

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年9月6日(06.09.2024)



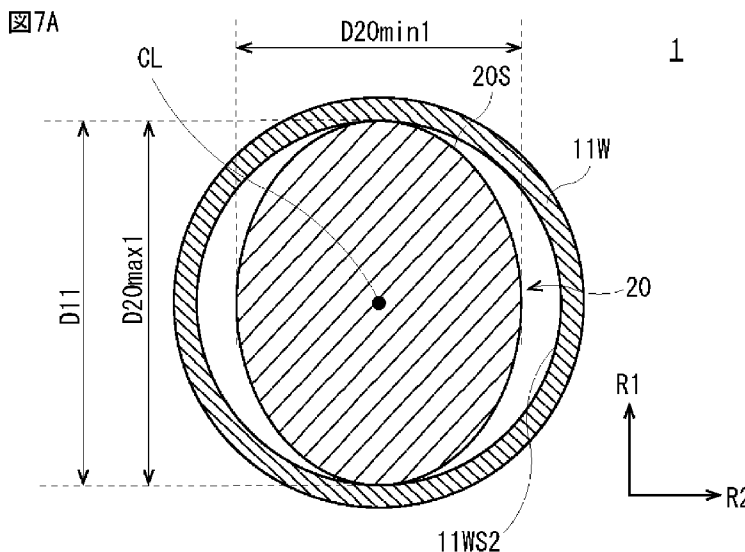
(10) 国際公開番号

WO 2024/181012 A1

- (51) 国際特許分類:
H01M 10/0587 (2010.01) H01M 50/152 (2021.01)
H01M 10/04 (2006.01) H01M 50/538 (2021.01)
H01M 50/107 (2021.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/003382
- (22) 国際出願日: 2024年2月2日(02.02.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-028514 2023年2月27日(27.02.2023) JP
- (71) 出願人: 株式会社村田製作所
(MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/
- JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 山口 創一 (YAMAGUCHI Soichi);
〒6178555 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号さわだビル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) Title: SECONDARY BATTERY AND BATTERY PACK

(54) 発明の名称: 二次電池および電池パック



(57) Abstract: Provided is a secondary battery having excellent vibration resistance without degraded manufacturability. This secondary battery comprises an electrode wound body and a battery can. The electrode wound body is formed by stacking a positive electrode and a negative electrode with a separator therebetween and wound around a central axis. The battery can has a cylindrical outer shape having, as the height direction, a direction along the center axis and accommodates the electrode wound body. The battery can has a container and a lid part. The container has: a lower end section closed by a bottom section; and an upper end section which is located on the side opposite the lower end section in the height direction and includes an opening open so that the electrode wound body can be inserted therethrough. The lid part closes the opening of the container. Here, when the ratio of the maximum diameter of the electrode wound body to the minimum diameter of the electrode wound body is defined as the flatness of the electrode wound body, the flatness of at least a

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

portion of an upper section of the electrode wound body is greater than the flatness of at least a portion of a lower section of the electrode wound body.

(57) 要約: 製造性を損なうことなく優れた耐振動性を有する二次電池を提供する。この二次電池は、電極巻回体と電池缶とを備える。電極巻回体は、正極と負極とがセパレータを介して積層されて中心軸を中心に巻回されてたものである。電池缶は、中心軸に沿った方向を高さ方向とする円柱状の外形を有し、電極巻回体を収容するものである。電池缶は、容器と蓋部とを有する。容器は、底部により閉塞された下端部と、高さ方向において下端部と反対側に位置すると共に電極巻回体が挿通可能に開放された開口を含む上端部とを有する。蓋部は、容器の開口を塞ぐものである。ここで、電極巻回体の最小径に対する電極巻回体の最大径の比を電極巻回体の扁平度とすると、電極巻回体の下部のうちの少なくとも一部の扁平度よりも電極巻回体の上部のうちの少なくとも一部の扁平度が大きい。

明 細 書

発明の名称：二次電池および電池パック

技術分野

[0001] 本開示は、二次電池、および、それを備えた電池パックに関する。

背景技術

[0002] 携帯電話機などの多様な電子機器が普及しているため、小型かつ軽量であると共に高エネルギー密度を得ることが可能である電源として、二次電池の開発が進められている。この二次電池は、外装部材の内部に収納された電池素子を備えており、その二次電池の構成に関しては、様々な検討がなされている（例えば特許文献1参照）。

[0003] 特許文献1では、いわゆるタブレス構造と呼ばれる構造を採用し、内部抵抗を低減し、比較的大きな電流での充放電を可能とした二次電池が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2021/020235号公報

発明の概要

[0005] 二次電池の性能を改善するために様々な検討がなされている。しかしながら、二次電池の信頼性には改善の余地がある。

[0006] そこで、製造性を損なうことなく優れた耐振動性を有する二次電池が望まれる。

[0007] 本開示の一実施形態の二次電池は、電極巻回体と電池缶とを備える。電極巻回体は、正極と負極とがセパレータを介して積層されて中心軸を中心に巻回されたものである。電池缶は、中心軸に沿った方向を高さ方向とする略円柱状の外形を有し、電極巻回体を収容するものである。電池缶は、容器と蓋部とを有する。容器は、底部により閉塞された下端部と、高さ方向において下端部と反対側に位置すると共に電極巻回体が挿通可能に開放された開口

を含む上端部とを有する。蓋部は、容器の開口を塞ぐものである。ここで、電極巻回体の最小径に対する電極巻回体の最大径の比を電極巻回体の扁平度とすると、電極巻回体の下部の扁平度よりも電極巻回体の上部の扁平度が大きい。

[0008] 本開示の一実施形態の二次電池によれば、電極巻回体の下部の扁平度よりも電極巻回体の上部の扁平度が大きい。電極巻回体の下部の扁平度が相対的に小さいことにより、二次電池の組み立て作業の際、電池缶への電極巻回体の挿入がしやすい。また、電極巻回体の上部の扁平度が大きいことにより、二次電池に振動が加えられた場合であっても、電池缶の内部において電極巻回体が移動しづらくなる。その結果、電極巻回体自体の損傷や、電極巻回体に接合された正極集電板と外部端子（蓋部）との接続箇所の損傷を防ぐことができる。

したがって、本開示の一実施形態の二次電池によれば、製造性を損なうことなく優れた耐振動性を確保することができる。

[0009] なお、本開示の効果は、必ずしもここで説明された効果に限定されるわけではなく、後述する本開示に関連する一連の効果のうちのいずれの効果でもよい。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本開示の一実施の形態における二次電池の構成を表す断面図である。

[図2]図2は、図1に示した正極、負極およびセパレータを含む積層体の一構成例を表す模式図である。

[図3]図3は、図1に示した電極巻回体の縦断面構造の一構成例を表す縦断面図である。

[図4A]図4Aは、図1に示した正極の展開図である。

[図4B]図4Bは、図1に示した正極の断面図である。

[図5A]図5Aは、図1に示した負極の展開図である。

[図5B]図5Bは、図1に示した負極の断面図である。

[図6A]図6Aは、図1に示した正極集電板の平面図である。

[図6B]図6Bは、図1に示した負極集電板の平面図である。

[図7A]図7Aは、図1に示した電極巻回体の上部の水平断面構造を模式的に表す水平断面図である。

[図7B]図7Bは、図1に示した電極巻回体の下部の水平断面構造を模式的に表す水平断面図である。

[図8]図8は、図1に示した二次電池の製造過程を説明する斜視図である。

[図9]図9は、本開示の一実施の形態の二次電池を適用した電池パックの回路構成を表すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の一実施形態に関して、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、説明する順序は、下記の通りである。

1. 二次電池

1-1. 構成

1-2. 動作

1-3. 製造方法

1-4. 作用および効果

2. 応用例

2-1. 電池パック

2-2. 蓄電システム

[0012] <1. 二次電池>

まず、本開示の一実施形態の二次電池に関して説明する。

[0013] 本実施の形態では、円筒形状の外観を有する円筒型リチウムイオン二次電池を例示して説明する。但し、本開示の二次電池は円筒型リチウムイオン二次電池に限定されるものではなく、円筒形状以外の形状の外観を有するリチウムイオン二次電池であってもよいし、リチウム以外の電極反応物質を用いた電池であってもよい。

[0014] 二次電池の充放電原理は、特に限定されないが、以下では、電極反応物質

の吸蔵放出を利用して電池容量が得られる場合に関して説明する。この二次電池は、正極および負極と共に電解質を備えている。この二次電池では、充電途中において負極の表面に電極反応物質が析出することを防止するために、その負極の充電容量が正極の放電容量よりも大きくなっている。すなわち、負極の単位面積当たりの電気化学容量は、正極の単位面積当たりの電気化学容量よりも大きくなるように設定されている。

[0015] 電極反応物質の種類は、上述したように特に限定されないが、具体的には、アルカリ金属およびアルカリ土類金属などの軽金属である。アルカリ金属は、リチウム、ナトリウムおよびカリウムなどであると共に、アルカリ土類金属は、ベリリウム、マグネシウムおよびカルシウムなどである。

[0016] 以下では、電極反応物質がリチウムである場合を例に挙げる。リチウムの吸蔵放出を利用して電池容量が得られる二次電池は、いわゆるリチウムイオン二次電池である。このリチウムイオン二次電池では、リチウムがイオン状態で吸蔵放出される。

[0017] [1-1. 構成]

(リチウムイオン二次電池1)

図1は、本実施の形態のリチウムイオン二次電池1（以下、単に二次電池1という。）の高さ方向に沿った断面構成を表している。図1に示した二次電池1では、電池缶としての円柱状の外形を有する外装缶11と、外装缶11に収納された電池素子としての電極巻回体20とを備えている。ここでいう円柱状には、高さ方向と直交する断面の形状が円形のものに限定されず、高さ方向と直交する断面の形状が楕円形のものも含まれる。さらに、二次電池1は、外装缶11の外周面を覆う外装チューブ50を備えている。

[0018] 具体的には、二次電池1は、例えば、外装缶11の内部に、一对の絶縁板12、13と、電極巻回体20と、正極集電板24と、負極集電板25とを備えている。電極巻回体20は、例えば、セパレータ23を介して正極21および負極22が積層されて巻回された構造体である。電極巻回体20には、液状の電解質である電解液が含浸されている。なお、二次電池1は、外装

缶 1 1 の内部に、熱感抵抗（P T C）素子および補強部材のうちの 1 種以上をさらに備えていてもよい。

[0019] （外装缶 1 1）

外装缶 1 1 は、例えば、高さ方向である Z 軸方向の下端部が閉塞されると共に上端部が開放された中空の円筒構造を有している。したがって、外装缶 1 1 の上端部は開放端部 1 1 N となっており、外装缶 1 1 の下端部は略円板状の底部 1 1 B により閉塞されている。開放端部 1 1 N と底部 1 1 B との間は、電極巻回体 2 0 を取り囲む側壁部 1 1 W である。外装缶 1 1 の構成材料は、例えば、鉄などの金属材料を含んでいる。ただし、外装缶 1 1 の表面には、例えば、ニッケルなどの金属材料が鍍金されていてもよい。絶縁板 1 2 と絶縁板 1 3 とは、例えば、Z 軸方向においてそれらの間に電極巻回体 2 0 を挟むように互いに対向して配置されている。なお、本明細書では、Z 軸方向において、開放端部 1 1 N およびその近傍を二次電池 1 の上部といい、外装缶 1 1 が閉塞されている部分およびその近傍を二次電池 1 の下部という場合がある。外装缶 1 1 の開放端部 1 1 N は電池蓋 1 4（後述）によって閉塞されている。

[0020] （外装チューブ 5 0）

外装チューブ 5 0 は、外装缶 1 1 の側壁部 1 1 W の外表面である側面 1 1 W S 1 を取り囲んでいる。但し、図 1 に示したように、外装チューブ 5 0 は、外装缶 1 1 の上端部の折り曲げ部 1 1 P（後述）を覆っていてもよい。また、外装チューブ 5 0 は、外装缶 1 1 の底部 1 1 B の外表面である底面 1 1 B S の一部を覆っていてもよい。外装チューブ 5 0 は、例えばポリエステル系樹脂、ポリアミド系樹脂、および熱可塑性エラストマー樹脂などを含有する熱収縮性を有する絶縁フィルムからなる。

[0021] （ワッシャ 5 5）

外装チューブ 5 0 と外装缶 1 1 の折り曲げ部 1 1 P との隙間には、ワッシャ 5 5 が設けられている。ワッシャ 5 5 は、高さ方向と直交する面内の中央領域に開口 5 5 K を有する絶縁性のリング部材である。開口 5 5 K には電池

蓋 1 4 の中央領域にある凸部 1 4 T が挿通されている。ワッシャ 5 5 の構成材料としては、例えば黒色の変性ポリフェニレンエーテルを用いることができる。

[0022] (絶縁板 1 2, 1 3)

絶縁板 1 2, 1 3 のそれぞれは、例えば、電極巻回体 2 0 の中心軸 C L に対して垂直な面、すなわち図 1 中の Z 軸に垂直な面を有する皿状の板である。また、絶縁板 1 2, 1 3 は、電極巻回体 2 0 を挟むように配置されている。

[0023] (かしめ構造 1 1 R)

外装缶 1 1 の開放端部 1 1 N には、例えば、電池蓋 1 4 および安全弁機構 3 0 がガスケット 1 5 を介してかしめられた構造、すなわち、かしめ構造 1 1 R が形成されている。電池蓋 1 4 により、外装缶 1 1 の内部に電極巻回体 2 0 などが収納された状態で外装缶 1 1 は密閉されている。かしめ構造 1 1 R は、いわゆるクリンプ構造であり、いわゆるクリンプ部としての折り曲げ部 1 1 P を有している。

[0024] (電池蓋 1 4)

電池蓋 1 4 は、主に、外装缶 1 1 の内部に電極巻回体 2 0 などが収納された状態において開放端部 1 1 N を閉塞する閉塞部材である。電池蓋 1 4 は、例えば、外装缶 1 1 の形成材料と同様の材料を含んでいる。電池蓋 1 4 のうちの中央領域には、例えば、上方 (+ Z 方向) に突出した凸部 1 4 T が設けられている。これにより、電池蓋 1 4 のうちの中央領域以外の領域である周辺領域は、例えば、安全弁機構 3 0 に接触した状態となっている。

[0025] (ガスケット 1 5)

ガスケット 1 5 は、主に、外装缶 1 1 の折り曲げ部 1 1 P と電池蓋 1 4 との間に介在する封止部材である。ガスケット 1 5 は、折り曲げ部 1 1 P と電池蓋 1 4 との間の隙間を封止している。ただし、ガスケット 1 5 の表面には、例えば、アスファルトなどが塗布されていてもよい。ガスケット 1 5 は、例えば、絶縁性材料のうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を含んでいる。

絶縁性材料の種類は、特に限定されないが、例えば、ポリブチレンテレフタレート（PBT）及びポリプロピレン（PP）などの高分子材料である。中でも、絶縁性材料は、ポリブチレンテレフタレートであることが好ましい。外装缶11と電池蓋14とを互いに電氣的に分離しながら、折り曲げ部11Pと電池蓋14との間の隙間が十分に封止されるからである。

[0026]（安全弁機構30）

安全弁機構30は、主に、外装缶11の内部の圧力（内圧）が上昇した際に、必要に応じて外装缶11の密閉状態を解除することにより、その内圧を開放するようになっている。外装缶11の内圧が上昇する原因は、例えば、充放電時において電解液の分解反応に起因して発生するガスなどである。また、外部からの加熱により外装缶11の内圧が上昇する可能性もある。

[0027]（電極巻回体20）

電極巻回体20は、充放電反応を進行させる発電素子であり、外装缶11の内部に収納されている。電極巻回体20は、正極21と、負極22と、セパレータ23と、液状の電解質である電解液とを含んでいる。

[0028] 図2は、電極巻回体20の展開図であり、正極21、負極22およびセパレータ23を含む積層体S20の一部を模式的に表したものである。電極巻回体20を展開した積層体S20では、正極21および負極22がセパレータ23を介して互いに積層されている。セパレータ23は、例えば2つの基材、すなわち、第1セパレータ部材23Aおよび第2セパレータ部材23Bを有している。したがって、電極巻回体20は、正極21と、第1セパレータ部材23Aと、負極22と、第2セパレータ部材23Bとが順に積層された4層の積層体S20を有している。正極21、第1セパレータ部材23A、負極22、および第2セパレータ部材23Bは、いずれも、W軸方向を短手方向とすると共にL軸方向を長手方向とする略帯状の部材である。

[0029] 図3に示したように、電極巻回体20は、積層体S20が、Z軸方向と直交する水平断面において渦巻き状をなすように、Z軸方向に延びる中心軸CLを中心に巻回されたものである。このとき、積層体S20は、W軸方向が

Z軸方向とおおよそ一致する姿勢で巻回されている。なお、図3は、電極巻回体20におけるZ軸方向と直交する水平断面に沿った一構成例を表している。但し、図3では、視認性を高めるため、セパレータ23の図示を省略している。電極巻回体20は、全体として略円柱形状の外観を有している。正極21および負極22は、セパレータ23を介して互いに対向した状態を維持しつつ巻回されている。電極巻回体20の中心には、内部空間としての貫通孔26が形成されている。貫通孔26は、電極巻回体20の組み立て用の巻き芯、および溶接用の電極棒を差し込むための孔である。

[0030] 正極21、負極22およびセパレータ23は、セパレータ23が電極巻回体20の最外周および電極巻回体20の最内周のそれぞれに配置されるように巻回されている。また、電極巻回体20の最外周では負極22が正極21よりも外側に配置されている。すなわち、図3に示したように、電極巻回体20に含まれる正極21のうちの最外周に位置する正極最外周部分21outは、電極巻回体20に含まれる負極22のうちの最外周に位置する負極最外周部分22outよりも内側に位置している。ここで、正極最外周部分21outとは、電極巻回体20において、正極21の最も外側の1周分の部分である。負極最外周部分22outとは、電極巻回体20において、負極22の最も外側の1周分の部分である。一方、電極巻回体20の最内周では負極22が正極21よりも内側に配置されている。すなわち、図3に示したように、電極巻回体20に含まれる負極22のうちの最内周に位置する負極最内周部分22inは、電極巻回体20に含まれる正極21のうちの最内周に位置する正極最内周部分21inよりも内側に位置している。ここで、正極最内周部分21inとは、電極巻回体20において、正極21の最も内側の1周分の部分である。負極最内周部分22inとは、電極巻回体20において、負極22の最も内側の1周分の部分である。正極21、負極22およびセパレータ23のそれぞれの巻回数は、特に限定されず、任意に設定可能である。

[0031] 図4Aは、正極21の展開図であり、巻回する前の状態を模式的に表したものである。図4Bは、正極21の断面構成を表している。なお、図4Bは

、図4Aに示したI V B - I V B線に沿った矢視方向の断面を表している。正極21は、例えば、正極集電体21Aと、正極集電体21Aに設けられた正極活物質層21Bとを含んでいる。正極活物質層21Bは、例えば、正極集電体21Aの片面だけに設けられていてもよいし、正極集電体21Aの両面に設けられていてもよい。図4Bでは、正極活物質層21Bが正極集電体21Aの両面に設けられている場合を示している。より詳細には、正極集電体21Aは、電極巻回体20の巻回中心側、すなわち中心軸CLを向いた正極集電体内周面21A1と、電極巻回体20の巻回中心側と反対側を向いた、すなわち正極集電体内周面21A1の反対側の正極集電体外周面21A2と含んでいる。正極21は、正極活物質層21Bとして、正極集電体内周面21A1の少なくとも一部を覆う正極内周側活物質層21B1と、正極集電体外周面21A2の少なくとも一部を覆う正極外周側活物質層21B2とを有する。なお、本明細書では、正極内周側活物質層21B1と正極外周側活物質層21B2とを区別せずにそれらを一括して正極活物質層21Bと称する場合がある。

[0032] 正極21は、正極集電体21Aに正極活物質層21Bが被覆されている正極被覆部211と、正極集電体21Aが正極活物質層21Bに覆われずに露出している正極露出部212とを有している。図4Aに示したように、正極被覆部211および正極露出部212は、それぞれ、正極21の長手方向であるL軸方向に沿って、正極21の中心軸側端縁21E1から外周側端縁21E2に至るまで延在している。ここでL軸方向は、電極巻回体20の巻回方向に相当する。すなわち、正極21では、電極巻回体20の巻回方向において、正極21の中心軸側端縁21E1から正極21の外周側端縁21E2に至るまで正極集電体21Aに正極活物質層21Bが被覆されている。正極被覆部211と正極露出部212とは、正極21の短手方向であるW軸方向に互いに隣り合っている。W軸方向は、中心軸CLと実質的に一致している。また、図2に示したように、電極巻回体20において、正極最内周部分21inの中心軸側端縁21E1は負極最内周部分22inの中心軸側端縁22E

1よりも内側に後退した位置にある。また、正極21は、電極巻回体20の下部側においてL軸方向に延在する下部端縁21E3をさらに有している。

[0033] 正極被覆部211と正極露出部212との境界近傍には、絶縁層101が設けられているとよい。絶縁層101も、正極被覆部211および正極露出部212と同様、電極巻回体20の中心軸側端縁21E1から外周側端縁21E2に至るまで延在しているとよい。また、絶縁層101は、第1セパレータ部材23Aおよび第2セパレータ部材23Bのうちの少なくとも一方と接着されているとよい。正極21とセパレータ23との位置ずれが生じるのを防ぐことができるからである。また、絶縁層101は、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)を含有する樹脂を含むものであるとよい。絶縁層101がPVDFを含有することにより、例えば電解液に含まれる溶媒により絶縁層101が膨潤し、セパレータ23と良好に接着され得るからである。なお、正極21の詳細の構成については後述する。

[0034] 図5Aは、負極22の展開図であり、巻回する前の状態を模式的に表したものである。図5Bは、負極22の断面構成を表している。なお、図5Bは、図5Aに示したVB-VB線に沿った矢視方向の断面を表している。負極22は、例えば、負極集電体22Aと、負極集電体22Aに設けられた負極活物質層22Bとを含んでいる。負極活物質層22Bは、例えば、負極集電体22Aの片面だけに設けられていてもよいし、負極集電体22Aの両面に設けられていてもよい。図5Bでは、負極活物質層22Bが負極集電体22Aの両面に設けられている場合を示している。より詳細には、負極集電体22Aは、電極巻回体20の巻回中心側、すなわち中心軸CLを向いた負極集電体内周面22A1と、電極巻回体20の巻回中心側と反対側を向いた、すなわち負極集電体内周面22A1の反対側の負極集電体外周面22A2と含んでいる。負極22は、負極活物質層22Bとして、負極集電体内周面22A1の少なくとも一部を覆う負極内周側活物質層22B1と、負極集電体外周面22A2の少なくとも一部を覆う負極外周側活物質層22B2とを有する。なお、本明細書では、負極内周側活物質層22B1と負極外周側活物質

層 2 2 B 2 とを区別せずにそれらを一括して負極活物質層 2 2 B と称する場合がある。

[0035] 負極 2 2 は、負極集電体 2 2 A に負極活物質層 2 2 B が被覆されている負極被覆部 2 2 1 と、負極集電体 2 2 A が負極活物質層 2 2 B に覆われずに露出している負極露出部 2 2 2 とを有している。図 5 A に示したように、負極被覆部 2 2 1 および負極露出部 2 2 2 は、それぞれ、負極 2 2 の長手方向である L 軸方向に沿って延在している。負極露出部 2 2 2 は、電極巻回体 2 0 の巻回方向において、負極 2 2 の中心軸側端縁 2 2 E 1 から外周側端縁 2 2 E 2 に至るまで延在している。これに対し、負極被覆部 2 2 1 は、負極 2 2 の中心軸側端縁 2 2 E 1 および外周側端縁 2 2 E 2 には設けられていない。図 5 A に示したように、負極露出部 2 2 2 の一部は、負極 2 2 の長手方向である L 軸方向において負極被覆部 2 2 1 を挟むように形成されている。具体的には、負極露出部 2 2 2 は、第 1 部分 2 2 2 A と、第 2 部分 2 2 2 B と、第 3 部分 2 2 2 C とを含む。また、負極 2 2 は、電極巻回体 2 0 の下部側において L 軸方向に延在する下部端縁 2 2 E 3 をさらに有している。第 1 部分 2 2 2 A は、負極被覆部 2 2 1 と W 軸方向に隣り合うように設けられ、負極 2 2 の中心軸側端縁 2 2 E 1 から外周側端縁 2 2 E 2 に至るまで L 軸方向に延在している。第 2 部分 2 2 2 B および第 3 部分 2 2 2 C は、L 軸方向において負極被覆部 2 2 1 を挟むように設けられている。第 1 部分 2 2 2 A は、負極 2 2 の下部端縁 2 2 E 3 の近傍に位置する。第 2 部分 2 2 2 B は、例えば負極 2 2 の中心軸側端縁 2 2 E 1 の近傍に位置し、第 3 部分 2 2 2 C は、負極 2 2 の外周側端縁 2 2 E 2 の近傍に位置する。なお、図 5 A および図 5 B では、模式的に W 軸方向に沿って直線状に伸びた状態の負極集電体 2 2 A を記載している。しかしながら実際には、負極露出部 2 2 2 のうちの負極縁部 2 2 2 E は、図 1 に示したように中心軸 C L に向かって折り曲げられており、負極集電板 2 5 と接続されている。負極 2 2 の詳細の構成については後述する。

[0036] 電極巻回体 2 0 の積層体 S 2 0 では、正極露出部 2 1 2 と負極露出部 2 2

2の第1部分222Aとが、幅方向であるW軸方向に沿って互いに反対向きとなるように、正極21と負極22とがセパレータ23を介して積層されている。電極巻回体20は、その側面部45に固定テープ46を貼り付けることによってセパレータ23の端部が固定され、巻き緩みが生じないようになっている。

[0037] 二次電池1では、図2に示したように、正極露出部212の幅をAとし、負極露出部222の第1部分222Aの幅をBとしたとき、 $A > B$ であることが好ましい。例えば幅 $A = 7$ (mm)であるとき、幅 $B = 4$ (mm)である。また、正極露出部212のうち、セパレータ23の幅方向の外縁から突出した部分の幅をCとし、負極露出部222の第1部分222Aのうち、セパレータ23の幅方向の反対側の外縁から突出した長さをDとしたとき、 $C > D$ であることが好ましい。例えば幅 $C = 4.5$ (mm)であるとき、幅 $D = 3$ (mm)である。

[0038] 図1に示したように、二次電池1の上部において、中心軸CLを中心に巻回された正極露出部212のうちの電極巻回体20の径方向(R方向)に隣り合う複数の正極縁部212Eが互いに重なり合うように中心軸CLに向かって折り曲げられており、電極巻回体20の上部端面41を構成している。同様に、二次電池1の下部において、中心軸CLを中心に巻回された負極露出部222のうちの径方向(R方向)に隣り合う複数の負極縁部222Eが互いに重なり合うように中心軸CLに向かって折り曲げられており、電極巻回体20の下部端面42を構成している。したがって、電極巻回体20の上部端面41には、正極露出部212の複数の正極縁部212Eが集まり、電極巻回体20の下部端面42には、負極露出部222の複数の負極縁部222Eが集まっている。電流を取り出すための正極集電板24と正極縁部212Eとの接触をよくするために、中心軸CLに向かって折り曲げられている複数の正極縁部212Eは平坦面となっている。同様に、電流を取り出すための負極集電板25と負極縁部222Eとの接触をよくするために、中心軸CLに向かって折り曲げられている複数の負極縁部222Eは平坦面となっ

ている。なお、ここでいう平坦面とは、完全に平坦な面のみならず、正極露出部 2 1 2 および負極露出部 2 2 2 がそれぞれ正極集電板 2 4 および負極集電板 2 5 と接合可能な程度において、多少の凹凸や表面粗さを有する表面も含む。

[0039] 正極集電体 2 1 A は、後述するように例えばアルミニウム箔からなる。一方、負極集電体 2 2 A は、後述するように例えば銅箔からなる。この場合、正極集電体 2 1 A は負極集電体 2 2 A よりも柔らかい。すなわち、正極露出部 2 1 2 のヤング率のほうが負極露出部 2 2 2 のヤング率よりも低い。このため、一実施の形態では、幅 A ~ D に関して $A > B$ かつ $C > D$ の関係を有することがより好ましい。その場合、両極側から同時に同じ圧力で正極露出部 2 1 2 と負極露出部 2 2 2 とが折り曲げられるとき、折り曲げられた部分のセパレータ 2 3 の先端から測った高さは正極 2 1 と負極 2 2 とで同じくらいになることがある。このとき、正極露出部 2 1 2 の複数の正極縁部 2 1 2 E (図 1) がそれぞれ折り曲げられて適度に重なり合うこととなる。そのため、正極露出部 2 1 2 と正極集電板 2 4 との接合を容易に行うことができる。同様に、負極露出部 2 2 2 の複数の負極縁部 2 2 2 E (図 1) がそれぞれ折り曲げられて適度に重なり合うこととなる。そのため、負極露出部 2 2 2 と負極集電板 2 5 との接合を容易に行うことができる。ここでいう接合とは、例えばレーザー溶接により繋ぎ合わされることを意味するが、その接合方法はレーザー溶接に限定されない。

[0040] 図 2 に示したように、正極 2 1 の正極露出部 2 1 2 のうち、セパレータ 2 3 を挟んで負極 2 2 に対向する部分は絶縁層 1 0 1 により覆われている。絶縁層 1 0 1 は、W 軸方向において例えば 3 mm の幅を有する。絶縁層 1 0 1 は、セパレータ 2 3 を介して負極 2 2 の負極被覆部 2 2 1 に対向する正極 2 1 の正極露出部 2 1 2 の全ての領域を覆っている。絶縁層 1 0 1 は、例えば負極被覆部 2 2 1 と正極露出部 2 1 2 との間に異物が侵入したときに、二次電池 1 の内部短絡を効果的に防ぐことができる。また、絶縁層 1 0 1 は、二次電池 1 に衝撃が加わったときに、その衝撃を吸収し、正極露出部 2 1 2 の

折れ曲がりの発生や、正極露出部 2 1 2 と負極 2 2 との短絡の発生を効果的に防ぐことができる。

[0041] (絶縁テープ 5 3, 5 4)

二次電池 1 は、外装缶 1 1 と電極巻回体 2 0 との隙間に絶縁テープ 5 3, 5 4 をさらに有していてもよい。上部端面 4 1 および下部端面 4 2 に集まっている正極露出部 2 1 2 および負極露出部 2 2 2 は剥き出しの金属箔などの導電体である。このため、正極露出部 2 1 2 および負極露出部 2 2 2 と外装缶 1 1 とが近接していると、外装缶 1 1 を介して正極 2 1 と負極 2 2 との短絡が発生する可能性がある。また、上部端面 4 1 にある正極集電板 2 4 と外装缶 1 1 とが近接したときにショートする可能性もある。そのため、絶縁部材としての絶縁テープ 5 3, 5 4 が設けられているとよい。絶縁テープ 5 3, 5 4 は、例えば、基材層の材質がポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリイミドのうちいずれかで構成され、基材層の一面に粘着層を有している粘着テープである。絶縁テープ 5 3, 5 4 の設置により電極巻回体 2 0 の容積を減らさないために、絶縁テープ 5 3, 5 4 は側面部 4 5 に貼付された固定テープ 4 6 と重ならないように配置され、絶縁テープ 5 3, 5 4 の厚さは固定テープ 4 6 の厚さ以下に設定されている。

[0042] (正極集電板 2 4 および負極集電板 2 5)

通常のリチウムイオン二次電池では例えば、正極と負極との 1 か所ずつに電流取出し用のリードが溶接されている。しかしながら、これではリチウムイオン二次電池の内部抵抗が大きく、放電時にリチウムイオン二次電池が発熱し高温になるため、ハイレート放電には適さない。そこで、本実施の形態の二次電池 1 では、上部端面 4 1 と対向するように正極集電板 2 4 を配置すると共に下部端面 4 2 と対向するように負極集電板 2 5 を配置し、上部端面 4 1 に存在する正極被覆部 2 1 1 と正極集電板 2 4 とを多点で溶接すると共に下部端面 4 2 に存在する負極被覆部 2 2 1 と負極集電板 2 5 とを多点で溶接するようにしている。こうすることで、二次電池 1 の内部抵抗を低下させるようにしている。上部端面 4 1 および下部端面 4 2 が上述したように平坦

面となっていることも低抵抗化に寄与している。正極集電板 24 は、例えば、安全弁機構 30 を介して電池蓋 14 と電氣的に接続されている。負極集電板 25 は、例えば外装缶 11 と電氣的に接続されている。図 6 A は、正極集電板 24 の一構成例を表す模式図である。図 6 B は、負極集電板 25 の一構成例を表す模式図である。正極集電板 24 は、例えばアルミニウムもしくはアルミニウム合金の単体、またはそれらの複合材により構成される金属板である。負極集電板 25 は、例えばニッケル、ニッケル合金、銅、もしくは銅合金の単体、またはそれらのうちの 2 種以上の複合材により構成される金属板である。

[0043] 図 6 A に示したように、正極集電板 24 は、略扇形の扇状部 31 に、略矩形的の带状部 32 が接続された形状を有している。扇状部 31 の中央付近に貫通孔 35 が形成されている。二次電池 1 では、正極集電板 24 は、貫通孔 35 が貫通孔 26 と Z 軸方向において重なり合うように設けられている。図 6 A の斜線で示す部分は、带状部 32 のうちの絶縁部 32 A である。絶縁部 32 A は、带状部 32 の一部であって絶縁テープが貼付されたり絶縁材料が塗布されたりしている部分である。带状部 32 のうち、絶縁部 32 A の下側の部分は外部端子を兼ねた封口板への接続部 32 B である。なお、図 1 に示したように、二次電池 1 が、貫通孔 26 に金属製のセンターピンを備えていない電池構造を有する場合に、带状部 32 が負極電位の部位と接触する可能性が低い。そのため、正極集電板 24 は絶縁部 32 A を有しなくてもよい。正極集電板 24 が絶縁部 32 A を有しない場合、正極 21 と負極 22 との幅を絶縁部 32 A の厚さに相当する分だけ広げることによって充放電容量を大きくすることができる。

[0044] 図 6 B に示した負極集電板 25 の形状は、図 6 A に示した正極集電板 24 の形状とほとんど同じである。但し、負極集電板 25 の带状部 34 は正極集電板 24 の带状部 32 と異なっている。負極集電板 25 の带状部 34 は、正極集電板 24 の带状部 32 より短く、正極集電板 24 の絶縁部 32 A に相当する部分がない。带状部 34 には、複数の丸印で示される丸型の突起部 37

が設けられている。抵抗溶接時には、電流が突起部 37 に集中し、突起部 37 が溶けて帯状部 34 が外装缶 11 の底に溶接される。正極集電板 24 と同様に、負極集電板 25 には扇状部 33 の中央付近に貫通孔 36 が形成されている。二次電池 1 では、負極集電板 25 は、貫通孔 36 が貫通孔 26 と Z 軸方向において重なり合うように設けられている。

[0045] 正極集電板 24 の扇状部 31 は、その平面形状に起因して、上部端面 41 の一部のみを覆うようになっている。同様に、負極集電板 25 の扇状部 33 は、その平面形状に起因して、下部端面 42 の一部のみを覆うようになっている。扇状部 31 および扇状部 33 が上部端面 41 および下部端面 42 の全てを覆わないようにしている理由は、例えば以下の 2 つである。第 1 に、例えば二次電池 1 を組み立てる際に電極巻回体 20 へ電解液を円滑に浸透させるためである。第 2 に、リチウムイオン二次電池が異常な高温状態や過充電状態になったときに発生したガスを外部へ放出しやすくするためである。

[0046] (正極集電体 21A)

正極集電体 21A は、例えば、アルミニウムなどの導電性材料を含んでいる。正極集電体 21A は、例えば、アルミニウムやアルミニウム合金からなる金属箔である。

[0047] (正極活物質層 21B)

正極活物質層 21B は、正極活物質として、リチウムを吸蔵放出可能である正極材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでいる。ただし、正極活物質層 21B は、さらに、正極結着剤および正極導電剤などの他の材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでいてもよい。正極材料は、リチウム含有化合物であることが好ましく、より具体的にはリチウム含有複合酸化物およびリチウム含有リン酸化合物などであることが好ましい。リチウム含有複合酸化物は、リチウムと、1 種類または 2 種類以上の他元素、すなわちリチウム以外の元素とを構成元素として含む酸化物である。リチウム含有複合酸化物は、例えば、層状岩塩型及びスピネル型などのうちのいずれかの結晶構造を有している。リチウム含有リン酸化合物は、リチウム

と1種類または2種類以上の他元素とを構成元素として含むリン酸化合物であり、例えば、オリビン型などの結晶構造を有している。正極活物質層21Bは、特に、正極活物質としてコバルト酸リチウム、リチウムニッケルコバルトマンガン酸化物、およびリチウムニッケルコバルトアルミニウム酸化物のうちの少なくとも1種を含有するとよい。正極結着剤は、例えば、合成ゴム及び高分子化合物などのうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。合成ゴムは、例えば、スチレンブタジエン系ゴム、フッ素系ゴムおよびエチレンプロピレンジエンなどである。高分子化合物は、例えば、ポリフッ化ビニリデン及びポリイミドなどである。正極導電剤は、例えば、炭素材料などのうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。この炭素材料は、例えば、黒鉛、カーボンブラック、アセチレンブラックおよびケッチェンブラックなどである。ただし、正極導電剤は、導電性を有する材料であれば、金属材料および導電性高分子などでもよい。

[0048] (負極集電体22A)

負極集電体22Aは、例えば、銅などの導電性材料を含んでいる。負極集電体22Aは、例えばニッケル、ニッケル合金、銅、または銅合金からなる金属箔である。負極集電体22Aの表面は、粗面化されていることが好ましい。いわゆるアンカー効果により、負極集電体22Aに対する負極活物質層22Bの密着性が向上するからである。この場合には、少なくとも負極活物質層22Bと対向する領域において、負極集電体22Aの表面が粗面化されていればよい。粗面化の方法は、例えば、電解処理を利用して微粒子を形成する方法などである。電解処理では、電解槽中において電解法により負極集電体22Aの表面に微粒子が形成されるため、負極集電体22Aの表面に凹凸が設けられる。電解法により作製された銅箔は、一般的に、電解銅箔と呼ばれている。

[0049] (負極活物質層22B)

負極活物質層22Bは、負極活物質として、リチウムを吸蔵及び放出することが可能である負極材料のうちのいずれか1種類または2種類以上を含ん

でいる。ただし、負極活物質層 2 2 B は、さらに、負極結着剤および負極導電剤などの他の材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでいてもよい。負極材料は、例えば、炭素材料である。リチウムの吸蔵放出時における結晶構造の変化が非常に少ないため、高いエネルギー密度が安定して得られるからである。また、炭素材料は負極導電剤としても機能するため、負極活物質層 2 2 B の導電性が向上するからである。炭素材料は、例えば、易黒鉛化性炭素、難黒鉛化性炭素および黒鉛などである。ただし、難黒鉛化性炭素における (0 0 2) 面の面間隔は、0.37 nm 以上であることが好ましい。黒鉛における (0 0 2) 面の面間隔は、0.34 nm 以下であることが好ましい。より具体的には、炭素材料は、例えば、熱分解炭素類、コークス類、ガラス状炭素繊維、有機高分子化合物焼成体、活性炭およびカーボンブラック類などである。このコークス類には、ピッチコークス、ニードルコークスおよび石油コークスなどが含まれる。有機高分子化合物焼成体は、フェノール樹脂およびフラン樹脂などの高分子化合物が適当な温度で焼成（炭素化）されたものである。この他、炭素材料は、約 1000℃ 以下の温度で熱処理された低結晶性炭素でもよいし、非晶質炭素でもよい。なお、炭素材料の形状は、繊維状、球状、粒状および鱗片状のうちのいずれでもよい。二次電池 1 では、完全充電時の開回路電圧、すなわち電池電圧が 4.25 V 以上であると、その完全充電時の開回路電圧が 4.20 V である場合と比較して、同じ正極活物質を用いても単位質量当たりのリチウムの放出量が多くなる。このため、それに応じて正極活物質と負極活物質との量が調整されている。これにより、高いエネルギー密度が得られる。

[0050] また、負極活物質層 2 2 B は、負極活物質として、珪素、珪素酸化物、炭素珪素化合物、および珪素合金のうちの少なくとも 1 つを含有する珪素含有材料を含むものであってもよい。珪素含有材料とは、珪素を構成元素として含む材料の総称である。ただし、珪素含有材料は、珪素のみを構成元素として含んでいてもよい。なお、珪素含有材料の種類は、1 種類だけでもよいし、2 種類以上でもよい。珪素含有材料は、リチウムと合金を形成可能であり、

珪素の単体でもよいし、珪素の合金でもよいし、珪素の化合物でもよいし、それらの2種類以上の混合物でもよいし、それらの1種類または2種類以上の相を含む材料でもよい。また、珪素含有材料は、結晶質でもよいし、非晶質でもよいし、結晶質部分および非晶質部分の双方を含んでいてもよい。ただし、ここで説明した単体は、あくまで一般的な単体を意味しているため、微量の不純物を含んでいてもよい。すなわち、単体の純度は、必ずしも100%に限られない。珪素の合金は、例えば、珪素以外の構成元素として、スズ、ニッケル、銅、鉄、コバルト、マンガン、亜鉛、インジウム、銀、チタン、ゲルマニウム、ビスマス、アンチモンおよびクロムなどのうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。珪素の化合物は、例えば、珪素以外の構成元素として、炭素および酸素などのうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。なお、珪素の化合物は、例えば、珪素以外の構成元素として、珪素の合金に関して説明した一連の構成元素のうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいてもよい。具体的には、珪素の合金および珪素の化合物は、例えば、 SiB_4 、 SiB_6 、 Mg_2Si 、 Ni_2Si 、 TiSi_2 、 MoSi_2 、 CoSi_2 、 NiSi_2 、 CaSi_2 、 CrSi_2 、 Cu_5Si 、 FeSi_2 、 MnSi_2 、 NbSi_2 、 TaSi_2 、 VSi_2 、 WSi_2 、 ZnSi_2 、 SiC 、 Si_3N_4 、 $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ および SiO_v ($0 < v \leq 2$) などである。ただし、 v の範囲は、任意に設定可能であり、例えば、 $0.2 < v < 1.4$ でもよい。

[0051] (セパレータ23)

セパレータ23は、正極21と負極22との間に介在している。セパレータ23は、正極21と負極22との接触に起因する電流の短絡を防止しながらリチウムイオンを通過させる。セパレータ23は、例えば、合成樹脂およびセラミックなどの多孔膜のうちのいずれか1種類または2種類以上であり、2種類以上の多孔膜の積層膜でもよい。合成樹脂は、例えば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリプロピレンおよびポリエチレンなどである。但し、セパレータ23は、ポリエチレンを含む単層ポリオレフィン多孔膜からなる

基材を有するとよい。積層膜と比較して、良好な高出力特性が得られるからである。セパレータ23を構成する第1セパレータ部材23Aおよび第2セパレータ部材が、それぞれポリオレフィンからなる単層の多孔膜である場合、その多孔膜の厚さは例えば10 μ m以上15 μ m以下であるとよい。ポリオレフィンからなる単層の多孔膜が10 μ m以上の厚さを有することにより、内部短絡を十分に回避できる。ポリオレフィンからなる単層の多孔膜の厚さが15 μ m以下であれば、より良好な放電容量特性が得られる。また、その多孔膜の面密度は、例えば6.3g/m²以上8.3g/m²以下であるとよい。ポリオレフィンからなる単層の多孔膜の面密度が6.3g/m²以上であれば、内部短絡を十分に回避できる。ポリオレフィンからなる単層の多孔膜の面密度が8.3g/m²以下であれば、より良好な放電容量特性が得られる。

[0052] 特に、セパレータ23は、例えば、上記した基材としての多孔膜と、その基材層の片面または両面に設けられた高分子化合物層とを含んでいてもよい。正極21および負極22のそれぞれに対するセパレータ23の密着性が向上するため、電極巻回体20の歪みが抑制されるからである。これにより、電解液の分解反応が抑制されると共に、基材層に含浸された電解液の漏液も抑制されるため、充放電を繰り返しても抵抗が上昇しにくくなると共に、電池膨れが抑制される。高分子化合物層は、例えば、ポリフッ化ビニリデンなどの高分子化合物を含んでいる。物理的強度に優れていると共に、電気化学的に安定だからである。ただし、高分子化合物は、ポリフッ化ビニリデン以外でもよい。この高分子化合物層を形成する場合には、例えば、有機溶剤などに高分子化合物が溶解された溶液を基材層に塗布したのち、その基材層を乾燥させる。なお、溶液中に基材層を浸漬させたのち、その基材層を乾燥させてもよい。この高分子化合物層は、例えば、無機粒子などの絶縁性粒子のうちいずれか1種類または2種類以上を含んでいてもよい。無機粒子の種類は、例えば、酸化アルミニウムおよび窒化アルミニウムなどである。

[0053] (電解液)

電解液は、溶媒および電解質塩を含んでいる。ただし、電解液は、さらに、添加剤などの他の材料のうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでもよい。溶媒は、有機溶媒などの非水溶媒のうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。非水溶媒を含む電解液は、いわゆる非水電解液である。非水溶媒は、例えば、フッ素化合物およびジニトリル化合物を含有している。フッ素化合物は、例えばフッ素化エチレンカーボネート、トリフルオロカーボネート、トリフルオロエチルメチルカーボネート、フッ素化カルボン酸エステル、およびフッ素エーテルのうちの少なくとも1種を含むものである。また、非水溶媒は、ジニトリル化合物以外のニトリル化合物、例えばモノニトリル化合物や3ニトリル化合物のうちの少なくとも1種をさらに含んでもよい。ジニトリル化合物として、例えばスクシノニトリル(SN)が好ましい。但し、ジニトリル化合物は、スクシノニトリルに限定されるものではなく、例えばアジポニトリルなどの他のジニトリル化合物であってもよい。

[0054] 電解質塩は、例えば、リチウム塩などの塩のうちのいずれか1種類または2種類以上を含んでいる。ただし、電解質塩は、例えば、リチウム塩以外の塩を含んでもよい。このリチウム以外の塩は、例えば、リチウム以外の軽金属の塩などである。リチウム塩は、例えば、六フッ化リン酸リチウム(LiPF₆)、四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF₄)、過塩素酸リチウム(LiClO₄)、六フッ化ヒ酸リチウム(LiAsF₆)、テトラフェニルホウ酸リチウム(LiB(C₆H₅)₄)、メタンスルホン酸リチウム(LiCH₃SO₃)、トリフルオロメタンスルホン酸リチウム(LiCF₃SO₃)、テトラクロロアルミン酸リチウム(LiAlCl₄)、六フッ化ケイ酸二リチウム(Li₂SiF₆)、塩化リチウム(LiCl)及び臭化リチウム(LiBr)などである。中でも、六フッ化リン酸リチウム、四フッ化ホウ酸リチウム、過塩素酸リチウム及び六フッ化ヒ酸リチウムのうちのいずれか1種類又は2種類以上が好ましく、六フッ化リン酸リチウムがより好ましい。電解質塩の含有量は、特に限定されないが、中でも、溶媒に対して0.3mol/kgから3mol/kg

l/kgであることが好ましい。電解液が電解質塩として LiPF_6 を含有する場合、電解液における LiPF_6 の濃度は 1.25 mol/kg 以上 1.45 mol/kg 以下であるとよい。高負荷レート充電時の塩の消費（分解）によるサイクル劣化を防ぐことができるので、高負荷サイクル特性が向上するからである。電解質塩として、 LiPF_6 に加えて LiBF_4 をさらに含む場合、電解液における LiBF_4 の濃度は 0.001 （重量％）以上 0.1 （重量％）以下であるとよい。高負荷レート充電時の塩の消費（分解）によるサイクル劣化をより効果的に防ぐことができるので、高負荷サイクル特性がよりいっそう向上するからである。

[0055]（二次電池の水平断面形状）

図7Aおよび図7Bは、いずれも二次電池1の中心軸CLと直交する水平断面の構造を模式的に表している。なお、図7Aおよび図7Bでは、電極巻回体20および外装缶11のみを示し、他の構成要素の記載を省略している。また、図7Aおよび図7Bでは、電極巻回体20については、その詳細の構成は記載せず、電極巻回体20の外形形状が認識できる程度に記載している。特に図7Aは、高さ方向Zにおける電極巻回体20の上部の水平断面を表している。これに対し、図7Bは、高さ方向Zにおける電極巻回体20の下部の水平断面を表している。ここで、高さ方向Zにおける電極巻回体20の上部とは、高さ方向Zにおける電極巻回体20の中心点CP（図1）よりも上側の部分のうちの任意の箇所をいう。また、高さ方向Zにおける電極巻回体20の下部とは、高さ方向Zにおける電極巻回体20の中心点CP（図1）よりも下側の部分のうちの任意の箇所をいう。詳細には、図7Aは、図1に矢印で示した高さ位置Lv1での水平断面を示している。一方、図7Bは、図1に矢印で示した高さ位置Lv2での水平断面を示している。ここで、高さ位置Lv1は、電極巻回体20のうちの高さ方向Zの上端縁の高さ位置に相当する。また、高さ位置Lv2は、電極巻回体20のうちの高さ方向Zの下端縁の高さ位置に相当する。

[0056] 図7Aおよび図7Bに示したように、二次電池1では、外装缶11の水平

断面形状は略円形状となっている。したがって外装缶11の内径D11は実質的に一定である。これに対し、図7Aに示したように、二次電池1の上部では、電極巻回体20の水平断面形状が略楕円形状となっている。ここで、水平断面において電極巻回体20の外径が最大となる第1の径方向を径方向R1とする。図7Aでは、径方向R1を紙面上下方向としている。電極巻回体20は、高さ位置Lv1において、径方向R1に沿った最大径D20max1を有する。また、電極巻回体20は、高さ位置Lv1において、径方向R1と直交する径方向R2（紙面左右方向）に沿った最小径D20min1を有する。 $(D20max1 - D20min1) / D20max1$ を高さ位置Lv1での電極巻回体20の扁平度FT1という。

[0057] 図7Bに示したように、二次電池1の下部においても電極巻回体20の水平断面形状が略楕円形状となっている。但し、高さ位置Lv2での電極巻回体20の水平断面形状の扁平度FT2は、高さ位置Lv1での電極巻回体20の水平断面形状の扁平度FT1よりも小さい。すなわち高さ位置Lv1での電極巻回体20の水平断面形状の扁平度FT1のほうが、高さ位置Lv2での電極巻回体20の水平断面形状の扁平度FT2よりも大きい（ $FT1 > FT2$ ）。電極巻回体20は、高さ位置Lv2において、径方向R1に沿った最大径D20max2を有する。高さ位置Lv2での最大径D20max2は、高さ位置Lv1での最大径D20max1よりも小さい。また、電極巻回体20は、高さ位置Lv2において、径方向R2に沿った最小径D20min2を有する。高さ位置Lv2での電極巻回体20の扁平度FT2は、 $(D20max2 - D20min2) / D20max2$ で表される。また、電極巻回体20の高さ方向Zの中心点CPでの最大径は、電極巻回体20の高さ方向Zの上端縁での最大径D20max1よりも小さく、電極巻回体20の高さ方向Zの下端縁での最大径D20max2よりも大きい。

[0058] 図7Aに示したように、高さ位置Lv1では、電極巻回体20の外周面20Sの一部が外装缶11の側壁部11Wの内面11WS2と接しているとよい。その場合、電極巻回体20の最大径D20max1が外装缶11の内径D1

1と実質的に一致している。これに対し、図7Bに示したように、高さ位置Lv2では、電極巻回体20の外周面20Sが外装缶11の側壁部11Wの内面11WS2から離間している。すなわち、電極巻回体20の最大径D20max2は外装缶11の内径D11よりも小さい。

[0059] [1-2. 動作]

本実施の形態の二次電池1では、例えば、充電時において、正極21からリチウムイオンが放出されると共に、そのリチウムイオンが電解液を介して負極22に吸蔵される。また、二次電池1では、例えば、放電時において、負極22からリチウムイオンが放出されると共に、そのリチウムイオンが電解液を介して正極21に吸蔵される。

[0060] [1-3. 製造方法]

図1～図7Bに加えて図8を参照して、二次電池1の製造方法について説明する。図8は、図1に示した二次電池の製造過程を説明する斜視図である。

[0061] まず、正極集電体21Aを用意し、正極集電体21Aの表面に正極活物質層21Bを選択的に形成することにより、正極被覆部211および正極露出部212を有する正極21を形成する。次に、負極集電体22Aを用意し、負極集電体22Aの表面に負極活物質層22Bを選択的に形成することにより、負極被覆部221および負極露出部222を有する負極22を形成する。正極21および負極22について乾燥処理を行うようにしてもよい。続いて、正極露出部212と負極露出部222の第1部分222AとがW軸方向において互いに反対側となるように、正極21と負極22とを第1セパレータ部材23Aおよび第2セパレータ部材23Bを介して重ねることにより積層体S20を作製する。そののち、貫通孔26が形成されるように、積層体S20を渦巻き状に巻回する。その際、例えば高さ方向に沿って断面形状が楕円から円形に徐々に変化する柱状の巻き芯を治具として用い、その柱状の巻き芯の周囲に積層体S20を巻き付けるようにする。さらに、渦巻き状に巻回した積層体S20の最外周に固定テープ46を貼り付けたのち、巻き芯

を抜き取る。これにより、図8の(A)に示したように、電極巻回体20を得る。あるいは、断面形状が円形である円柱状の巻き芯の周囲に積層体S20を巻き付け、巻き芯を抜き取ったのち、巻回された積層体S20の高さ方向の一部に対しクランプなどの治具によって軽く押圧を加えることにより、所定の扁平度FT1, FT2を有する電極巻回体20を得るようにしてもよい。

[0062] 次に、図8の(B)に示したように、例えば厚さ0.5mmの平板などの端を電極巻回体20の上部端面41および下部端面42に対して垂直に、すなわちZ軸方向に押し付けることで、上部端面41の一部および下部端面42の一部を局部的に折り曲げる。その結果、貫通孔26から径方向(R方向)に放射状に延びる溝43が作製される。なお、図8の(B)に示した溝43の数や配置は例示であって本開示はこれに限定されるものではない。

[0063] 続いて、図8の(C)に示したように、電極巻回体20の上方および下方から実質的に同時に、かつ実質的に同じ圧力を上部端面41および下部端面42に対して略垂直方向に加える。その際、貫通孔26に、例えば棒状の治具を挿入しておく。そうすることにより、正極露出部212と負極露出部222の第1部分222Aとをそれぞれ折り曲げて、上部端面41および下部端面42がそれぞれ平坦面となるようにする。このとき、上部端面41および下部端面42にある正極露出部212の正極縁部212Eおよび負極露出部222の負極縁部222Eが、貫通孔26に向かって重なりつつ折れ曲がるようにする。そののち、上部端面41に正極集電板24の扇状部31をレーザー溶接などにより接合すると共に、下部端面42に負極集電板25の扇状部33をレーザー溶接などにより接合する。

[0064] 次に、電極巻回体20の所定の位置に絶縁テープ53, 54を貼付ける。そののち、図8の(D)に示したように、正極集電板24の帯状部32を折り曲げ、絶縁板12の穴12Hに帯状部32を挿通させる。また、負極集電板25の帯状部34を折り曲げ、絶縁板13の穴13Hに帯状部34を挿通させる。

[0065] 次に、図8の(E)に示した外装缶11内に、上記のように組立てを行った電極巻回体20を挿入したのち、外装缶11の底部と負極集電板25との溶接を行う。そののち、外装缶11の開放端部11Nの近傍にくびれ部11Sを形成する。さらに、電解液を外装缶11内に注入したのち、正極集電板24の帯状部32と安全弁機構30とを溶接する。

[0066] 次に、図8の(F)に示したように、くびれ部11Sを利用してガスケット15、安全弁機構30および電池蓋14で外装缶11を密封する。最後に、電池蓋14の上にワッシャ55が装着された外装缶11に外装チューブ50を被せたのち、外装チューブ50に熱風を当てるなどして外装チューブ50を加熱して収縮させ、外装缶11の外表面に外装チューブ50を密着させる。

[0067] 以上により、本実施の形態の二次電池1が完成する。

[0068] [1-4. 作用および効果]

このように、本実施の形態の二次電池1では、電極巻回体20の上部の水平断面形状の扁平度FT1が、電極巻回体20の下部の水平断面形状の扁平度FT2よりも大きくなっている($FT1 > FT2$)。このように、電極巻回体20の下部の扁平度FT2が上部の扁平度FT1に比べて小さいことにより、二次電池1の組み立て作業の際、外装缶11への電極巻回体20の挿入がしやすい。すなわち、電極巻回体20の下部の扁平度FT2を小さくすることで断面形状を真円に近づけることで、電極巻回体20の外周面20Sを外装缶11の上端部と干渉させることなく、電極巻回体20を外装缶11の内部に容易に収納できる。一方、電極巻回体20の上部の扁平度FT1が電極巻回体20の下部の扁平度FT2よりも大きいことにより、外装缶11の内部に収納された電極巻回体20の上部の外周面20Sが外装缶11の内面11WS2と接することとなる。このため、二次電池1に振動や衝撃が加えられた場合であっても、外装缶11の内部において電極巻回体20が移動しづらくなる。その結果、電極巻回体20自体の損傷や、電極巻回体20に接合された正極集電板24と電池蓋14との接続箇所の損傷を防ぐことがで

きる。したがって、二次電池 1 によれば、製造性を損なうことなく優れた耐振動性を確保することができる。

[0069] 特に、二次電池 1 では、高さ方向 Z に延在する電極タブを電極巻回体 20 が有しない、いわゆるタブレス構造を採用している。このため、電極巻回体 20 が柔らかく、変形させやすいので、電極巻回体 20 の扁平度を調整しやすい。したがって、高さ方向 Z の上部の水平断面形状と下部の水平断面形状とが異なる電極巻回体 20 を実現するのに好適である。さらに、電極巻回体 20 は、その中心部に巻き芯が存在せず、貫通孔 26 を有するので、その点においても高さ方向 Z の上部の水平断面形状と下部の水平断面形状とが異なる電極巻回体 20 を実現するのに好適である。

[0070] < 2. 応用例 >

上記した本開示の一実施の形態としての二次電池 1 の用途は、例えば、以下で説明する通りである。

[0071] [2 - 1. 電池パック]

図 9 は、本発明の一実施の形態に係る電池（以下、二次電池と適宜称する）を電池パック 300 に適用した場合の回路構成例を示すブロック図である。電池パック 300 は、組電池 301、外装、充電制御スイッチ 302 a と、放電制御スイッチ 303 a、を備えるスイッチ部 304、電流検出抵抗 307、温度検出素子 308、制御部 310 を備えている。

[0072] 電池パック 300 は、正極端子 321 及び負極端子 322 を備え、充電時には正極端子 321 および負極端子 322 がそれぞれ充電器の正極端子、負極端子に接続され、充電が行われる。また、電子機器使用時には、正極端子 321 および負極端子 322 がそれぞれ電子機器の正極端子、負極端子に接続され、放電が行われる。

[0073] 組電池 301 は、複数の二次電池 301 a を直列または並列に接続してなる。二次電池 301 a として、上述の二次電池 1 を適用可能である。なお、図 9 では、6 つの二次電池 301 a が、2 並列 3 直列（2 P 3 S）に接続された場合が例として示されているが、その他、n 並列 m 直列（n, m は整数

)のように、どのような接続方法でもよい。

[0074] スイッチ部304は、充電制御スイッチ302aおよびダイオード302b、ならびに放電制御スイッチ303aおよびダイオード303bを備え、制御部310によって制御される。ダイオード302bは、正極端子321から組電池301の方向に流れる充電電流に対して逆方向であって、負極端子322から組電池301の方向に流れる放電電流に対して順方向の極性を有する。ダイオード303bは、充電電流に対して順方向であって放電電流に対して逆方向の極性を有する。なお、図9では+側にスイッチ部304を設けているが、-側に設けてもよい。

[0075] 充電制御スイッチ302aは、電池電圧が過充電検出電圧となった場合にオフされて、組電池301の電流経路に充電電流が流れないように充放電制御部によって制御される。充電制御スイッチ302aのオフ後は、ダイオード302bを介することによって放電のみが可能となる。また、充電時に大電流が流れた場合にオフされて、組電池301の電流経路に流れる充電電流を遮断するように、制御部310によって制御される。放電制御スイッチ303aは、電池電圧が過放電検出電圧となった場合にオフされて、組電池301の電流経路に放電電流が流れないように制御部310によって制御される。放電制御スイッチ303aのOFF後は、ダイオード303bを介することによって充電のみが可能となる。また、放電時に大電流が流れた場合にオフされて、組電池301の電流経路に流れる放電電流を遮断するように、制御部310によって制御される。

[0076] 温度検出素子308は例えばサーミスタであり、組電池301の近傍に設けられ、組電池301の温度を測定して測定温度を制御部310に供給する。電圧検出部311は、組電池301およびそれを構成する各二次電池301aの電圧を測定し、この測定電圧をA/D変換して、制御部310に供給する。電流測定部313は、電流検出抵抗307を用いて電流を測定し、この測定電流を制御部310に供給する。スイッチ制御部314は、電圧検出部311および電流測定部313から入力された電圧および電流に基づき、

スイッチ部304の充電制御スイッチ302aおよび放電制御スイッチ303aを制御する。

[0077] スイッチ制御部314は、複数の二次電池301aのいずれかの電圧が過充電検出電圧以下もしくは過放電検出電圧以下になったとき、また、大電流が急激に流れたときに、スイッチ部304に制御信号を送ることにより、過充電および過放電、過電流充放電を防止する。ここで、例えば、二次電池がリチウムイオン二次電池の場合、過充電検出電圧が例えば4.20V±0.05Vと定められ、過放電検出電圧が例えば2.4V±0.1Vと定められる。

[0078] 充放電スイッチは、例えばMOSFETなどの半導体スイッチを使用できる。この場合MOSFETの寄生ダイオードがダイオード302bおよび303bとして機能する。充放電スイッチとして、Pチャンネル型FETを使用した場合は、スイッチ制御部314は、充電制御スイッチ302aおよび放電制御スイッチ303aのそれぞれのゲートに対して、制御信号DOおよびCOをそれぞれ供給する。充電制御スイッチ302aおよび放電制御スイッチ303aはPチャンネル型である場合、ソース電位より所定値以上低いゲート電位によってONする。すなわち、通常の充電および放電動作では、制御信号COおよびDOをローレベルとし、充電制御スイッチ302a及び放電制御スイッチ303aをON状態とする。

[0079] 例えば過充電若しくは過放電の際には、制御信号COおよびDOをハイレベルとし、充電制御スイッチ302aおよび放電制御スイッチ303aをOFF状態とする。

[0080] メモリ317は、RAMやROMからなり例えば不揮発性メモリであるEPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) などからなる。メモリ317では、制御部310で演算された数値や、製造工程の段階で測定された各二次電池301aの初期状態における電池の内部抵抗値などが予め記憶され、また適宜、書き換えも可能である。また、二次電池301aの満充電容量を記憶させておくことで、制御部310とともに例えば残容量を算出

することができる。

[0081] 温度検出部 318 では、温度検出素子 308 を用いて温度を測定し、異常発熱時に充放電制御を行ったり、残容量の算出における補正を行ったりする。

[0082] [2-2. 蓄電システム]

上述した本開示の一実施の形態に係る二次電池は、例えば電子機器や電動車両、電動式航空機、蓄電装置などの機器に搭載され、または電力を供給するために使用することができる。

[0083] 電子機器として、例えばノート型パソコン、スマートフォン、タブレット端末、PDA（携帯情報端末）、携帯電話、ウェアラブル端末、コードレスフォン子機、ビデオムービー、デジタルスチルカメラ、電子書籍、電子辞書、音楽プレイヤー、ラジオ、ヘッドホン、ゲーム機、ナビゲーションシステム、メモリーカード、ペースメーカー、補聴器、電動工具、電気シェーバー、冷蔵庫、エアコン、テレビ、ステレオ、温水器、電子レンジ、食器洗い器、洗濯機、乾燥器、照明機器、玩具、医療機器、ロボット、ロードコンディショナー、信号機などが挙げられる。

[0084] また、電動車両としては鉄道車両、ゴルフカート、電動カート、電気自動車（ハイブリッド自動車を含む）などが挙げられ、これらの駆動用電源または補助用電源として用いられる。蓄電装置としては、住宅をはじめとする建築物用または発電設備用の電力貯蔵用電源などが挙げられる。

実施例

[0085] 本開示の実施例について説明する。

[0086] (実施例 1-1~1-4, 比較例 1-1~1-4)

以下で説明するように、図 1 などに示した円筒型の二次電池をそれぞれ作製したのち、作製した二次電池の寸法を測定した。ここでは、公称値で直径 21 mm、長さ 70 mm の寸法を有するリチウムイオン二次電池を作製した。

[0087] [作製方法]

まず、正極集電体 2 1 A として、厚さ 1 2 μm のアルミニウム箔を用意した。次に、正極活物質としてリチウムニッケルコバルトアルミニウム酸化物 (NCA) の Ni 比率が 8 5 % 以上の層状リチウム酸化物と、ポリフッ化ビニリデンからなる正極結着材と、カーボンブラック、アセチレンブラック、およびケッチェンブラックが混合された導電助剤とを混合することにより正極合剤を得た。正極活物質と、正極結着材と、導電助剤との混合比率は 9 6 . 4 : 2 : 1 . 6 とした。続いて、有機溶剤 (N-メチル-2-ピロリドン) に正極合剤を投入したのち、その有機溶剤を攪拌することにより、ペースト状の正極合剤スラリーを調製した。続いて、コーティング装置を用いて正極集電体 2 1 A の両面の所定の領域に正極合剤スラリーを塗布したのち、その正極合剤スラリーを乾燥させることにより、正極活物質層 2 1 B を形成した。また、正極露出部 2 1 2 の表面であって正極被覆部 2 1 1 に隣接する部位に、ポリフッ化ビニリデン (PVDF) を含んだ塗料を塗布し乾燥させることによって幅 3 mm、厚さ 8 μm の絶縁層 1 0 1 を形成した。そののち、ロールプレス機を用いて正極活物質層 2 1 B を圧縮成型した。以上により、正極被覆部 2 1 1 および正極露出部 2 1 2 を有する正極 2 1 を得た。そののち、正極 2 1 をせん断加工し、正極被覆部 2 1 1 の W 軸方向の幅を 6 0 mm とし、正極露出部 2 1 2 の W 軸方向の幅を 7 mm とした。また、正極 2 1 の L 軸方向の長さを 1 7 0 0 mm とした。

[0088] また、負極集電体 2 2 A として、厚さ 8 μm の銅箔を用意した。次に、黒鉛からなる炭素材料と SiO とを混合した負極活物質と、ポリフッ化ビニリデンからなる負極結着材と、カーボンブラック、アセチレンブラック、およびケッチェンブラックが混合された導電助剤とを混合することにより負極合剤を得た。負極活物質と、負極結着材と導電助剤との混合比率は 9 6 . 1 : 2 . 9 : 1 . 0 とした。また、負極活物質のうち、黒鉛と SiO との混合比率を 9 5 : 5 とした。続いて、有機溶剤 (N-メチル-2-ピロリドン) に負極合剤を投入したのち、その有機溶剤を攪拌することにより、ペースト状の負極合剤スラリーを調製した。続いて、コーティング装置を用いて負極

集電体 2 2 A の両面の所定の領域に負極合剤スラリーを塗布したのち、その負極合剤スラリーを乾燥させることにより、負極活物質層 2 2 B を形成した。そののち、ロールプレス機を用いて負極活物質層 2 2 B を圧縮成型した。以上により、負極被覆部 2 2 1 および負極露出部 2 2 2 を有する負極 2 2 を得た。そののち、負極 2 2 をせん断加工し、負極被覆部 2 2 1 の W 軸方向の幅を 6 2 m m とし、負極露出部 2 2 2 の第 1 部分 2 2 2 A の W 軸方向の幅を 4 m m とした。また、負極 2 2 の L 軸方向の長さを 1 7 6 0 m m とした。

[0089] 続いて、正極露出部 2 1 2 と負極露出部 2 2 2 の第 1 部分 2 2 2 A とが W 軸方向において互いに反対側となるように、正極 2 1 と負極 2 2 とを第 1 セパレータ部材 2 3 A および第 2 セパレータ部材 2 3 B を介して重ねることにより積層体 S 2 0 を作製した。その際、W 軸方向において、正極活物質層 2 1 B が負極活物質層 2 2 B からはみ出さないように積層体 S 2 0 を作製した。なお、後出の表 1 に示したように、第 1 距離 L 1 および第 2 距離 L 2 はそれぞれ 3 m m となるように積層体 S 2 0 を作成した。第 1 セパレータ部材 2 3 A および第 2 セパレータ部材 2 3 B として、6 5 m m の幅および 1 4 μ m の厚さを有するポリエチレンシートを使用した。そののち、貫通孔 2 6 が形成されるように、積層体 S 2 0 を渦巻き状に巻回し、巻回された積層体 S 2 0 の最外周に固定テープ 4 6 を貼り付けた。これにより、電極巻回体 2 0 を得た。得られた電極巻回体 2 0 の幅方向の端部に対し、電極巻回体 2 0 の外周面から電極巻回体 2 0 の巻回中心へ向けて圧力を加えることにより、所定の扁平度 F T 1 , F T 2 となるように調整した。

[0090] 次に、厚さ 0 . 5 m m の平板の端を電極巻回体 2 0 の上部端面 4 1 および下部端面 4 2 の各々に対して Z 軸方向に押し付けることで、上部端面 4 1 および下部端面 4 2 をそれぞれ局所的に折り曲げ、貫通孔 2 6 から径方向 (R 方向) に放射状に延びる溝 4 3 を作製した。

[0091] 続いて、電極巻回体 2 0 の上方および下方から実質的に同時に、かつ実質的に同じ圧力を上部端面 4 1 および下部端面 4 2 に対して略垂直方向に加えた。これにより、正極露出部 2 1 2 と負極露出部 2 2 2 の第 1 部分 2 2 2 A

とをそれぞれ折り曲げて、上部端面41および下部端面42をそれぞれ平坦面とした。このとき、上部端面41および下部端面42にある正極露出部212の正極縁部212Eおよび負極露出部222の負極縁部222Eが、貫通孔26に向かって重なりつつ折り曲げられるようにした。そののち、上部端面41に正極集電板24の扇状部31をレーザ溶接により接合すると共に、下部端面42に負極集電板25の扇状部33をレーザ溶接により接合した。

[0092] 次に、電極巻回体20の所定の位置に絶縁テープ53, 54を貼付けたのち、正極集電板24の帯状部32を折り曲げて絶縁板12の穴12Hに帯状部32を挿通させると共に、負極集電板25の帯状部34を折り曲げて絶縁板13の穴13Hに帯状部34を挿通させた。

[0093] 次に、外装缶11内に、上記のように組立てを行った電極巻回体20を挿入したのち、外装缶11の底部と負極集電板25とを溶接した。なお、外装缶11の内径D11は20.80±0.05mmのものを用いた。そののち、外装缶11の開放端部11Nの近傍にくびれ部11Sを形成した。さらに、電解液を外装缶11内に注入したのち、正極集電板24の帯状部32と安全弁機構30とを溶接した。

[0094] 電解液として、主溶媒としてのエチレンカーボネート（EC）およびジメチルカーボネート（DMC）に、フルオロエチレンカーボネート（FEC）およびスクシノニトリル（SN）を添加した溶媒と、電解質塩としてLiBF₄およびLiPF₆を含むものを用いた。本実施例のリチウムイオン二次電池では、電解液におけるEC, DMC, FEC, SN, LiBF₄, およびLiPF₆の各々の含有率（重量%）は、12.7:56.2:12.0:1.0:1.0:17.1とした。

[0095] 次に、くびれ部11Sを利用してガスケット15、安全弁機構30および電池蓋14で密封した。最後に、電池蓋14の上にワッシャ55が装着された外装缶11に外装チューブ50を被せたのち、外装チューブ50に熱風を当てるなどして外装チューブ50を加熱して収縮させ、外装缶11の外表面

に外装チューブ50を密着させた。

[0096] 以上により、実施例1-1~1-4および比較例1-1~1-4としての二次電池を得た。

[0097] [電池特性の評価]

上記のようにして得た実施例1-1~1-4および比較例1-1~1-4の各二次電池について、電極巻回体20の上部および下部の外径の測定、電極巻回体20の外装缶11への挿入性の評価、および耐振動性の評価をそれぞれ実施した。それらの結果を表1にまとめて示す。

[0098] [表1]

表 1

	D11 [mm]	電極巻回体の上部			電極巻回体の下部			FT1/ FT2	挿入性	ドラム試験 [分]
		D20max1 [mm]	D20min1 [mm]	FT1 [%]	D20max1 [mm]	D20min1 [mm]	FT2 [%]			
実施例 1-1	20.8	20.821	20.553	1.29	20.687	20.585	0.49	2.61	P	100
実施例 1-2	20.8	20.663	20.400	1.27	20.483	20.320	0.80	1.60	P	100
実施例 1-3	20.8	20.950	20.740	1.00	20.824	20.708	0.56	1.79	P	≥120
実施例 1-4	20.8	20.661	20.400	1.26	20.652	20.400	1.22	1.04	P	100
比較例 1-1	20.8	20.895	20.882	0.06	20.892	20.879	0.06	1.00	F	100
比較例 1-2	20.8	20.410	20.380	0.15	20.590	20.340	1.21	0.12	P	75
比較例 1-3	20.8	20.892	20.884	0.04	20.955	20.742	1.02	0.04	F	-
比較例 1-4	20.8	20.401	20.400	0.00	20.399	20.398	0.00	1.00	P	60

[0099] (外径の測定)

電極巻回体20の上部の最大径D20max1および最小径D20min1、ならびに、電極巻回体20の下部の最大径D20max2および最小径D20min2を測定した。具体的には、電極巻回体20を、その中心軸を回転軸として回転させながら、二次元投影方式の外径測定器を用いて電極巻回体20を二次元投影した画像の外径を測定した。ここでは、図1に示した高さ位置Lv1で

の電極巻回体 20 の水平断面における最大径および最小径をそれぞれ最大径 $D_{20\max1}$ および最小径 $D_{20\min1}$ とした。また、図 1 に示した高さ位置 $L_v 2$ での電極巻回体 20 の水平断面における最大径および最小径をそれぞれ最大径 $D_{20\max2}$ および最小径 $D_{20\min2}$ とした。実施例 1-1 ~ 1-4 および比較例 1-2、1-4 については、二次電池を分解して取り出した電極巻回体 20 の外径を測定した。なお、実施例 1-3 の上部の最大径 $D_{20\max1}$ が外装缶 11 のない径 D_{11} よりも大きいのは、充放電により負極活物質層 22B が膨張したためである。実施例 1-3 の外装缶 11 のない径 D_{11} の最大径もそれに伴って大きくなっている。

[0100] (電極巻回体の挿入性の評価)

電極巻回体 20 の外装缶 11 への挿入性の評価については、電極巻回体 20 を外装缶 11 へ挿入する際、電極巻回体 20 の外周面 20S が開放端部 11N に接触するなどして挿入できなかった場合を不良と判断し、表 1 に「F」と記載した。一方、挿入できた場合を良と判断し、表 1 に「P」と記載した。なお、電極巻回体 20 を外装缶 11 に挿入できなかった比較例 1-1 および比較例 1-3 については、外装缶 11 の挿入前の電極巻回体 20 の上部の最大径 $D_{20\max1}$ および最小径 $D_{20\min1}$ 、ならびに、電極巻回体 20 の下部の最大径 $D_{20\max2}$ および最小径 $D_{20\min2}$ を測定している。

[0101] (耐振動性の評価)

各実施例および各比較例につき $n = 6$ の二次電池を作製し、以下に記載する耐振動性の評価をおこなった。ここではドラム試験を実施し、インピーダンスの変化を測定した。具体的には、4.2 [V] の出力電圧になるように調節しておき、それらを六角ドラム回転試験装置の内接円直径 $\phi = 190$ [mm]、長さ 200 [mm] の鉄板製六角筒の中に入れて、60 rpm (2π [rad/s]) の角速度で回転させて、機械的振動を与える実験を行った。その後、各二次電池を取り出し、取り出した各二次電池の開回路電圧 (OCV) およびインピーダンスを測定した。振動を加えたインピーダンスの値が初期のインピーダンスを大きく超えて不合格と判断されるまで、振動試

験を行った。一般に、振動を加えることにより、蓋部と正極集電板との接合部が徐々に離れ、インピーダンスが上昇する。したがって、インピーダンスが上昇するまでの振動を加えた時間が長いほど耐振動性が高いと評価できる。

[0102] 表1に示したように、実施例1-1~1-4では、扁平度FT1が扁平度FT2よりも大きいので、すなわち $(FT1/FT2) > 1$ を満たすので、挿入性の評価で「良」と判断されると共にドラム試験では少なくとも100分の耐振動性を得られることがわかった。これに対し、扁平度FT1が扁平度FT2よりも小さい、すなわち $(FT1/FT2) \leq 1$ である比較例1-1, 1-3では、挿入性の評価で「不良」と判断され、これ以上の測定はできなかった。また、比較例1-2, 1-4では挿入性は「良」であったが、十分な耐振動性が得られなかった。

[0103] 以上の結果から、本開示の二次電池によれば、製造性を損なうことなく優れた耐振動性を確保することができることが確認できた。

[0104] 以上、一実施形態および実施例を挙げながら本開示に関して説明したが、その本開示の構成は、一実施形態および実施例において説明された構成に限定されず、種々に変形可能である。例えば、上記一実施形態および実施例では、いわゆるタブレス構造の二次電池を例示して説明したが、本開示の二次電池はこれに限定されるものではなく、いわゆるタブ付き構造の二次電池にも適用可能である。

[0105] 例えば上記一実施形態および実施例では、電極反応物質がリチウムである場合に関して説明したが、その電極反応物質は、特に限定されない。このため、電極反応物質は、上記したように、ナトリウムおよびカリウムなどの他のアルカリ金属でもよいし、ベリリウム、マグネシウムおよびカルシウムなどのアルカリ土類金属でもよい。この他、電極反応物質は、アルミニウムなどの他の軽金属でもよい。

[0106] 本明細書中に記載された効果はあくまで例示であり、本開示の効果は、本明細書中に記載された効果に限定されない。よって、本開示に関して、他の

効果が得られてもよい。

[0107] 本開示は、以下の態様を取り得る。

< 1 >

正極と負極とがセパレータを介して積層されて中心軸を中心に巻回されてなる電極巻回体と、

前記中心軸に沿った方向を高さ方向とする円柱状の外形を有し、前記電極巻回体を収容する電池缶と

を備え、

前記電池缶は、

底部により閉塞された下端部と、前記高さ方向において前記下端部と反対側に位置すると共に前記電極巻回体が挿通可能に開放された開口を含む上部とを有する容器と、

前記容器の前記開口を塞ぐ蓋部と

を有し、

前記電極巻回体の最小径に対する前記電極巻回体の最大径の比を前記電極巻回体の扁平度とすると、前記電極巻回体の下部のうちの少なくとも一部の前記扁平度よりも前記電極巻回体の上部のうちの少なくとも一部の前記扁平度のほうが大きい

二次電池。

< 2 >

前記電極巻回体のうちの前記高さ方向の下端縁における前記扁平度よりも前記電極巻回体のうちの前記高さ方向の上端縁における前記扁平度のほうが大きい

上記< 1 >記載の二次電池。

< 3 >

前記電極巻回体の最大径が前記電池缶の内径と実質的に一致している

上記< 1 >または< 2 >記載の二次電池。

< 4 >

前記電極巻回体の前記高さ方向の中心点での最大径は、前記電極巻回体の前記高さ方向の上端縁での最大径よりも小さく、前記電極巻回体の前記高さ方向の下端縁での最大径よりも大きい

上記<1>から<3>のいずれか1つに記載の二次電池。

<5>

前記電極巻回体の中心部に貫通孔が設けられている

上記<1>から<4>のいずれか1つに記載の二次電池。

<6>

前記電極巻回体の上部の一部は、前記容器の内面と接している

上記<1>から<5>のいずれか1つに記載の二次電池。

<7>

前記電極巻回体の下部の最大径よりも前記電極巻回体の上部の最大径が大きい

上記<1>から<6>のいずれか1つに記載の二次電池。

<8>

前記電極巻回体のうちの、前記高さ方向における第1端面と対向するように配置された正極集電板と、

前記電極巻回体のうちの、前記高さ方向における前記第1端面と反対側の第2端面と対向するように配置された負極集電板と

をさらに備え、

前記正極は、正極集電体に正極活物質層が被覆されている正極被覆部と、前記正極集電体が前記正極活物質層に覆われずに露出し前記正極集電板と接合された正極露出部とを有し、

前記負極は、負極集電体に負極活物質層が被覆されている負極被覆部と、前記負極集電体が前記負極活物質層に覆われずに露出し前記負極集電板と接合された負極露出部とを有し、

前記中心軸を中心に巻回された前記正極露出部のうちの前記電極巻回体の径方向に隣り合う複数の第1縁部および前記中心軸を中心に巻回された前記

負極露出部のうちの前記径方向に隣り合う複数の第2縁部、の少なくとも一方が互いに重なり合うように前記中心軸に向かって折れ曲がっている

上記<1>から<7>のいずれか1つに記載の二次電池。

<9>

上記<1>から<8>のいずれか1つに記載の二次電池と、

前記二次電池を制御する制御部と、

前記二次電池を内包する外装体と

を有する電池パック。

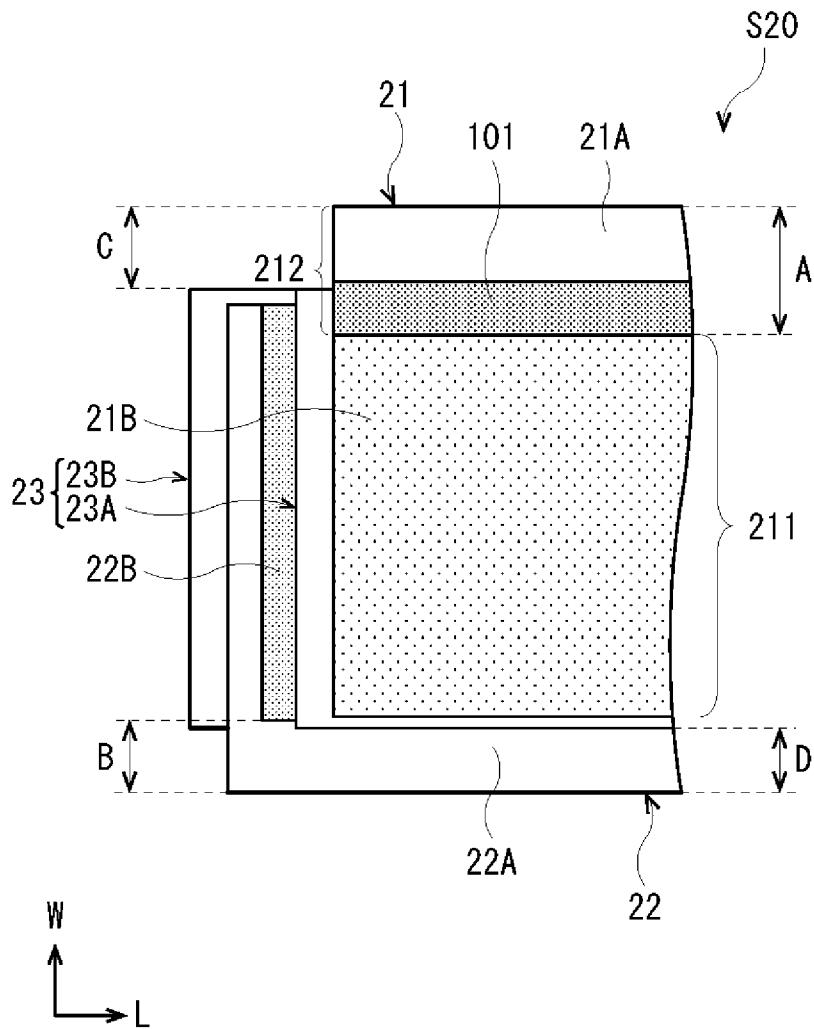
請求の範囲

- [請求項1] 正極と負極とがセパレータを介して積層されて中心軸を中心に巻回されてなる電極巻回体と、
前記中心軸に沿った方向を高さ方向とする円柱状の外形を有し、前記電極巻回体を収容する電池缶と
を備え、
前記電池缶は、
底部により閉塞された下端部と、前記高さ方向において前記下端部と反対側に位置すると共に前記電極巻回体が挿通可能に開放された開口を含む上端部とを有する容器と、
前記容器の前記開口を塞ぐ蓋部と
を有し、
前記電極巻回体の最小径に対する前記電極巻回体の最大径の比を前記電極巻回体の扁平度とするとき、前記電極巻回体の下部のうちの少なくとも一部の前記扁平度よりも前記電極巻回体の上部のうちの少なくとも一部の前記扁平度のほうが大きい
二次電池。
- [請求項2] 前記電極巻回体のうちの前記高さ方向の下端縁における前記扁平度よりも前記電極巻回体のうちの前記高さ方向の上端縁における前記扁平度のほうが大きい
請求項1記載の二次電池。
- [請求項3] 前記電極巻回体の最大径が前記電池缶の内径と実質的に一致している
請求項1または請求項2に記載の二次電池。
- [請求項4] 前記電極巻回体の前記高さ方向の中心点での最大径は、前記電極巻回体の前記高さ方向の上端縁での最大径よりも小さく、前記電極巻回体の前記高さ方向の下端縁での最大径よりも大きい
請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の二次電池。

- [請求項5] 前記電極巻回体の中心部に貫通孔が設けられている
請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の二次電池。
- [請求項6] 前記電極巻回体の上部の一部は、前記容器の内面と接している
請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の二次電池。
- [請求項7] 前記電極巻回体の下部の最大径よりも前記電極巻回体の上部の最大径が大きい
請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の二次電池。
- [請求項8] 前記電極巻回体のうちの、前記高さ方向における第 1 端面と対向するように配置された正極集電板と、
前記電極巻回体のうちの、前記高さ方向における前記第 1 端面と反対側の第 2 端面と対向するように配置された負極集電板と
をさらに備え、
前記正極は、正極集電体に正極活物質層が被覆されている正極被覆部と、前記正極集電体が前記正極活物質層に覆われずに露出し前記正極集電板と接合された正極露出部とを有し、
前記負極は、負極集電体に負極活物質層が被覆されている負極被覆部と、前記負極集電体が前記負極活物質層に覆われずに露出し前記負極集電板と接合された負極露出部とを有し、
前記中心軸を中心に巻回された前記正極露出部のうちの前記電極巻回体の径方向に隣り合う複数の第 1 縁部および前記中心軸を中心に巻回された前記負極露出部のうちの前記径方向に隣り合う複数の第 2 縁部、の少なくとも一方が互いに重なり合うように前記中心軸に向かって折れ曲がっている
請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の二次電池。
- [請求項9] 請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の二次電池と、
前記二次電池を制御する制御部と、
前記二次電池を内包する外装体と
を有する電池パック。

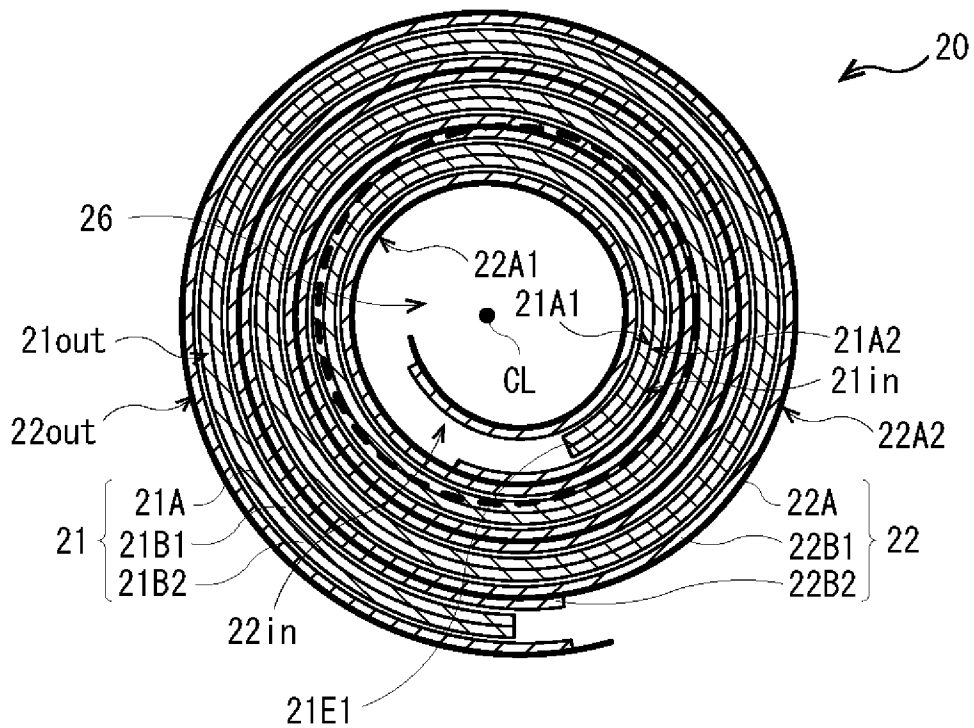
[図2]

図2

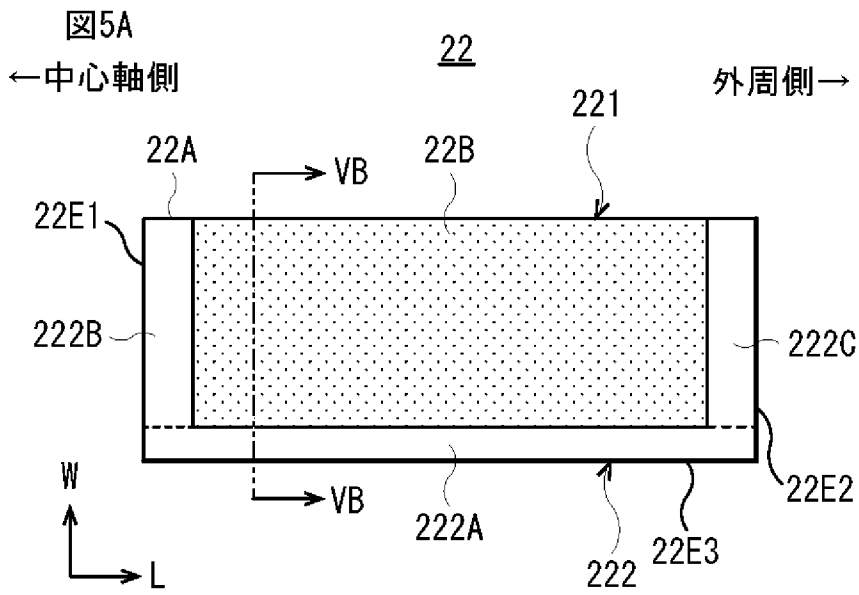


[図3]

図3

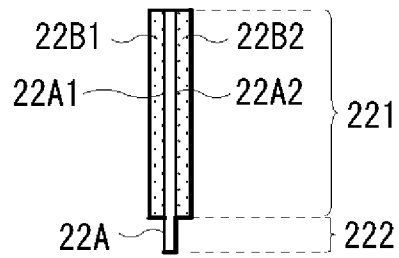


[図5A]



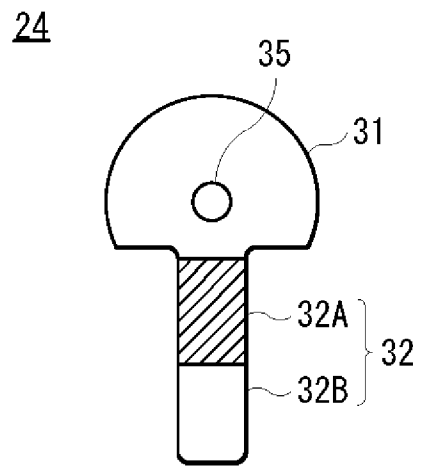
[図5B]

図5B



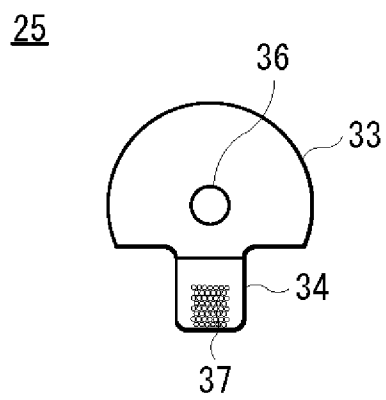
[図6A]

図6A



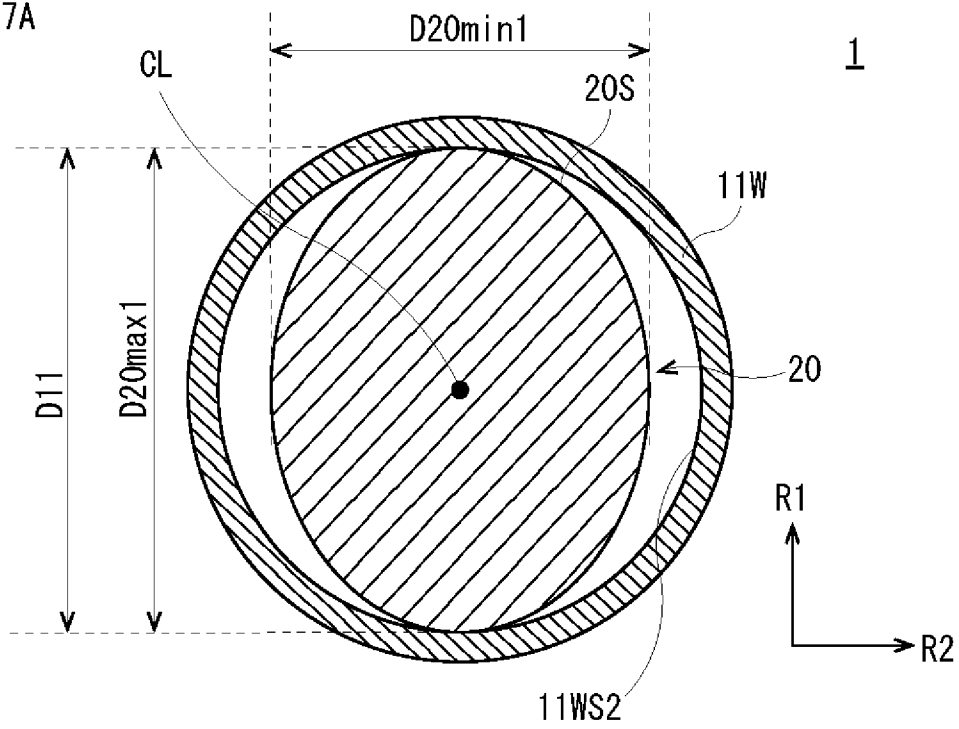
[図6B]

図6B



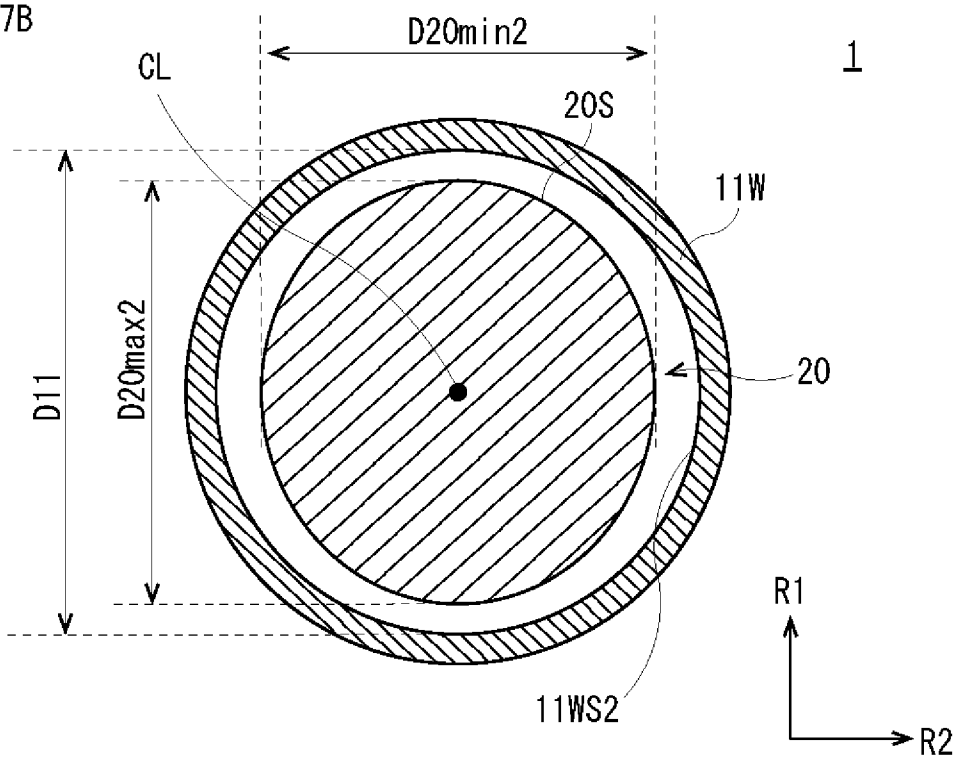
[図7A]

図7A

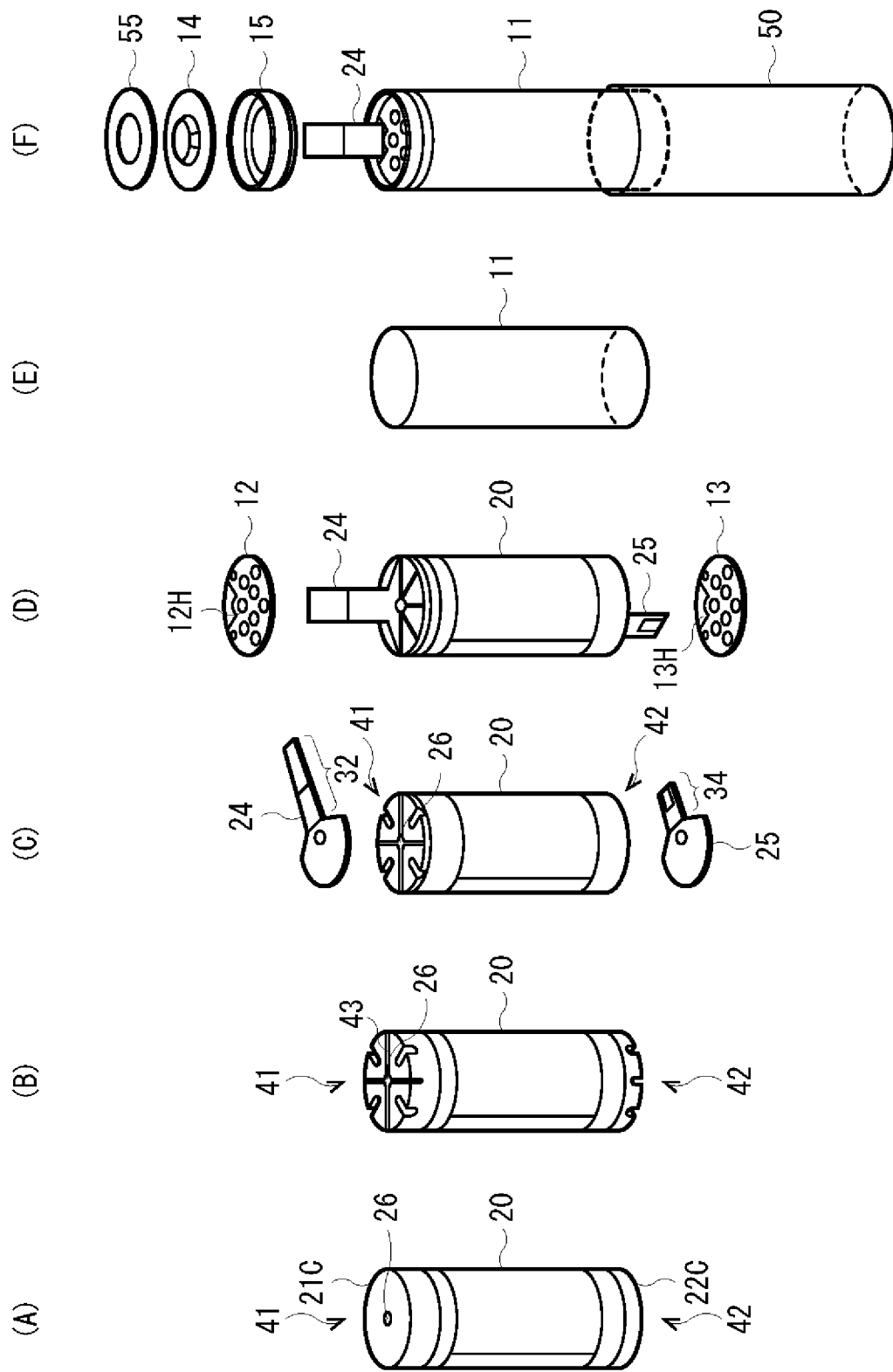


[図7B]

図7B



[8]



[8]

[図9]

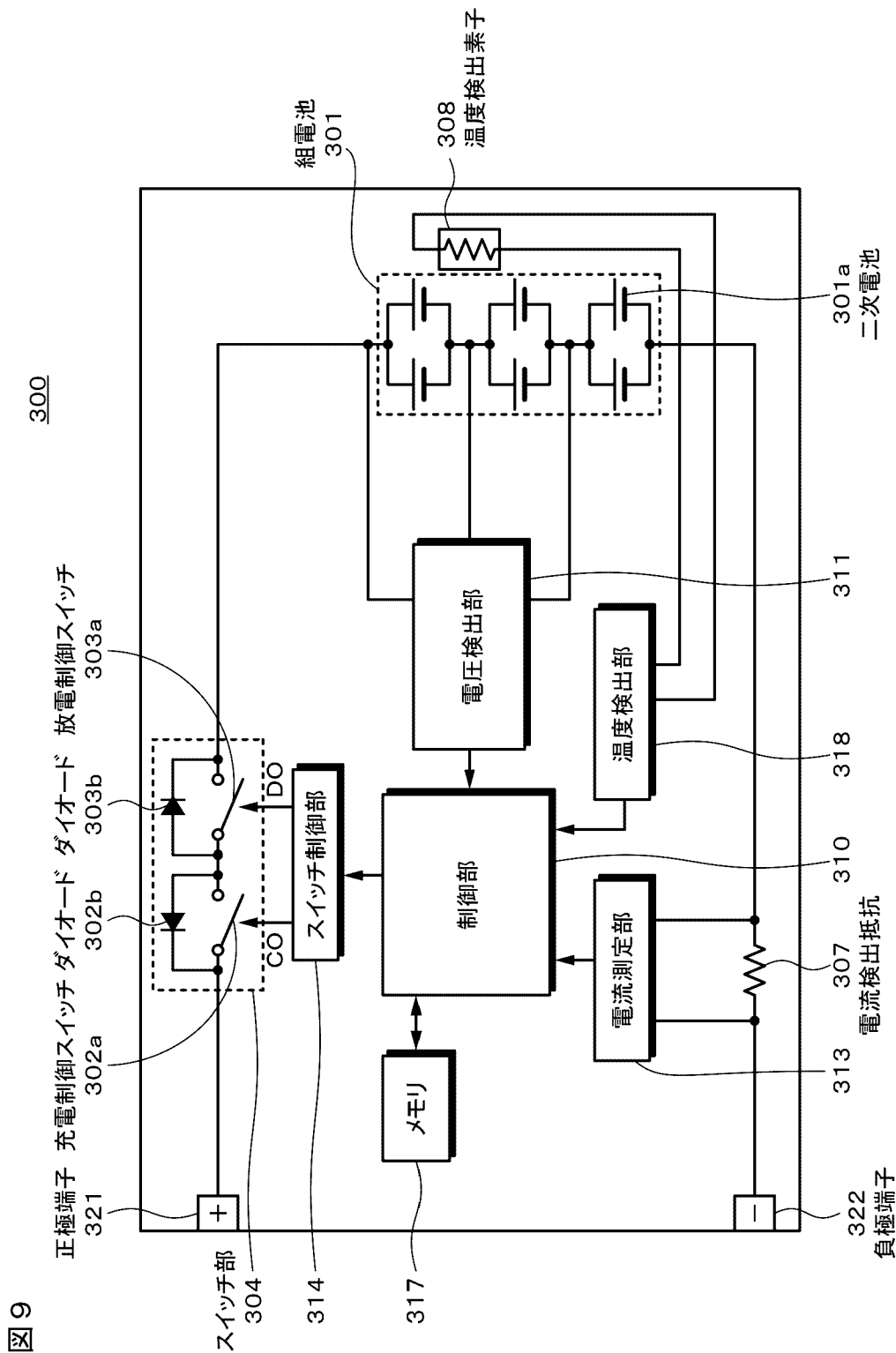


図9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/003382

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01M 10/0587</i> (2010.01)i; <i>H01M 10/04</i> (2006.01)i; <i>H01M 50/107</i> (2021.01)i; <i>H01M 50/152</i> (2021.01)i; <i>H01M 50/538</i> (2021.01)i FI: H01M10/0587; H01M10/04 W; H01M50/107; H01M50/152; H01M50/538		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M10/0587; H01M10/04; H01M50/107; H01M50/152; H01M50/538		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-220862 A (SONY CORPORATION) 05 August 2004 (2004-08-05)	1-9
A	CN 113131008 A (NINGBO GP ENERGY CO., LTD.) 16 July 2021 (2021-07-16)	1-9
A	JP 2000-100464 A (FUJI PHOTO FILM CO., LTD.) 07 April 2000 (2000-04-07)	1-9
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 09 April 2024		Date of mailing of the international search report 23 April 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/003382

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2004-220862	A	05 August 2004	(Family: none)	
CN	113131008	A	16 July 2021	(Family: none)	
JP	2000-100464	A	07 April 2000	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01M 10/0587(2010.01)i; H01M 10/04(2006.01)i; H01M 50/107(2021.01)i; H01M 50/152(2021.01)i; H01M 50/538(2021.01)i FI: H01M10/0587; H01M10/04 W; H01M50/107; H01M50/152; H01M50/538</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>H01M10/0587; H01M10/04; H01M50/107; H01M50/152; H01M50/538</p> <p>最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2024年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2024年</td> </tr> </table> <p>国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2024年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2024年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2024年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2024年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2024年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2024年													
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2004-220862 A (ソニー株式会社) 05.08.2004 (2004 - 08 - 05)</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 113131008 A (NINGBO GP ENERGY CO., LTD.) 16.07.2021 (2021 - 07 - 16)</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000-100464 A (富士写真フイルム株式会社) 07.04.2000 (2000 - 04 - 07)</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献</p> <p>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</p> <p>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	A	JP 2004-220862 A (ソニー株式会社) 05.08.2004 (2004 - 08 - 05)	1-9	A	CN 113131008 A (NINGBO GP ENERGY CO., LTD.) 16.07.2021 (2021 - 07 - 16)	1-9	A	JP 2000-100464 A (富士写真フイルム株式会社) 07.04.2000 (2000 - 04 - 07)	1-9
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2004-220862 A (ソニー株式会社) 05.08.2004 (2004 - 08 - 05)	1-9												
A	CN 113131008 A (NINGBO GP ENERGY CO., LTD.) 16.07.2021 (2021 - 07 - 16)	1-9												
A	JP 2000-100464 A (富士写真フイルム株式会社) 07.04.2000 (2000 - 04 - 07)	1-9												
<p>国際調査を完了した日</p> <p>09.04.2024</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>23.04.2024</p>													
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁 (ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>福井 晃三 4M 1192</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3477</p>													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/003382

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2004-220862 A	05.08.2004	(ファミリーなし)	
CN 113131008 A	16.07.2021	(ファミリーなし)	
JP 2000-100464 A	07.04.2000	(ファミリーなし)	