求項 6】

前記正極活物質層は、正極活物質として、マンガンおよびニッケルのうちの少なくとも一種を含むリチウム遷移金属複合酸化物を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の非水電解液二次電池。

【請求項 7】

複数の単電池が相互に電氣的に接続されてなる組電池であって、
前記単電池として請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の非水電解液二次電池を備え、
前記単電池中に備えられる前記捲回電極体の前記中央扁平部が、当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に 0.2 MPa 以上 10 MPa 以下の圧力で押圧されている、
組電池。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は非水電解液二次電池に関する。

【背景技術】

【0002】

リチウムイオン二次電池（リチウム二次電池）、ナトリウムイオン二次電池等の非水電解液二次電池は、近年、パソコンや携帯端末等のいわゆるポータブル電源や車両駆動用電源として用いられている。特に、軽量で高エネルギー密度が得られるリチウムイオン二次電池は、電気自動車（EV）、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）等の車両の駆動用高出力電源として好ましく用いられている。

20

【0003】

かかる非水電解液二次電池は、典型的に、電極体と非水電解液とを備える。かかる電池に装備される電極体の一形態として、長尺なシート状の正極、長尺なシート状の負極および長尺なシート状のセパレータを扁平形状に捲回して成る捲回電極体が挙げられる。かかる捲回電極体は、典型的に、捲回軸に対して直交する方向の両端部であって該捲回電極体の積層面を除く外表面が曲面からなる 2 つの R 部と、両 R 部に挟まれている中央部分であって幅広な扁平表面を有する中央扁平部とから構成される。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 078008 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記の非水電解液二次電池を自動車等の車両に搭載する場合、搭載スペースが制限されていることに加えて振動が発生する状態での使用が前提となることから、一般的に複数の電池を配列し且つ拘束した状態（所謂組電池）で用いられる。このとき、各電池には相当な荷重が加えられる。

40

【0006】

ここで、上記の構成の捲回電極体のうち、正極、負極、またはセパレータの終端部（巻き終わり部分）が配置される部分には、上記終端部に起因する段差が形成され得る。上記捲回電極体のうちの上記段差が形成された部分に対して上記圧力が加えられると、当該段差部分とその周囲の部分とが受ける圧力が異なり得る。かかる捲回電極体に加えられる圧力の偏りは、電池性能（入出力特性、サイクル特性等）を低下させる虞がある。

かかる捲回電極体に加えられる圧力の不均一さを低減する手段の一つとして、特許文献 1 には、上記正極、負極、またはセパレータの終端（巻き終わり部分）を、捲回電極体の R 部に配置する技術が記載されている。

50

【 0 0 0 7 】

しかしながら、本発明者らの検討によると、上記正極、負極、またはセパレータの終端部（巻き終わり部分）を、捲回電極体の R 部に配置することで上記捲回電極体に加えられる圧力の偏りを低減し得るものの、電極体の構造によっては、非水電解液二次電池の製造におけるエージング処理（典型的には高温エージング）時に微小な短絡が生じる場合があった。

本発明は、上述した従来課題を解決すべく創出されたものであり、その目的は、上記捲回電極体に加えられる圧力の偏りの低減と、微小な短絡の発生の低減とを両立した非水電解液二次電池を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

10

【 0 0 0 8 】

本発明者らは、捲回電極体を備える非水電解液二次電池について、充電状態で長時間保存（即ちエージング処理、典型的には高温エージング）したときの微小短絡の発生状況について詳細な検討を重ねた。そして、負極が正極よりも捲回電極体の外周側に位置するように捲回されている捲回電極体であって、正極集電体および負極集電体が、負極および正極の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端に至るまで、長尺方向に集電体の両面に形成された捲回電極体において、最も外周側に位置する負極と当該負極に対向する正極との間で当該微小短絡が発生しやすいことを見出した。より詳細には、上記捲回電極体の最も外周側に位置する正極および負極のうち、セパレータの捲回方向の捲回終端付近であって、正極および負極のいずれにも接触しない余剰部分が積層する部分で上記微小短絡が発生しやすいことを見出した。

20

以下、本明細書における「高温」とは、特にことわりのない限り 45 以上程度の温度範囲、典型的には 60 以上の温度範囲を意味するものとする。

また、以下、捲回電極体において最も外周側に位置する負極を「最外周負極」といい、セパレータの捲回方向の捲回終端付近であって、正極および負極のいずれにも接触しない余剰部分を「余剰セパレータ領域」ともいうこととする。

【 0 0 0 9 】

上記微小短絡が発生する原因について本発明者らが得た知見について、適宜図面（図 8）を参照しながら説明する。図 8 は、最外周負極への電荷担体の移動を模式的に示す図であり、図中の「Li⁺」は電荷担体（典型的にはリチウムイオン）を、図中の矢印は電荷担体の移動方向を示す。なお、図 8 では、正極および負極の間での電荷担体の移動を解りやすく示すために、これら正負極以外の部材（例えばセパレータ）を省略している。

30

図 8 に示すように、一般的に、電池充電時において、正極活物質層 5 4 中の電荷担体は対向する負極活物質層 6 4 中へ移動する。何らかの原因で正極活物質層 5 4 中の電荷担体が局所的に過剰に引き抜かれると、当該電荷担体が過剰に引き抜かれた部分の電位は他の部分と比較して高くなる。かかる高電位部分の正極活物質層 5 4 に存在する正極活物質は不安定な状態となりがちである。このような状態でエージング処理（典型的には高温エージング処理）を行った場合には、不安定な正極活物質から、当該正極活物質を構成する金属成分が溶出して対向する負極 6 0 の表面に析出する場合がある。負極 6 0 の表面に析出した金属は、上記微小短絡の原因となる場合がある。

40

【 0 0 1 0 】

図 8 に示すように、負極 6 0 が正極 5 0 よりも外周側に位置する捲回電極体において、上記最外周負極 6 0 a では、負極集電体 6 2 の捲回内周側の負極活物質層 6 4 b には対向する正極活物質層 5 4 が存在するが、負極集電体 6 2 の捲回外周側の負極活物質層 6 4 a には対向する正極活物質層 5 4 が存在しない。このため、充電時の上記最外周負極 6 0 a では、図示するように、当該負極 6 0 の長尺方向に直交する幅方向（即ち、捲回電極体の捲回軸方向）の端部において、上記捲回内周側の負極活物質層 6 4 b 中の電荷担体が捲回外周側の負極活物質層 6 4 a へ移動する場合がある。そして、捲回外周側の負極活物質層 6 4 a へ移動した電荷担体は、当該捲回外周側の負極活物質層 6 4 a 内を上記負極 6 0 の長尺方向に直交する幅方向（即ち、捲回電極体の捲回軸方向）に拡散（移動）していく。

50

このとき、上記最外周負極 60 a (典型的には当該最外周負極 60 a の捲回内周側の負極活物質層 64 b) に対向する正極活物質層 54 においては、当該対向する捲回内周側の負極活物質層 64 b のみならず、捲回外周側の負極活物質層 64 a から電荷担体が引き抜かれることとなり、電荷担体が過剰に脱離する場合がある。特に、上記最外周負極 60 a (即ち上記捲回内周側の負極活物質層 64 b) に対向する正極活物質層 54 であって、正極 50 の長尺方向に直交する幅方向 (即ち、捲回電極体の捲回軸方向) の端部から、電荷担体が過剰に脱離しがちである。

【0011】

上記最外周負極 60 a の幅方向 (即ち、捲回電極体の捲回軸方向) の端部における上記捲回内周側の負極活物質層 64 b から捲回外周側の負極活物質層 64 a への電荷担体の移動、および捲回外周側の負極活物質層 64 a 内での電荷担体の拡散は、当該捲回外周側の負極活物質層 64 a 内に非水電解液が含浸している必要がある。

2つのセパレータのそれぞれの捲回終端であって捲回電極体の外側に位置する捲回終端が、捲回電極体の外側に位置する正極の捲回終端および負極の捲回終端よりも捲回方向に進行した位置にある場合、上記セパレータの捲回終端付近には正極 50 および負極 60 のいずれにも接触しない余剰セパレータ領域が存在する。上記最外周負極 60 a であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分では、上記捲回外周側の負極活物質層 64 a の外側に、上記余剰セパレータ領域に浸透した非水電解液が余分に存在することとなる。このため、上記最外周負極 60 a であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分に対向する正極活物質層 54 からのより多くの電荷担体が引き抜かれがちである。

このため、正極 50 の長尺方向に直交する幅方向 (即ち捲回電極体の捲回軸方向) の端部であって、上記最外周負極 60 a のうちの上記余剰セパレータ領域が積層する部分に対向する正極活物質層 54 において、特に局所的に過剰に電荷担体が引き抜かれがちである。

【0012】

なお、正極と負極との絶縁性、或いは捲回電極体 (典型的には最外周の負極) と電池ケースとの絶縁性を確保する観点からは、捲回電極体の最外周がセパレータとなる (即ち捲回電極体の最外周に位置する負極の表面がセパレータで覆われている) 形態が好ましい。このため、セパレータのサイズ (長尺方向の長さ) は、通常、捲回電極体の製造工程におけるバラつきを考慮した公差を含んだサイズ (一般的には、正極および負極の捲回終端よりもセパレータの捲回終端が捲回方向に進んだ位置に配置されるサイズ) に設定される。したがって、上記余剰セパレータ領域の面積を小さくするには限界があった。

【0013】

そこで、上記課題を解決すべく、本発明により、正極集電体上に正極活物質層を有する長尺な正極と、負極集電体上に負極活物質層を有する長尺な負極とが、2枚の長尺なセパレータを介して重ねあわされて捲回された扁平な捲回電極体を備えた非水電解液二次電池を提供する。かかる非水電解液二次電池において、上記正極活物質層は、上記捲回電極体を構成する上記長尺な正極の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端に至るまで、長尺方向に上記正極集電体の両面に形成されている。また、上記負極活物質層は、上記捲回電極体を構成する上記長尺な負極の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端に至るまで、長尺方向に上記負極集電体の両面に形成されている。そして、上記捲回電極体は、上記負極が上記正極よりも当該捲回電極体の外周側に位置するように形成されており、且つ、上記捲回電極体は、捲回軸に対して直交する方向の両端部であって該捲回電極体の積層面を除く外表面が曲面からなる2つのR部と、両R部に挟まれている中央部分であって幅広な2つの扁平表面を有する中央扁平部と、を有するものである。そして、上記正極の捲回終端、上記負極の捲回終端および上記2つのセパレータのそれぞれの捲回終端であって捲回電極体の外側に位置する捲回終端 (以下、各々単に「正極捲回終端」、「負極捲回終端」、「セパレータ捲回終端」ともいう) は、いずれも同一の上記R部であって、上記2つの扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の内側に位置する。ここで、上記正極捲回終端、上記負極捲回終端および上記2つのセパレータ捲回終端の配

置は、以下の条件 (i) および (i i) :

(i) 上記負極巻回終端は上記正極巻回終端と並列となる位置に配置される、若しくは上記負極巻回終端が上記正極巻回終端よりも巻回方向に進行した位置に配置されている ;

(i i) 少なくとも一方の上記セパレータ巻回終端が上記負極巻回終端よりも巻回方向に進行した位置に配置されている ;

を具備する。そして、上記負極巻回終端から、上記 2 つのセパレータ巻回終端のうち、相対的に巻回方向により進行した位置に配置された方のセパレータ巻回終端までの距離を a (mm) とし、上記正極巻回終端から上記負極巻回終端までの距離を b (mm) としたとき、当該 a 、 b が以下の関係 :

$$0.5 \leq a \times (a+b) \leq 104、\text{および} \\ 0 \leq b \leq 11 ;$$

10

を満たす。

【 0 0 1 4 】

なお、本明細書において「非水電解液二次電池」とは、非水電解液 (典型的には、非水溶媒 (有機溶媒) 中に支持塩 (支持電解液) を含む非水電解液) を備えた二次電池をいう。ここで「二次電池」とは、繰り返し充放電可能な電池一般をいい、リチウムイオン二次電池等のいわゆる化学電池ならびに電気二重層キャパシタ等の物理電池を包含する用語である。

【 0 0 1 5 】

かかる構成によると、上記正極巻回終端、上記負極巻回終端、および上記セパレータ巻回終端がいずれも R 部であって、上記二つの扁平表面よりも巻回電極体の厚み方向の内側に位置するため、上記巻回電極体の扁平表面に上記各巻回終端に起因する段差が形成されない。このため、巻回電極体の中央扁平部を当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に押圧した場合に、巻回電極体に加えられる圧力に偏りが生じ難い。

20

【 0 0 1 6 】

また、上記の構成の非水電解液二次電池において、負極巻回終端よりも巻回方向に進行した位置にセパレータ巻回終端が配置されたセパレータの当該負極巻回終端よりも巻回方向に進行した部分は、正極および負極のいずれにも接触しない余剰部分 (即ち、余剰セパレータ領域) となる。

上記距離 b が小さいほど、上記正極巻回終端と上記余剰セパレータ領域との距離が近くなる。このため、巻回電極体において最も外周側に位置する負極 (即ち、上記最外周負極) の上記巻回外周側の負極活物質層であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分へ、上記正極巻回終端から電荷担体が供給されやすくなる。

30

また、上記距離 a が小さいほど、上記最外周負極の上記巻回外周側の負極活物質層であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分が狭くなる。このため、上記最外周負極の上記巻回外周側の負極活物質層へ移動する電荷担体の量を低減することができる。

本発明者らの検討によると、上記距離 a および上記距離 b が上記の関係を満たす場合に、上記最外周負極であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分に対向する正極活物質層からの電荷担体の過剰な脱離を抑制し得る。

【 0 0 1 7 】

40

以上に述べたとおり、上記構成によると、巻回電極体の中央扁平部を当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に押圧した場合に当該巻回電極体に加えられる圧力の偏りの低減と、微小短絡の発生の抑制とを両立した非水電解液二次電池を提供することができる。

【 0 0 1 8 】

ここで開示される非水電解液二次電池の好適な一態様では、上記距離 a (mm) および上記距離 b (mm) が、 $0.5 \leq a \leq 8$ 、および $0 \leq b \leq 11$ を満たす。また好ましくは、上記距離 a (mm)、および上記距離 b (mm) は、 $0.5 \leq a \times (a+b) \leq 50$ を満たす。

上記距離 a および上記距離 b を上記範囲とすることで、上記微小短絡の発生を高度に抑

50

制し得る。

【0019】

ここで開示される非水電解液二次電池の好適な一態様では、上記2つのセパレータ捲回終端のうち一方のセパレータ捲回終端よりも相対的に捲回方向に進行した位置に配置されたセパレータ捲回終端が、捲止部材によって捲回電極体の外表面に固定されており、上記捲止部材の捲回方向の両端が、上記セパレータ捲回終端と同一のR部であって、上記二つの扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の内側に位置する。

上記捲止部材は、正極捲回終端、負極捲回終端およびセパレータ捲回終端と同様に捲回電極体表面に段差を形成する原因となり得る。上記構成によると、上記捲回電極体の扁平表面に上記捲止部材に起因する段差が形成されないため、捲回電極体の中央扁平部を当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に押圧した場合であっても、捲回電極体に加えられる圧力に偏りが生じ難い。

10

【0020】

ここで開示される非水電解液二次電池の好適な一態様では、上記2枚のセパレータの上記セパレータ捲回終端が並列となる位置に配置される。

かかる構成によると、上記余剰セパレータ領域には3枚のセパレータが存在することとなるため、より多くの非水電解液が保持される。本発明の非水電解液二次電池においては、上記最外周負極であって上記余剰セパレータ領域が積層する部分に対向する正極活物質層からの電荷担体の過剰な脱離を抑制しているため、上記2枚のセパレータの上記セパレータ捲回終端が揃っている場合であっても、微小短絡の発生を高度に抑制し得る。

20

【0021】

ここで開示される非水電解液二次電池の好適な一態様では、上記正極活物質層は、正極活物質として、マンガンおよびニッケルのうちの少なくとも一種を含むリチウム遷移金属複合酸化物を含む。

本発明の非水電解液二次電池においては、上記最外周負極に対向する正極活物質層からの電荷担体の過剰な脱離を抑制しているため、上記のリチウム遷移金属複合酸化物を正極活物質として用いた場合であっても、当該正極活物質を構成する金属成分が溶出し難い。即ち、上記正極活物質を用いた場合であっても、微小短絡の発生を高度に抑制し得る。

【0022】

また、本発明によると、複数の単電池が相互に電氣的に接続されてなる組電池であって、上記単電池としてここで開示されるいずれかの非水電解液二次電池を備え、上記単電池中に備えられる上記捲回電極体の上記中央扁平部が、当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に0.2MPa以上10MPa以下の圧力で押圧されている組電池が提供される。

30

ここで開示される非水電解液二次電池は、上記捲回電極体の中央扁平部の扁平表面に上記各捲回終端等に起因する段差が形成されない。このため、捲回電極体の中央扁平部について、当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に押圧した場合であっても、当該捲回電極体に加えられる圧力に偏りが生じ難い。したがって、かかる非水電解液二次電池を上記構成の組電池を構成する単電池として使用することで、優れた電池特性（入出力特性、サイクル特性等）を発揮し得る。

40

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の一実施形態に係る非水電解液二次電池の外形を模式的に示す斜視図である。

【図2】図1中のII-II線に沿う断面構造を模式的に示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る非水電解液二次電池について、電池ケース内に収容された電極体を模式的に示す縦断面図である。

【図4】一実施形態に係る捲回電極体の構成を模式的に示す斜視図である。

【図5】一実施形態に係る捲回電極体の構成を示す模式図である。

【図6】図4中のVI-VI線に沿う断面構造を模式的に示す縦断面図であって、一実施

50

形態に係る捲回電極体の要部を拡大して模式的に示す部分断面図である。

【図 7】図 6 中の V I I - V I I 線に沿う断面構造を模式的に示す部分断面図である。

【図 8】最外周負極において、対向する正極活物質層および捲回内周側の負極活物質層から捲回外周側の負極活物質層への電荷担体の移動を模式的に示す模式図である。

【図 9】図 6 に示す捲回電極体の要部をさらに拡大して示す部分拡大図であり、且つ正極捲回終端から、最外周負極の捲回外周側の負極活物質層であってセパレータの余剰セパレータ領域が積層する部分への電荷担体の移動を模式的に示す模式図である。

【図 10】(A) および (B) はそれぞれ本発明の一実施形態に係る非水電解液二次電池について圧力を負荷しない状態および圧力を負荷した状態を説明する断面模式図であり、(C) は複数の非水電解液二次電池に対して圧力を負荷する典型例を説明した斜視図である。

10

【図 11】一実施形態に係る組電池の構成を示す斜視図である。

【図 12】一実施形態に係る組電池の構成を示す側面図である。

【図 13】一試験例における正極捲回終端、負極捲回終端、およびセパレータ捲回終端の位置を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、適宜図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態を、リチウムイオン二次電池を例にして説明する。なお、本発明において特に言及している事項以外の事柄であって本発明の実施に必要な事項は、当該分野における従来技術に基づく当業者の設計事項として把握され得る。本発明は、本明細書に開示されている内容と当該分野における技術常識とに基づいて実施することができる。なお、以下の図面において、同じ作用を奏する部材・部位に同じ符号を付して説明し、重複する説明は省略または簡略化することがある。また、各図における寸法関係（長さ、幅、厚さ等）は必ずしも実際の寸法関係を反映するものではない。

20

なお、リチウムイオン二次電池は一例であり、本発明の技術思想はこれに限定されない。例えば、正負極間での電荷担体の移動に伴う電荷の移動により、繰り返し充放電が実現される各種の二次電池を適応対象とすることができる。具体的には、電荷担体としてリチウムイオンを利用するリチウムイオン二次電池以外に、その他の電荷担体（例えばナトリウムイオン等）を備える他の二次電池（例えばナトリウムイオン二次電池等）にも本発明の技術思想は適用される。

30

【0025】

ここで開示されるリチウムイオン二次電池 100 は、おおまかにいって、図 1 ~ 3 に示すように、扁平な捲回電極体 20 と図示しない電解液とが電池ケース（即ち外装容器）30 に收容された電池である。電池ケース 30 は、一端（電池の通常の使用状態における上端部に相当する。）に開口部を有する箱形（すなわち有底直方体状）のケース本体 32 と、該ケース本体 32 の開口部を封止する蓋体 34 とから構成される。ケース本体 32 は、その上部の開口を介して捲回電極体 20 を收容することができる。ケース本体 32 は、図 1 ~ 3 に示すように、一对の幅広面 37 と、幅広面 37 に隣接する一对の幅狭面 38 と、底面 39 とから構成されている。図示するように、蓋体 34 には外部接続用の正極端子 42 および負極端子 44 が、それらの端子の一部が蓋体 34 から電池 100 の外方に突出するように設けられている。また、蓋体 34 には、電池ケース 30 内部で発生したガスを電池ケース外部に排出するための安全弁 36 および電解液を当該電池ケース内に注入するための注入口（図示せず）が設けられている。電池ケース 30 の材質としては、アルミニウムやアルミニウム合金、ステンレス鋼等の金属材料（合金製）、樹脂材料のものが好ましい。

40

【0026】

かかる構成の非水電解液二次電池（リチウムイオン二次電池）100 は、例えば、ケース本体 32 の開口部から捲回電極体 20 を内部に收容し、該ケース本体 32 の開口部に蓋体 34 を取り付けた後、蓋体 34 に設けられた注入口から非水電解液を注入し、次いでか

50

かる注入口を所定の封止部材で塞ぐことによって構築することができる。

【0027】

次に、本実施形態に係る捲回電極体20の好適な一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0028】

捲回電極体20は、図4に示すように、捲回軸方向に直交する方向の両端部であって該捲回電極体20の積層面を除く外表面が曲面からなる2つのR部22(22a、22b)と、両R部に挟まれている中央部分であって幅広な2つの扁平表面26を有する中央扁平部24とを有する扁平形状である。

【0029】

特に限定するものではないが、本実施形態にかかる捲回電極体20は、図2および図3に示すように、捲回軸方向に対して直交する方向が上記電池ケース30(電池ケース本体32)の上下方向となり(該捲回電極体20の捲回軸WLが横倒しとなる姿勢、即ち、捲回電極体20の捲回軸WLの法線方向に上記電池ケース本体32の開口が形成されている。)、上記2つのR部22(22a、22b)のうち一方のR部22bが、電池ケースの底面39に対向するように、電池ケース30(即ち、電池ケース本体32)内に收容されている。ここで、上記電池ケースの底面39に対向する上記捲回電極体20のR部22bを下R部と呼び、もう一方のR部22a、即ち、電池ケース30の開口側のR部22aを上R部と呼ぶこととする。なお、図中の捲回電極体は、いずれも上R部が上になるように示している。

【0030】

図5に示すように、捲回電極体20は、組み立てる前段階において長尺状のシート構造(シート状電極体)である。かかる捲回電極体20は、長尺なシート状の正極50と、長尺なシート状の負極60とが、同じく長尺シート状の2枚のセパレータ70(70a、70b)を介して重ねあわせて捲回されている。かかる捲回電極体20は、電荷担体の受入性の観点から、上記負極60は上記正極50よりも捲回電極体20の外周側に位置するように、正極50、負極60、およびセパレータ70(70a、70b)を重ねて捲回されている。なお、捲回電極体20の表面と電池ケース30の内壁とを確実に絶縁する観点から、好ましくは、図4に示すように、捲回電極体20の最外周がセパレータ70(70a)となる(即ち捲回電極体20において最も外周側に位置する負極60がセパレータ70(70a)で覆われている)。

【0031】

かかる扁平形状の捲回電極体20は、例えば、捲回軸方向に直交する断面が扁平な捲芯の周りに上記正極50、上記負極60および上記セパレータ70(70a、70b)を積層した積層体を捲回する、或いは当該積層体を円筒状に捲回した後に扁平形状になるように側面方向から押しつぶして上げさせる等によって形成し得る。

【0032】

図5に示すように、上記正極50は、長尺なシート状の正極集電体52の両面にシート長手方向に沿って正極活物質層54が形成されており、また、上記負極60は、長尺なシート状の負極集電体62の両面にシート長手方向に沿って負極活物質層64が形成されている。かかる正極活物質層54は、上記捲回電極体20を構成する上記長尺な正極50の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端(正極捲回終端56)に至るまで、長尺方向に上記正極集電体52の両面に形成されている。また、上記負極活物質層64は、上記捲回電極体20を構成する上記長尺な負極60の捲回終端であって該捲回電極体の外側に位置する捲回終端(負極捲回終端66)に至るまで、長尺方向に上記負極集電体62の両面に形成されている。そして典型的に、上記負極活物質層64および上記正極活物質層54は、電荷担体の受入性を考慮して、図示するように、負極活物質層64の長尺方向に直交する幅方向のサイズb1が正極活物質層54の長手方向に直交する幅方向のサイズa1よりも大きくなるように形成されることが多い(b1 > a1)。さらにセパレータ70(70a、70b)の長手方向に直交する幅方向のサイズc1、c2は、正極活

10

20

30

40

50

物質層 5 4 および負極活物質層 6 4 を確実に絶縁する為に、これらの幅方向のサイズ（典型的には上記負極活物質層 6 4 の幅方向のサイズ b_1 ）よりも大きくなるように形成されることが多い（典型的には c_1 、 $c_2 > b_1 > a_1$ ）。

【0033】

図 5 に示すように、かかる正極 5 0 と負極 6 0 とセパレータ 7 0 a、7 0 b は、長さ方向を揃えて、正極 5 0：セパレータ 7 0 b：負極 6 0：セパレータ 7 0 a の順になるように重ねられる。典型的には、正極 5 0 および負極 6 0 は、シート長手方向に直交する幅方向において上記負極活物質層 6 4 が正極活物質層 5 4 を覆うように重ねられている。即ち、典型的には、上記正極 5 0 と負極 6 0 とは、上記負極活物質層 6 4 の幅方向の両端が正極活物質層 5 4 の幅方向の両端よりも捲回軸方向に外側に位置するように重ねられている。換言すると、負極活物質層 6 4 の幅方向の両端には、正極活物質層 5 4 と対向しない部分（以下、単に「正極活物質層非対向部分 6 8」ともいう）が存在し得る。また、典型的には、上記セパレータ 7 0 a、7 0 b がシート長手方向に直交する幅方向で正極活物質層 5 4 および負極活物質層 6 4 を覆うように重ねられる。即ち、好ましくは、上記正極 5 0 と負極 6 0 とセパレータ 7 0 a、7 0 b は、当該セパレータ 7 0 a、7 0 b の幅方向の両端が、上記負極活物質層 6 4 の幅方向の両端および正極活物質層 5 4 の幅方向の両端よりも捲回軸方向に外側に位置するように重ねられている。好ましくは、上記正極活物質層 6 4 の長手方向に直交する幅方向の中心と、上記負極活物質層 5 4 の長手方向に直交する幅方向の中心と、上記セパレータ 7 0 の長手方向に直交する幅方向の中心とが一致するように正極 5 0、負極 6 0 およびセパレータ 7 0 a、7 0 b とが重ねられている。

10

20

【0034】

電池充電時において、上記正極活物質層非対向部分 6 8 に該当する負極活物質層 6 4 には、負極活物質層 6 4 のうちの正極活物質層 5 4 に対向する部分（以下、単に「正極活物質層対向部分 6 9」ともいう）から電荷担体が拡散し得る（図 8 参照）。このため、正極活物質層 5 4 の長尺方向に直交する端部は、対向する負極活物質層 6 4（即ち、対向する正極活物質層対向部分 6 9）のみでなく上記正極活物質層非対向部分 6 8 に該当する負極活物質層 6 4 から電荷担体が引き抜かれることとなる。

このため、正極活物質層 5 4 からの電荷担体の過剰な脱離を抑制する観点からは、上記正極活物質層非対向部分 6 8 に該当する負極活物質層 6 4 は小さい方が好ましい。例えば、上記正極活物質層非対向部分 6 8 の幅長（上記負極活物質層 6 4 の幅方向に一致する方向の長さ）は例えば $0.5\text{ mm} \sim 5\text{ mm}$ （好ましくは $0.5\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ ）の範囲内に設定し得る。

30

【0035】

捲回電極体 2 0 において最も外周側に位置する負極 6 0（即ち、上記最外周負極 6 0 a）において、捲回電極体 2 0 の外周側に位置する負極活物質層 6 4 a の容量が大きいほど、当該負極活物質層 6 4 a 内に多くの電荷担体を収容し得る（図 8 参照）。即ち、上記最外周負極 6 0 a において捲回電極体 2 0 の内周側に位置する負極活物質層 6 4 b の幅方向の端部から移動した電荷担体を収容するキャパシティーが高い。このため、上記最外周負極 6 0 a において、捲回電極体 2 0 の外周側に位置する負極活物質層 6 4 a の容量が大きいほど、上記最外周負極 6 0 a（具体的には当該負極の捲回内周側の負極活物質層 6 4 b）に対向する正極活物質層 5 4 であって、正極の長尺方向に直交する幅方向の端部に位置する正極活物質層 5 4 から、電荷担体が過剰に脱離しがちである。

40

従って、負極活物質層 6 4 の厚みは、例えば $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上（典型的には $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上）であって、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下（典型的には $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下）が好ましい。また、負極活物質層 6 4 の長尺方向に直交する幅方向のサイズは、典型的には $80\text{ mm} \sim 150\text{ mm}$ （例えば $100\text{ mm} \sim 120\text{ mm}$ ）の範囲内で設定することが好ましい。また、負極活物質層 6 4 の密度は、例えば 0.5 g/cm^3 以上 2 g/cm^3 以下（典型的には 1 g/cm^3 以上 1.5 g/cm^3 以下）程度とすることが好ましい。負極活物質層の性状を上記の範囲で設定することで、上記最外周負極 6 0 a（具体的には当該負極の捲回内周側の負極活物質層 6 4 b）に対向する正極活物質層 5 4 であって、正極の長尺方向に直交する幅方向の

50

端部に位置する正極活物質層 5 4 からの電荷担体の過剰な脱離を抑制し得る。

【 0 0 3 6 】

好適な一態様では、図 5 および図 7 に示すように、正極集電体 5 2 のシート長手方向に直交する幅方向の一方の端部は、シート長手方向に沿って帯状に正極活物質層 5 4 が形成されずに正極集電体 5 2 が露出している。同様に、負極集電体 6 2 のシート長手方向に直交する幅方向の一方の端部は、シート長手方向に沿って帯状に負極活物質層 6 4 が形成されずに負極集電体 6 2 が露出している。以下、上記正極集電体 5 4 の露出部分を正極集電体露出端部 5 3、上記負極集電体 6 4 の露出部分を負極集電体露出端部 6 3 ともいう。

【 0 0 3 7 】

また、好適な一態様では、図 2、4、5 および図 7 に示すように、上記正極集電体露出端部 5 3 と上記負極集電体露出端部 6 3 とがセパレータ 7 0 a、7 0 b の幅方向において互いに反対側にはみ出るように、即ち、上記正極集電体露出端部 5 3 と上記負極集電体露出端部 6 3 とが捲回電極体 2 0 の捲回軸方向の反対側に互いに突出するように、正極 5 0、負極 6 0 およびセパレータ 7 0 a、7 0 b が重ねられ、捲回軸 W L の周りに捲回されている。

【 0 0 3 8 】

図 7 に示すように、負極活物質層 6 4 の幅方向の端部のうちの上記負極集電体露出端部 6 3 が存在する側の端部では、当該負極集電体露出端部 6 3 (即ち、負極集電体 6 2) が障壁となるため、捲回内周側の負極活物質層 6 4 b 中の電荷担体が捲回外周側の負極活物質層 6 4 a へ移動し難い。このため、充電時の上記最外周負極 6 0 a では、図 8 に示すように、負極活物質層 6 4 の幅方向の端部のうちの負極集電体露出端部 6 3 が存在しない側の端部において、捲回内周側の負極活物質層 6 4 b から捲回外周側の負極活物質層 6 4 a へ移動する電荷担体の量が増大しがちである。即ち、最外周負極 6 0 a (即ち当該負極の捲回内周側の負極活物質層 6 4 b) に対向する正極活物質層 5 4 の幅方向の端部であって、上記負極集電体露出端部 6 3 が存在しない側の端部 (即ち、正極集電体露出端部 5 3 が存在する側の端部) から、電荷担体が重点的に引き抜かれがちである。

本発明の非水電解液電池 1 0 0 においては、上記最外周負極 6 0 a (具体的には当該負極の捲回内周側の負極活物質層 6 4 b) に対向する正極活物質層 5 4 であって、正極の長尺方向に直交する幅方向の端部に位置する正極活物質層 5 4 からの電荷担体の過剰な脱離が抑制されている。かかる効果は、上述のように上記負極集電体の幅方向の一方の端部に負極集電体露出端部 6 3 が設けられ、また上記正極集電体の幅方向の一方の端部に正極集電体露出部 5 3 が設けられ、当該正極集電体露出端部 5 3 と上記負極集電体露出端部 6 3 とが捲回電極体 2 0 の捲回軸方向の反対側に互いに突出するように捲回されてなる捲回電極体を備えた非水電解液二次電池に対しても、同様に発現され得る。

【 0 0 3 9 】

なお、図 2 に示すように、上記正極集電体露出端部 5 3 には正極集電板 4 2 a が、上記負極集電体露出端部 6 3 には負極集電板 4 4 a がそれぞれ付設され、上記正極端子 4 2 および上記負極端子 4 4 とそれぞれ電氣的に接続されている。

【 0 0 4 0 】

ここで開示される非水電解液二次電池 1 0 0 に備えられる上記捲回電極体 2 0 は、図 4 および図 6 に示すように、上記正極 5 0 の捲回終端であって捲回電極体の外側に位置する正極捲回終端 5 6、上記負極 6 0 の捲回終端であって捲回電極体の外側に位置する負極捲回終端 6 6、および上記セパレータ 7 0 a、7 0 b の捲回終端であって捲回電極体の外側に位置するセパレータ捲回終端 7 2 a、7 2 b が、いずれも同一の上記 R 部 2 2 (ここでは上 R 部 2 2 a) に位置するように、上記正極 5 0、負極 6 0 およびセパレータ 7 0 a、7 0 b が捲回されている。捲回電極体 2 0 の中央扁平部 2 4 を押圧する際に捲回電極体 2 0 に加えられる圧力の偏りを低減する観点からは、上記正極捲回終端 5 6、上記負極捲回終端 6 6、および上記セパレータ捲回終端 7 2 a、7 2 b が、いずれも上記捲回電極体 2 0 の中央扁平部 2 4 の二つの扁平表面 2 6 よりも捲回電極体 2 0 の厚み方向の内側に位置することが好ましい。

上記 R 部 2 2 は、上 R 部 2 2 a、または下 R 部 2 2 b のいずれであってもよい。例えば、上 R 部 2 2 a であり得る。

【 0 0 4 1 】

また、図 4、図 6 および図 9 に示すように、上記捲回電極体 2 0 において、上記負極捲回終端 6 6 は上記正極捲回終端 5 6 と並列となる位置に配置される、若しくは上記負極捲回終端 6 6 が上記正極捲回終端 5 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置される。電荷担体の受入性の観点から、上記負極捲回終端 6 6 が上記正極捲回終端 5 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置されることが好ましい。

【 0 0 4 2 】

また、図 4、図 6 および図 9 に示すように、上記捲回電極体 2 0 において、上記 2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b のうちの少なくとも一方のセパレータの上記セパレータ捲回終端（ここでは 2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b の捲回終端 7 2 a および 7 2 b）は、上記負極捲回終端 6 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置されている。これにより、上記負極捲回終端 6 6 よりも捲回方向に突出したセパレータ 7 0 の一部によって、正極 5 0 および負極 6 0 のいずれにも接触しない余剰部分（即ち、余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b）が形成される。

【 0 0 4 3 】

図 6 および図 9 に示すように、捲回電極体 2 0 と電池ケース 3 0 の内壁との絶縁性を確保する観点から、捲回電極体 2 0 の最外周に位置するセパレータ 7 0 a のセパレータ捲回終端 7 2 a が上記負極捲回終端 6 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置することが好ましい。正極 5 0 と負極 6 0 とを確実に絶縁する観点からは、最外周負極 6 0 a と該負極に対向する正極 5 0 との間に位置するセパレータ 7 0 b のセパレータ捲回終端 7 2 b を上記負極捲回終端 6 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置することが好ましい。即ち、2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b の上記セパレータ捲回終端 7 2 a、7 2 b のいずれもが上記負極終端 6 6 よりも捲回方向に進行した位置に配置されることがより好ましい。例えば、2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b の上記セパレータ捲回終端 7 2 a、7 2 b は捲回方向で並列となる位置に配置されてもよい。即ち、一のセパレータの余剰セパレータ領域（ここではセパレータ 7 0 b の余剰セパレータ領域 7 4 b）が他のセパレータの余剰セパレータ領域（ここではセパレータ 7 0 a の余剰セパレータ領域 7 4 a）の一部と重なった状態で、上記 R 部 2 2（ここでは上 R 部 2 2 a）に存在し得る。

【 0 0 4 4 】

上記余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が存在する部分では、当該余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が存在しない部分と比較して、より多くの非水電解液が当該余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b のセパレータ 7 0 a、7 0 b 内に保持される。

上記余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b のうちの上記 2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b の余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が重なっている部分では、より多くの非水電解液が当該余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b に保持され得る。このため、上記 2 枚のセパレータ 7 0 a、7 0 b の余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が重なった部分に対向する負極活物質層 6 4（上記最外周負極 6 0 a の負極活物質層 6 4 であって捲回電極体 2 0 の外周側の負極活物質層 6 4 a）では、電荷担体がスムーズに拡散する（電荷担体の拡散が促進される）。

また、本発明者らの検討によると、上記最外周負極 6 0 a の幅方向（即ち、捲回電極体の捲回軸方向）の端部における上記捲回内周側の負極活物質層 6 4 b から捲回外周側の負極活物質層 6 4 a への電荷担体の移動、および捲回外周側の負極活物質層 6 4 a 内での電荷担体の拡散は、当該捲回外周側の負極活物質層 6 4 a に酸素が供給されると加速されることが確認された。最外周負極 6 0 a の捲回外周側の負極活物質層 6 4 a であって、上記余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が積層する部分には、電池ケース 3 0 の内壁と捲回電極体 2 0 の R 部 2 2 の曲面との間の間隙に存在する酸素が容易に供給され得る。

これらの理由から、最外周負極 6 0 a であって上記余剰セパレータ領域 7 4 a、7 4 b が積層した部分に対向する正極活物質層 5 4 の幅方向の端部（典型的には、上記負極集電

10

20

30

40

50

体露出端部 63 が存在しない側、即ち正極集電体露出端部 53 が存在する側の端部) から、電荷担体が重点的に引き抜かれがちである。

本発明の非水電解液電池 100 においては、上記最外周負極 60a (具体的には当該負極の捲回内周側の負極活物質層 64b) に対向する正極活物質層 54 であって、正極の長尺方向に直交する幅方向の端部に位置する正極活物質層 54 からの電荷担体の過剰な脱離が抑制されている。このため、上記最外周負極 60a であって上記余剰セパレータ領域 74a, 74b が積層した部分に対向する正極活物質層 54 の幅方向の端部からの電荷担体の脱離も好適に抑制し得る。

【0045】

ここで、図 6 および図 9 に示すように、上記負極捲回終端 66 から、上記 2 つのセパレータ終端 (セパレータ捲回終端 72a, 72b) のうち、相対的に捲回方向により進行した位置に配置された方のセパレータ終端 (ここではセパレータ捲回終端 72a) までの距離を a (mm)、上記正極捲回終端 56 から上記負極捲回終端 66 からまでの距離を b (mm) としたとき、当該 a、b は以下の関係： $0.5 a \times (a+b) \leq 104$ 、および、 $0 \leq b \leq 11$ ；を満たす。

10

【0046】

ここで、図 9 に、図 6 の要部 (上記正極捲回終端 56、上記負極捲回終端 66、および上記セパレータ捲回終端 72a, 72b が配置される R 部) を拡大して示す。かかる図 9 には、正極捲回終端 56 から上記最外周負極 60a の上記捲回外周側の負極活物質層 64a であって上記セパレータ余剰領域 74a, 74b が積層する部分への電荷担体の移動について示している。図中の「Li⁺」は電荷担体 (典型的にはリチウムイオン) を、図中の矢印は電荷担体の移動方向を示す。なお、図 8 では、正極 50 および負極 60 の間での電荷担体の移動を解りやすく示すために、R 部の曲面を平面とみなして示している。また、図 6 中の捲止部材 80 は省略した。

20

【0047】

上記距離 a を小さくすることで、余剰セパレータ領域 74a, 74b が積層する負極 60 の範囲を小さくすることができる。これにより、上記捲回電極体 20 において最も外周側に位置する負極 60 (即ち上記最外周負極 60a) の上記捲回外周側の負極活物質層 64a へ移動する電荷担体の量を低減することができる。一方で、正極 50 と負極 60 との絶縁性を確保する観点からは、上記距離 a (mm) は、捲回電極体 20 の製造工程において生じ得るバラつきを考慮した長さ (例えば $0.5 a$ 、典型的には $1 a$ 、一般的には $2 a$) に設定することが好ましい。

30

【0048】

また、図 9 に示すように、電池充電時において、正極捲回終端 56 の正極活物質層 54 から対向する負極活物質層 64 に移動した電荷担体は、対向する正極活物質層 54 が存在しない方向 (即ち、当該負極活物質層 64 の捲回方向) に拡散し得る。上記 b を小さくすることで、正極捲回終端 56 と上記セパレータ余剰領域 74a, 74b との距離が近くなる。上記最外周負極 60a の上記捲回外周側の負極活物質層 64a であって上記セパレータ余剰領域 74a, 74b が積層する部分へ、上記正極捲回終端 56 から電荷担体が供給されやすくなる。一方で、電荷担体の受入性の観点から、正極捲回終端 56 を上記最外周負極 60a が覆う、即ち負極捲回終端 66 が正極捲回終端 56 よりも捲回方向に進んで位置する ($0 < b$ である) ことが好ましい。上記距離 b (mm) は、捲回電極体 20 の製造工程において生じ得るバラつき等を考慮すると、例えば $0.5 b$ 、典型的には $1 b$ 、一般的には $2 b$ とし得る。

40

【0049】

このため、好ましくは、上記距離 a (mm) は $0.5 a \leq 8$ (例えば $1 a \leq 8$ 、典型的には $2 a \leq 8$) を満たす。また、上記距離 b (mm) は $0.5 b \leq 11$ (例えば $1 b \leq 11$ 、典型的には $2 b \leq 11$) を満たすことが好ましい。そして、さらに好ましくは、上記距離 a (mm) および上記距離 b (mm) は、 $0.5 a \times (a+b) \leq 5$

50

0 (例えば2 a × (a + b) 5 0、典型的には8 a × (a + b) 5 0)を満たす。
【0050】

また、典型的には、図3、図6および図7に示すように、上記巻回電極体20の解れ(巻回が緩む)ことを防ぐため、上記2つのセパレータ巻回終端72a, 72bのうちの巻回電極体の外側に位置するセパレータ70のセパレータ巻回終端(ここではセパレータ巻回終端72a)が、巻止部材80によって巻回電極体20の外表面に固定されている。かかるセパレータ巻回終端72aの固定は、当該巻回部材80の巻回方向の両端がいずれも上記セパレータ巻回終端72a, 72bと同一のR部22(例えば上R部22a)に位置するように配置することが好ましい。より好ましくは、上記巻回部材80の巻回方向の両端がいずれも巻回電極体20の二つの扁平表面26よりも巻回電極体20の厚み方向の内側に位置するように配置する。

10

【0051】

上記巻止部材80は、上記セパレータ巻回終端72aを巻回電極体20の外表面に固定できれば特に限定されない。典型的には片面接着或いは両面接着の接着テープ等を用い得る。例えば、片面接着の接着テープを、上記セパレータ巻回終端72aの一部を覆いつつ、巻回電極体20の外表面に貼り付けることで、上記セパレータ巻回終端72aを巻回電極体20の外表面に固定することができる。また、電池ケース30内に占める上記巻止部材80の容積を削減する観点からは、上記巻止部材80のサイズは小さい方が好ましく、例えば厚さが20 μm ~ 50 μm程度のもを使用し得る。また、かかる巻止部材80のサイズについて、当該巻止部材80を巻回電極体に配置した際に巻回軸方向に一致する方向の長さは5 mm ~ 20 mm程度とし得る。

20

【0052】

上記巻回電極体20のサイズは特に限定されないが、例えば、巻回軸方向の長さは典型的には80 mm ~ 200 mm(例えば120 mm ~ 150 mm)、R部22の曲面の弧の長さは10 mm ~ 40 mm(凡そ20 mm)、巻回軸に直交する方向の長さ(例えば上R部22aの頂点から下R部22bの頂点までの長さ)は30 mm ~ 100 mm(凡そ60 mm)、厚み(一の扁平表面26から他方の扁平表面26までの距離)は典型的には10 mm ~ 25 mm(凡そ12.5 mm)の範囲で設定し得る。

【0053】

ここで、巻回電極体20を構成する材料や部材(例えば正極50、負極60およびセパレータ70を構成する材料や部材等)および、非水電解質(典型的には非水電解液)は、従来一般的な非水電解質二次電池(典型的にはリチウムイオン二次電池)に用いられるものと同様のものを制限なく使用可能である。典型的な一態様を以下に示す。

30

【0054】

正極集電体52は、従来この種のリチウムイオン二次電池の正極集電体52として用いられるものを特に制限なく使用し得る。典型的には、良好な導電性を有する金属製の正極集電体52が好ましく、例えば、アルミニウムニッケル、チタン、ステンレス鋼等の金属材料から構成される。特にアルミニウム製(アルミニウム箔)が好ましい。正極集電体52の厚みは特に限定されないが、電池の容量密度と集電体の強度との兼ね合いから、5 μm以上50 μm以下程度が適当であり、8 μm以上30 μm以下程度がより好ましい。

40

【0055】

正極集電体52上に形成される正極活物質層54は、少なくとも正極活物質を含有する。正極活物質としては、リチウムイオンを吸蔵及び放出可能な材料であって、リチウム元素と一種または二種以上の遷移金属元素を含むリチウム含有化合物(例えばリチウム遷移金属複合酸化物)が挙げられる。例えば、リチウムニッケル複合酸化物(例えばLiNiO₂)、リチウムコバルト複合酸化物(例えばLiCoO₂)、リチウムマンガン複合酸化物(例えばLiMn₂O₄)、或いは、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物(例えばLiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O₂)のような三元系リチウム含有複合酸化物が挙げられる。また、一般式がLiMPO₄或いはLiMVO₄或いはLi₂MSiO₄(式中のMはCo、Ni、Mn、Feのうちの少なくとも一種以上の元素)等で表記

50

されるようなポリアニオン系化合物（例えば LiFePO_4 、 LiMnPO_4 、 LiFeVO_4 、 LiMnVO_4 、 $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ 、 $\text{Li}_2\text{MnSiO}_4$ 、 $\text{Li}_2\text{CoSiO}_4$ ）を正極活物質として用いてもよい。これらのうちの一種を単独で、又は二種以上を組み合わせて用いてもよい。

【0056】

なお、本発明の電池100においては、たとえ高電位に充電された状態で高温保存（高温エージング）された場合であっても、正極活物質からの金属成分の溶出が抑えられている。かかる効果は、例えば、高温下で溶出しやすいマンガン（Mn）およびニッケル（Ni）のいずれか一方あるいは両方を含むリチウム遷移金属複合酸化物を正極活物質とする電池に対しても、同様に発現され得る。したがって、ここに開示される電池100においては、マンガンおよびニッケルのうちの少なくとも1種を含むリチウム遷移金属複合酸化物を正極活物質として用いた場合に、その効果が十分かつ明瞭に発揮されるために好ましい。かかるリチウム遷移金属複合酸化物としては、例えばリチウムニッケル複合酸化物（例えば LiNiO_2 ）、リチウムマンガン複合酸化物（例えば LiMn_2O_4 ）、或いは、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物（例えば $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ ）等が挙げられる。

10

【0057】

また、正極活物質層54は、上記正極活物質の他に、導電材、結着材（バインダ）等の任意の成分を必要に応じて含有することができる。

上記導電材およびバインダとしては、従来この種のリチウムイオン二次電池の正極50で用いられているものを適宜採用することができる。例えば、導電材としては、アセチレンブラック（AB）等のカーボンブラックやその他（グラファイト等）の炭素材料を好適に使用し得る。バインダとしては、例えばポリフッ化ビニリデン（PVDF）等を使用し得る。

20

【0058】

このような正極50は、例えば正極活物質と必要に応じて用いられる材料とを適当な溶媒（例えばN-メチル-2-ピロリドン）に分散させ、ペースト状（スラリー状）の組成物を調製し、該組成物の適当量を正極集電体52の表面に付与した後、乾燥することによって形成することができる。また、必要に応じて適当なプレス処理を施すことによって正極活物質層54の性状（例えば、平均厚み、密度、空孔率等）を調整し得る。

30

【0059】

プレス処理後の正極活物質層54の厚みは、例えば20 μm 以上（典型的には50 μm 以上）であって、200 μm 以下（典型的には100 μm 以下）とすることができる。また、正極活物質層54の密度は特に限定されないが、例えば1.5 g/cm^3 以上（典型的には2 g/cm^3 以上）であって、4.5 g/cm^3 以下（典型的には4.2 g/cm^3 以下）とすることができる。このような形態の正極活物質層54は、高い電池性能（例えば、高いエネルギー密度や出力密度）を実現することができる。

【0060】

負極集電体は、従来この種のリチウムイオン二次電池の負極集電体62として用いられるものを特に制限なく使用し得る。典型的には、良好な導電性を有する金属製の負極集電体62が好ましく、例えば、銅や銅を主体とする合金をも用いることができる。負極集電体62の厚みは特に限定されないが、電池の容量密度と集電体の強度との兼ね合いから、5 μm 以上50 μm 以下程度が適当であり、8 μm 以上30 μm 以下程度がより好ましい。

40

【0061】

負極集電体62上に形成される負極活物質層64は、少なくとも負極活物質を含有する。負極活物質としては、従来からリチウムイオン二次電池に用いられる材料の一種または二種以上を特に限定なく使用することができる。例えば、少なくとも一部にグラファイト構造（層状構造）を含む粒子状（或いは球状、鱗片状）の炭素材料、リチウム遷移金属複合酸化物（例えば、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等のリチウムチタン複合酸化物）、リチウム遷移金属複合窒化物等が挙げられる。炭素材料としては、例えば、天然黒鉛、人造黒鉛（人工

50

黒鉛)、難黒鉛化炭素(ハードカーボン)、易黒鉛化炭素(ソフトカーボン)等が挙げられる。或いはまた、コアとしての黒鉛粒子が非晶質(アモルファス)な炭素素材で被覆(コート)された形態のカーボン粒子であってもよい。

【0062】

また、負極活物質層64は、上記負極活物質の他に、結着材(バインダ)や増粘剤等の任意の成分を必要に応じて含有することができる。

上記導バインダおよび増粘剤としては、従来この種のリチウムイオン二次電池の負極で用いられているものを適宜採用することができる。例えば、結着剤としてはスチレンブタジエンゴム(SBR)等を、また増粘剤としてはカルボキシメチルセルロース(CMC)等を好適に使用し得る。

10

【0063】

このような負極50は、例えば負極活物質と必要に応じて用いられる材料とを適当な溶媒(例えばイオン交換水)に分散させ、ペースト状(スラリー状)の組成物を調製し、次に、該組成物の適当量を負極集電体62の表面に付与した後、乾燥によって溶媒を除去することによって形成することができる。また、必要に応じて適当なプレス処理を施すことによって負極活物質層64の性状(例えば、平均厚み、密度、空孔率等)を調整し得る。

【0064】

長尺シート形状のセパレータ70a, 70bとしては、従来公知の微多孔質シートを特に制限なく使用することができる。例えば、ポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリエステル、セルロース、ポリアミド等の樹脂から成る多孔質樹脂シート(フィルム、不織布等)が挙げられる。かかる多孔質樹脂シートは、単層構造であってもよく、二層以上の複数構造(例えば、PE層の両面にPP層が積層された三層構造)であってもよい。また、多孔質樹脂シートの片面または両面(典型的には片面)に、多孔質の耐熱層を備える構成のものであってもよい。この耐熱層は、例えば、無機フィラーとバインダとを含む層であり得る。無機フィラーとしては、例えばアルミナ、ベーマイト、シリカ等を好ましく採用し得る。かかるセパレータの厚みは、例えば、およそ10 μ m以上40 μ m以下の範囲内で設定することが好ましい。

20

【0065】

非水電解液としては、例えば有機溶媒(非水溶媒)中に支持塩を含有させたもの(典型的には非水電解液)を用いることができる。

30

非水溶媒の好適例としては、例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)、ジエチルカーボネート(DEC)、ジメチルカーボネート(DMC)、エチルメチルカーボネート(EMC)等のうちの1種を単独で、あるいは2種以上を適宜組み合わせ(例えばECとEMCとDMCとを3:4:3の体積比で含む混合溶媒)用いることができる。支持塩としては、例えばLiPF₆、LiBF₄、LiClO₄等のリチウム塩(好ましくはLiPF₆)を用いることができる。支持塩の濃度は、例えば0.7mol/L以上1.3mol/L以下(好ましくは凡そ1.1mol/L)である。

【0066】

以上の構成の非水電解液二次電池100は、充電状態で高温(典型的には45以上、例えば60以上)環境に保存しても、微小短絡が発生することが無く、自己放電量が低く抑制され得る。したがって、例えば、電池100を構築した後、初期充電(コンディショニング処理)を行った状態で、高温エージング処理等の高温での保存に好適に供することができる。すなわち、例えば、下記の初期充電(コンディショニング処理)とその後に行う高温エージング処理とを、短時間で好適に実施することができる。

40

【0067】

[初期充電(コンディショニング処理)]

初期充電(コンディショニング処理)は、電池の性能を安定化させるために行われる充放電であって、その条件は特に制限されない。例えば、適切な電流密度で一回あるいは複数回の充放電を行うことが例示される。

【0068】

50

[高温エージング処理]

高温エージング処理は、典型的には上記コンディショニング処理に引き続き、あるいは、上記コンディショニング処理を行わずに、高温温度域（典型的には45以上、例えば60以上）に電池を保持する処理である。かかる高温エージング処理は、典型的には、まず、正極電位が溶解の対象である不可避免的に混入される金属異物の酸化還元電位よりも高い電位となるよう充電を行った後、その充電状態のまま所定の時間保持するものとすることができる。例えば、金属異物として銅（Cu）の溶解を行う場合には、電池電圧をCuの酸化還元電位である3.8V以上とすることができ、例えばエージング処理中の電圧降下を見越して3.9V以上とすること等が例示される。

また、エージング処理の温度は、例えば45以上（好ましくは60以上）とすることで、エージング処理中に進行する反応の促進を期待することができる。例えば、捲回電極体20に混入した金属異物の溶解反応を好適に促進することができ、工程時間の短縮と製造コストの低減とを図ることができる。エージング処理の温度は、典型的には45を超過する温度とすることができ、例えば50以上、好ましくは60以上（例えば、65を超過する温度）でありうる。さらには、70以上（例えば、70を超過する温度、80程度であり得る。）とすることもできる。エージング処理の温度の上限については特に制限はないものの、非水電解液二次電池100の構成の安定を保つために、例えば、85以下程度とすることが例示される。

なお、かかるエージング処理の時間については、エージング処理の目的や、製造する非水電解液二次電池100の構成（サイズ）等を考慮して適宜設定することができる。例えば、電池の体格や、溶解の対象となる金属異物の特性（例えば、大きさ、電解液への溶解性等）等を考慮することができる。このように、エージング処理の時間については一概には言えないものの、例えば、50未満程度の温度域で行う従来のエージング処理に要する時間と比較して、1/2～1/10程度の時間とすることができ、かかる時間を目安としてエージング処理の時間を設定すればよい。

【0069】

典型的に、上記初期充電（コンディショニング処理）および上記高温エージング処理は、電池ケース30内に收容された捲回電極体20の中央扁平部24が、当該中央扁平部24の扁平表面26に対して直交する方向に所定の圧力で押圧された状態で行われ得る。即ち、上記捲回電極体20を收容した電池ケース30の幅広面37を、当該幅広面37に直交する方向に圧力が負荷された状態で、上記初期充電（コンディショニング処理）および上記高温エージング処理を行い得る。かかる捲回電極体20の押圧（電池ケース30への圧力負荷）により、正極50と負極60との距離を近づけることで、エージング処理を効率よく行い得る。また、捲回電極体20を必要最小限の非水電解液で含浸した状態にし得る。なお、ここで開示する非水電解液二次電池100を拘束した状態で使用する場合は、使用状態と同じように拘束して上記初期充電（コンディショニング処理）および上記高温エージング処理を行うことで、実際の使用時に即した電池反応を促進させることができる。本発明の電池100においては、上記捲回電極体20の扁平表面26において、正極捲回終端56、負極捲回終端66、またはセパレータ捲回終端72a、72bが配置されることに起因する段差の形成が抑制されている。このため、上記捲回電極体20の中央扁平部24が所定の圧力で押圧される状態で使用される場合であっても、当該中央扁平部24をほぼ均等な圧力で押圧することができる（即ち、捲回電極体20にかかる圧力に偏りが生じ難い）。

【0070】

上記電池100（当該電池ケース内に收容された上記捲回電極体20）への圧力の負荷は、従来公知の一種または二種以上の手法を用いて行うことができる。例えば図10（A）に示すように、電池100を1対の拘束板92で挟んだ後、図10（B）に示すように、拘束板92を締めつける方法が例示される。締め付けには、ボルトや拘束バンドを用いる方法、エアープレス、油圧プレス等のプレス機による方法、適度な重量の重りを当該ケース上に積載する等の重力を用いる方法、真空炉等で減圧する方法等が挙げられる。圧力

の負荷に際しては、典型的には適当な治具（例えば拘束板 92）を使用するのが好ましい。例えば、当該電池 100 の一对の幅広面 37 を拘束板 92 で挟み込んだ状態で圧力を加える手法を好適に用いることができる。拘束板 92 を用いることで、電池ケース 30（具体的には、当該ケース内の捲電極体 20）を全体に渡って比較的ムラなく加圧することができる。また、例えば複数の電池 100 を同時に加圧処理する場合には、図 10（C）に示すようなコイルスプリングを利用した拘束治具 90 を好適に用いることができる。当該拘束治具 90 を用いる場合は、例えば非水電解液二次電池 100 を拘束板 92 の間に収容した後、取手部 94 を回してコイルスプリングを調整することにより、当該電池 100 の一对の幅広面に対し任意の圧力を負荷する。なお、負荷した圧力の大きさ（値）は、一般的な圧力測定手法（例えば、ロードセル、ひずみゲージ等）を用いて求めることができる。また、かかる圧力の負荷は一度に行ってもよく、例えば二回以上に分けて段階的に行ってもよい。

10

なお、上記電池ケース 30 の幅広面 37 を拘束する範囲（即ち上記拘束板 92 の大きさ）は、捲回電極体 20 の中央扁平部 24 と同等である（例えば上記電池ケース 30 の幅広面 37 と同程度の大きさである）。

【0071】

非水電解液二次電池 100（具体的には該電池が備える捲回電極体 20）に負荷する圧力は、特に限定されない。また、加える圧力が極端に大きい場合は、電池ケース 30 が過度に変形したり、電極体 20 内（典型的には、正極 50、負極 60 およびセパレータ 70）に存在する空隙（細孔）が潰れたりして、電池性能に悪影響を及ぼす虞があるために好ましくない。このため、上記圧力は、0.2 MPa 以上（好ましくは 0.5 MPa 以上）10 MPa 以下（好ましくは 5 MPa 以下）の範囲で設定し得る。なお、本明細書において「圧力」とは、大気圧に対する相対圧、即ち実際の圧力（絶対圧）から大気圧（約 0.1 MPa）を差し引いた圧力の値を指す。

20

【0072】

次に、上記非水電解液二次電池（リチウムイオン二次電池）100 を単電池とし、該単電池を複数備えてなる組電池（典型的には複数の単電池が直列に接続されてなる組電池）200 の一例を説明する。

図 11 および図 12 に示すように、この組電池 200 は、複数個（典型的には 10 個以上、好ましくは 10 ~ 30 個程度、例えば 20 個）の非水電解液二次電池（単電池）100 を、それぞれの正極端子 42 および負極端子 44 が交互に配置されるように一つずつ反転させつつ、電池ケース 30 の幅広面 37 が対向する方向、即ち、電池ケース 30 内の扁平な捲回電極体 20 の中央扁平部 24 が対向する方向に配列されている。当該配列された単電池 100 間には、所定形状の間隔保持板（スペーサー）110 が挟み込まれている。かかる間隔保持板 110 は、使用時に各単電池 100 内で発生する熱を効率よく放散させるための放熱部材として機能し得る材質および/または形状であることが好ましい。例えば、単電池 100 間に冷却用流体（典型的には空気）を導入可能な形状（例えば、長方形形状の冷却板の一辺から垂直に延びて対向する辺に至る複数の平行な溝が表面に設けられた形状）を有する。また、熱伝導性の良い金属製もしくは軽量で硬質なポリプロピレンその他の合成樹脂製の冷却板が好適である。

30

40

【0073】

上記配列させた単電池 100 および間隔保持板 110 の両端には、一对のエンドプレート（拘束板）120 が配置されている。上記配列された単電池 100、間隔保持板 110 は、両エンドプレート 120 の間を架橋するように取り付けられた締め付け用の拘束バンド 130 によって、上記単電池の配列方向に所定の拘束圧が加わるように拘束されている。即ち、上記単電池は、当該単電池中に備えられている扁平な捲回電極体 20 の中央扁平部 24 に対して、当該中央扁平部 24 の扁平表面 26 に直交する方向に拘束圧が加わるように拘束されている。より詳しくは、拘束バンド 130 の端部をビス 155 によりエンドプレート 120 に締付且つ固定することによって、上記単電池等は、その配列方向に所定の拘束圧が加わるように拘束されている。なお、本実施形態では、隣接する単電池 100

50

の間にそれぞれ間隔保持板 110 が配置されているため、拘束時には単電池の電池ケース 30 の幅広面 37 における当該間隔保持板 110 と接している部分が当該間隔保持板 110 によって押圧されることとなる。上記間隔保持板 110 は、上記単電池の電池ケース 30 に接する幅広面（拘束面）の大きさが、各単電池 100 に備えられる捲回電極体 20 の中央扁平部 24 の大きさと同等の大きさ（例えば電池ケース 30 の幅広面 37 の大きさと同程度の大きさ）に設定され得る。

そして、隣接する単電池 100 間において、一方の正極端子 42 と他方の負極端子 44 とが、接続部材（バスバー）140 によって電氣的に接続されている。このように各単電池 100 を直列に接続することにより、所望する電圧の組電池 200 が構築されている。

【0074】

各単電池を拘束する拘束圧は、特に限定するものではないが、当該単電池 100 に備えられる捲回電極体 20 の中央扁平部 24 が、当該中央扁平部 24 の扁平表面 26 に対して直交する方向（即ち単電池の配列方向）に 0.2 MPa 以上（好ましくは 0.5 MPa 以上）10 MPa 以下（好ましくは 5 MPa 以下）の圧力で押圧されるように設定される。

本発明の上記単電池 100 においては、上記捲回電極体 20 の扁平表面 26 において、正極捲回終端 56、負極捲回終端 66、またはセパレータ捲回終端 72a, 72b が配置されることに起因する段差の形成が抑制されている。このため、当該単電池 100 に備えられる捲回電極体 20 の中央扁平部 24 が所定の圧力で押圧される状態で使用される場合であっても、当該中央扁平部 24 をほぼ均等な圧力で押圧することができる（即ち、捲回電極体 20 にかかる圧力に偏りが生じ難い）。したがって、ここで開示される非水電解液二次電池（典型的にはリチウムイオン二次電池）100 は、単電池を複数備えてなる組電池 200 であって、当該単電池中に備えられる上記捲回電極体 20 の上記中央扁平部 24 が、当該中央扁平部 24 の扁平表面 26 に対して直交する方向に押圧されるように各単電池が拘束されている組電池を構成する単電池 100 として好適である。

【0075】

ここで開示される非水電解液二次電池は、捲回電極体の中央扁平部を当該中央扁平部の扁平表面に対して直交する方向に押圧した場合に当該捲回電極体に加えられる圧力に偏りの低減と、微小短絡の発生の抑制とを両立した非水電解液二次電池である。したがって、ここで開示される二次電池は、その特徴を活かして、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）、ハイブリッド自動車（HV）、電気自動車（EV）等の車両に搭載される駆動用電源として好適に利用し得る。また、本発明によれば、ここに開示される二次電池を、好ましくは動力源（典型的には複数個の二次電池が相互に電氣的に接続されてなる組電池）として備えた車両が提供される。

【0076】

以下、本発明に関する実施例（試験例）を説明するが、本発明にかかる実施例（試験例）に示すものに限定することを意図したものではない。

【0077】

以下の材料、プロセスによって、以下の材料、プロセスによって、表 1 に示す例 1 ~ 15 に係る捲回電極体を構築した。

【0078】

< 例 1 >

正極の作製は以下の手順で行った。正極活物質粉末としての $\text{LiNi}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{O}_2$ （LNCM）と、導電材としての AB と、バインダとしての P V D F とを、LNCM : AB : P V D F = 90 : 8 : 2 の質量比で NMP と混合し、スラリー状の正極活物質層形成用組成物を調製した。かかる組成物を、厚み 15 μm の長尺状のアルミニウム箔（正極集電体）の両面に帯状に塗布して乾燥、プレスすることにより、正極シートを作製した。なお、上記正極の平均厚みが約 65 μm （正極活物質層の片面当たりの平均厚みが約 25 μm ）となるように、上記正極活物質層形成用組成物の塗付量およびプレス条件を調整した。

【0079】

10

20

30

40

50

負極の作製は以下の手順で行った。まず、負極活物質粉末として非晶質炭素で表面がコートされた黒鉛（C）を準備した。そして、かかる黒鉛（C）と、バインダとしてのスタジエンブタジエンゴム（SBR）と、増粘剤としてのCMCとを、C：SBR：CMC = 98：1：1の質量比でイオン交換水と混合して、スラリー状の負極活物質層形成用組成物を調製した。かかる組成物を、厚み10 μ mの長尺状の銅箔（負極集電体）の両面に帯状に塗布して乾燥、プレスすることにより、負極シートを作製した。なお、上記負極の平均厚みが約80 μ m（負極活物質層の片面当たりの平均厚みが約35 μ m）となるように、上記負極活物質層形成用組成物の塗付量およびプレス条件を調整した。

【0080】

上記のとおり作製した正極および負極を、多孔質ポリエチレン層の両面に多孔質ポリプロピレン層が形成され、さらに一方のポリプロピレン層の表面にアルミナ粒子とバインダからなる層（所謂、耐熱層）が形成された四層構造のセパレータ2枚を介して長尺方向に重ねあわせ、長尺方向に30回（即ち捲回数が0回）巻き取った（捲回した）。そして、かかる（捲回後の正極、負極およびセパレータ）を、捲回軸に直交する一方向に押しつぶして拉げること、扁平形状の捲回電極体を作製した。

【0081】

ここで、本試験例では、正極捲回終端、負極捲回終端、セパレータ捲回終端をそれぞれ以下の条件（I）～（IV）を満たす位置に配置した。

（I）上記正極捲回終端、上記負極捲回終端、上記セパレータ捲回終端を、いずれも同一のR部（ここでは上R部）上であって、二つの扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の内側に配置。

（II）上記負極捲回終端を上記正極捲回終端よりも捲回方向に進行した位置に配置。

（III）2枚のセパレータの捲回終端が捲回方向で並列となり、且つ当該セパレータ捲回終端が上記負極捲回終端よりも捲回方向で進行した位置に配置。

（IV）上記セパレータ捲回終端と上記負極捲回終端との距離をa（mm）、上記正極捲回終端と上記負極捲回終端との距離をb（mm）としたとき、当該a = 0.5 mm、b = 0.5 mmである。

なお、上記捲回電極体は、厚みが12.5 mmであり、捲回軸方向の長さが130 mmであり、上R部の頂点から下R部の頂点までの長さが62.5 mmであった。

【0082】

<例2～例13>

上記距離a（mm）を表1の「距離a（mm）」の欄に示す長さに変更し、且つ上記距離b（mm）を表1の「距離b（mm）」の欄に示す長さに変更した以外は例1と同様の材料およびプロセスにて、例2～13に係る捲回電極体を作製した。

【0083】

<例14>

正極捲回終端、負極捲回終端、セパレータ捲回終端をそれぞれ図13中のA、B、Cに配置した以外は上記例1と同様の材料およびプロセスにて、例14に係る捲回電極体を作製した。具体的には、上記正極終端部は中央扁平部と上R部の境界Aに配置した。また、上記負極終端部は上R部と中央扁平部との境界であって上記境界Aとは異なる境界Bに配置した。そして上記セパレータ終端部は、中央扁平部と下R部との境界であって、上記境界Bと同じ平面に位置する境界Cに配置した。

【0084】

<例15>

上記正極終端部、負極終端部、及びセパレータ終端部の配置を以下のとおりに変更した以外は例1と同様の材料およびプロセスにて、例15に係る捲回電極体を作製した。

即ち、上記正極終端部と上記負極終端部とを下R部に配置し、セパレータ終端部を上R部に配置した。そして、上記距離a（mm）を65 mm、上記距離b（mm）を10 mmとした。

【0085】

10

20

30

40

50

上記各例に係る捲回電極体について、当該捲回電極体の二つの扁平表面における段差の有無を確認した。段差を確認した捲回電極体は「×」、段差を確認しなかった捲回電極体は「○」として、表1の「段差」の欄に結果を示す。

【0086】

上述のとおりで作製した各例に係る捲回電極体に正負極それぞれのリード端子を溶接し、捲回電極体に対応する形状のアルミニウム製の箱形容器に収容した。そして、電池ケースの開口部から電解液を注入し、当該開口部を気密に封止して各例に係るリチウムイオン二次電池を作製した。上記電解液としては、ECとEMCとDMCとをEC：EMC：DMC = 30：30：40の体積比で含む混合溶媒に、支持塩としてのLiPF₆を1.1 mol/Lの濃度で溶解させたものを用いた。

10

【0087】

[初期充電]

上記のとおり構築した各例にかかる電池について、充電処理（初期充電）を行った。ここでは、25の温度条件下において、1C（4A）の定電流で4.1Vまで充電し、定格容量の凡そ100%の充電状態（SOC100%）にした。

なお、「1C」とは理論容量より予測した電池容量（Ah）を1時間で充電できる電流値を意味し、例えば電池容量が2.4Ahの場合は1C=2.4Aである。

【0088】

[高温エージング]

次に、上述のとおり初期充電を行った後の各電池を80の恒温槽に収容し、20時間の高温エージングを行った。そして、高温エージング終了後1日後と4日後の各電池について開路電圧（open circuit voltage：OCV）を測定した。次いで、上記高温エージング終了後1日後の開路電圧（1日後電圧）と高温エージング終了後4日後の開路電圧（4日後電圧）の差（1日後電圧 - 4日後電圧）を計算し、当該電圧の差を電圧降下量とした。そして、当該電圧降下量が例1の電池における電圧降下量と比較して0.5mVよりも大きい電池を微小短絡が生じた電池と評価した。また、上記OCV測定後の各電池を解体し、扁平形状の捲回電極体の最外周層のセパレータの負極対向面における析出物の有無を、蛍光X線分析により調べた。

20

そして、上記高温エージング後の各電池について、以下の三段階に評価した。結果を表1の「微小短絡」の欄に示す。

30

：微小短絡が生じず（上記電圧降下量が、例1に係る電池における電圧降下量と比較して0.5mV未満）、且つセパレータ表面に析出金属を確認しない電池。

○：微小短絡が生じない（上記電圧降下量が、例1に係る電池における電圧降下量と比較して0.5mV未満）が、セパレータ表面に析出金属を確認した電池。

×：微小短絡を生じた（上記電圧降下量が、例1に係る電池における電圧降下量と比較して0.5mV以上）電池。

【0089】

【表 1】

表 1

例	捲回終端位置			距離 a (mm)	距離 b (mm)	a × (a+b)	段差	微小短絡
	正極	負極	セパレータ					
1	上R部			0.5	0.5	0.5	○	◎
2	上R部			2	2	8	○	◎
3	上R部			2	5	14	○	◎
4	上R部			2	8	20	○	◎
5	上R部			2	11	26	○	◎
6	上R部			5	2	35	○	◎
7	上R部			5	5	50	○	◎
8	上R部			5	8	65	○	○
9	上R部			5	11	80	○	○
10	上R部			8	2	80	○	○
11	上R部			8	5	104	○	○
12	上R部			8	8	128	○	×
13	上R部			8	11	152	○	×
14	A	B	C	50	20	3500	×	○
15	下R部		上R部	65	10	4875	○	×

【0090】

表 1 に示すように、例 1 ~ 例 11 に係る捲回電極体は、当該捲回電極体の扁平表面における段差がない電極体であり、また当該例 1 ~ 例 11 に係る捲回電極体を備えた電池（例 1 ~ 例 11 に係る電池）は高温エージング時における微小短絡が発生しなかった。一方で、例 12 および例 13 にかかる電池に備えられた捲回電極体は、当該捲回電極体の扁平表面における段差は無かったが、高温エージング時において微小短絡が発生した。このことから、微小短絡の発生を抑制する観点からは、上記距離 a (mm) および上記距離 b (mm) の関係 $a \times (a+b)$ は 0.5 以上 104 以下が好ましいことが解った。

即ち、本発明によると、扁平な捲回電極体を当該捲回電極体の中央扁平部の扁平表面に直交する方向に押圧した場合に当該捲回電極体に加えられる圧力の偏りを低減し、且つ微小短絡の発生を抑制した非水電解液二次電池を提供することができる。

【0091】

ここで、上記例 14 は、特に上記負極捲回終端が捲回電極体の扁平表面よりも捲回電極体の厚み方向の外側に存在したため、捲回電極体の扁平表面において、当該負極捲回終端に起因する段差を確認した。

また、例 15 に係る電池は、距離 a が大きい、即ち正極および負極のいずれにも接触しないセパレータの余剰部分が広いため、充電時において、捲回電極体において最も外周側に位置する負極であって上記セパレータの余剰部分が積層する部分に対向する正極活物質層から電荷担体が過剰に脱離してしまい、微小短絡を生じたと考える。

【0092】

また、上記例 1 ~ 例 6 に係る電池は、高温エージング後においてセパレータ上に析出金属を確認しなかったが、例 7 ~ 11 に係る電池では、高温エージング後においてセパレータ上に析出金属を確認した。負極表面で析出した金属がセパレータの細孔を埋め、正極活物質層に到達すると微小短絡が発生し得る。このため、微小短絡抑制効果を高度に発揮する観点からは、上記距離 a (mm) および上記距離 b (mm) の関係 $a \times (a+b)$ は 5

10

20

30

40

50

0 以下がより好ましいことを確認した。

【0093】

以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、上記実施形態及び実施例は例示にすぎず、請求の範囲を限定するものではない。請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。

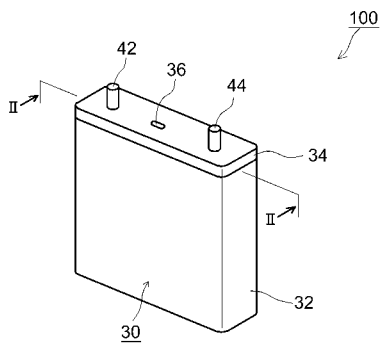
【符号の説明】

【0094】

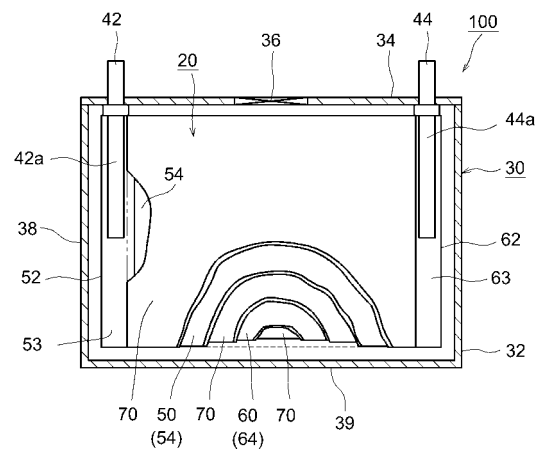
2 0	捲回電極体	
2 2	R部	
2 2 a	上R部	10
2 2 b	下R部	
2 4	中央扁平部	
2 6	扁平表面	
3 0	電池ケース	
3 2	電池ケース本体	
3 4	蓋体	
3 6	安全弁	
3 7	幅広面	
3 8	幅狭面	
3 9	底面	20
4 2	正極端子	
4 2 a	正極集電板	
4 4	負極端子	
4 4 a	負極集電板	
5 0	正極(正極シート)	
5 2	正極集電体	
5 3	正極集電体露出端部	
5 4	正極活物質層	
5 6	正極捲回終端	
6 0	負極(負極シート)	30
6 0 a	最外周負極	
6 2	負極集電体	
6 3	負極集電体露出端部	
6 4	負極活物質層	
6 4 a	捲回電極体外周側の負極活物質層	
6 4 b	捲回電極体内周側の負極活物質層	
6 6	負極捲回終端	
6 8	正極活物質層非対向部分	
6 9	正極活物質層対向部分	
7 0	セパレータ(セパレータシート)	40
7 0 a	捲回電極体外周側のセパレータ	
7 0 b	捲回電極体内周側のセパレータ	
7 2 a , 7 2 b	セパレータ捲回終端	
7 4 a , 7 4 b	余剰セパレータ領域	
8 0	捲止部材	
9 0	拘束治具	
9 2	拘束板	
9 4	取手部	
1 0 0	非水電解液二次電池(リチウムイオン二次電池)	
1 1 0	間隔保持材(スペーサー)	50

- 1 2 0 エンドプレート
- 1 3 0 拘束バンド
- 1 4 0 接続部材
- 1 5 5 ビス
- 2 0 0 組電池

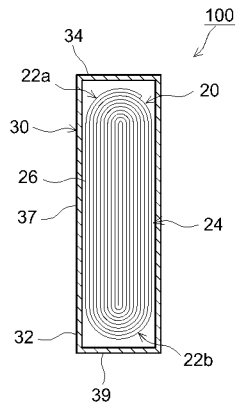
【 図 1 】



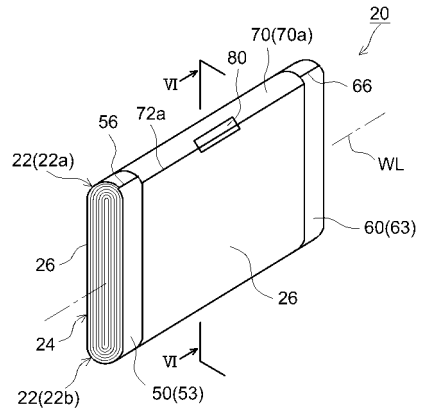
【 図 2 】



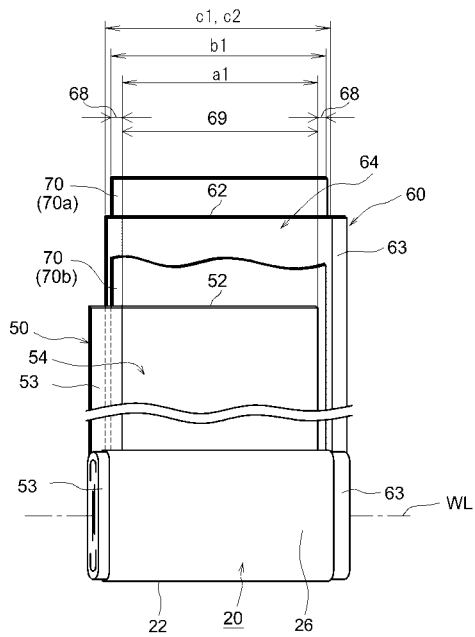
【 図 3 】



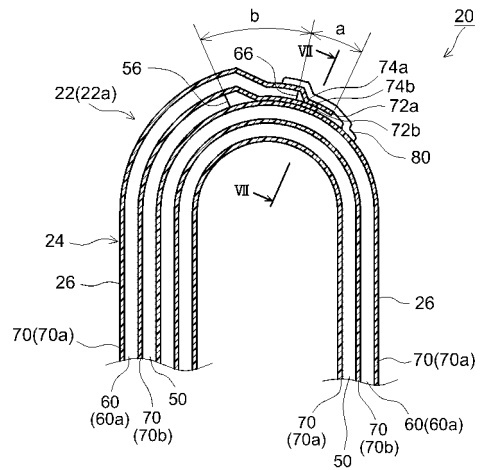
【 図 4 】



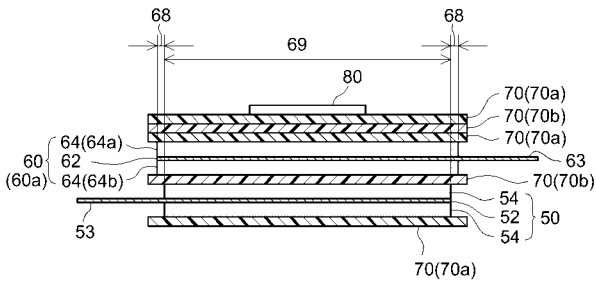
【 図 5 】



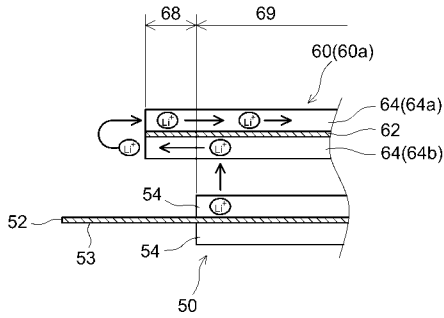
【 図 6 】



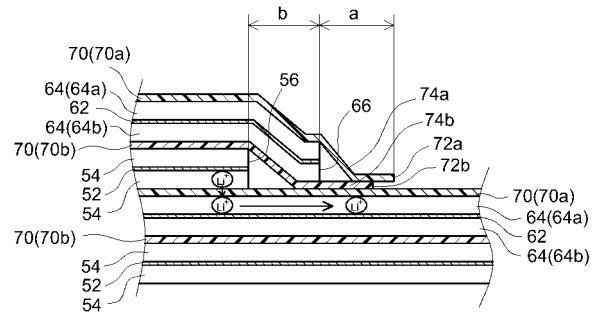
【 図 7 】



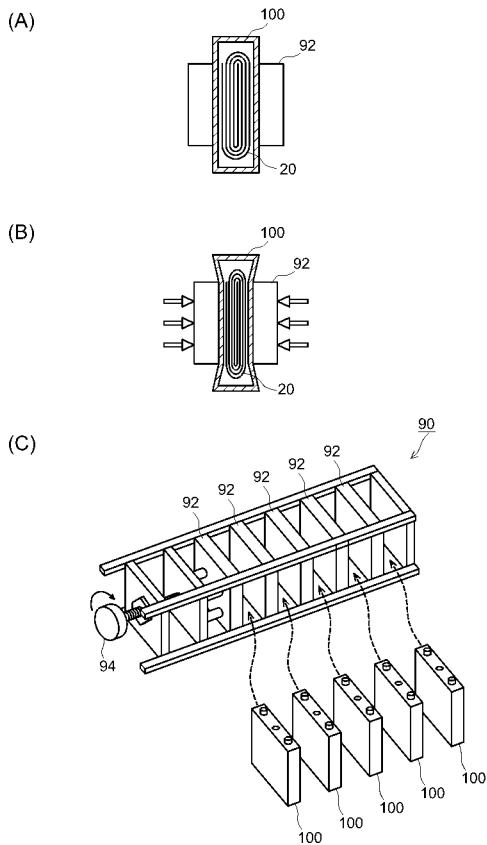
【 図 8 】



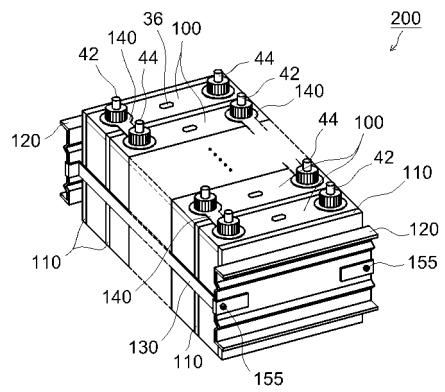
【 図 9 】



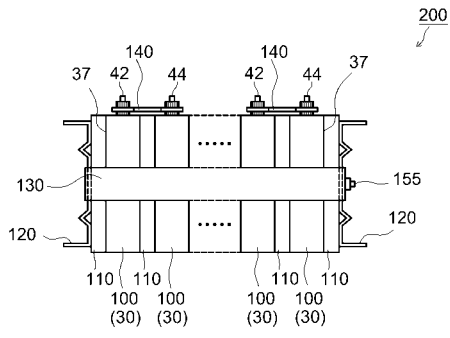
【 図 1 0 】



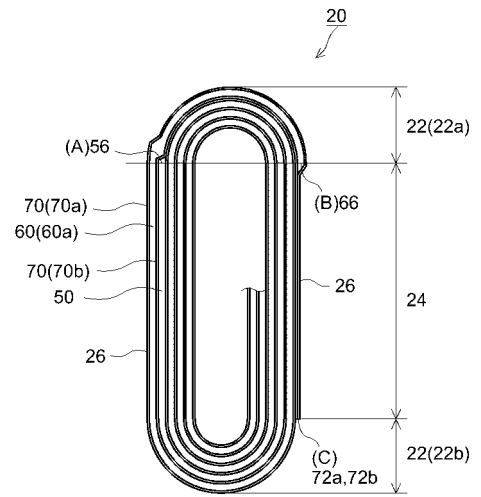
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 佐野 秀樹

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 パナソニック株式会社内

Fターム(参考) 5H029 AJ12 AJ14 AK01 AK03 AL01 AL03 AL06 AL07 AM03 AM05
AM07 BJ14 HJ04 HJ12 HJ15
5H040 AA03 AA18 AS04 AT02 AY06 NN03
5H050 AA15 AA19 BA17 CA01 CA08 CA09 CB01 CB03 CB07 CB08
FA05 HA04 HA12 HA15