

(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7月4日(04.07.2024)



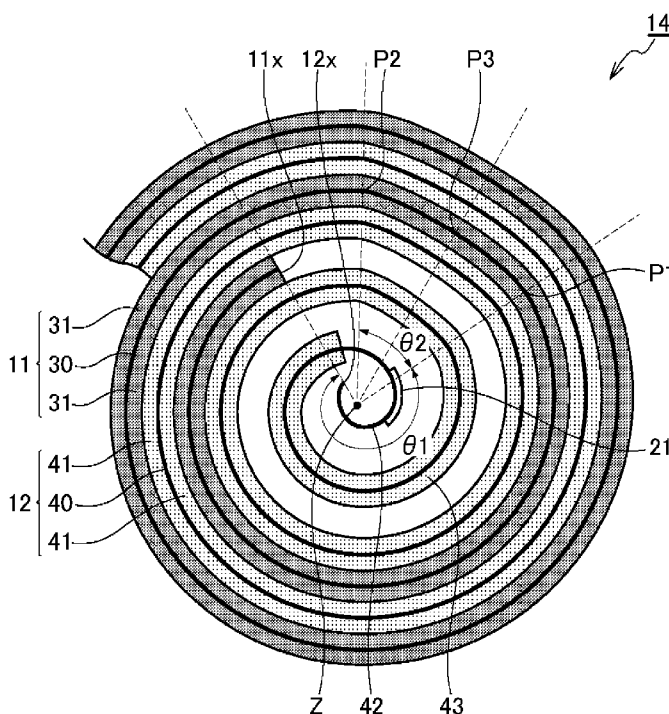
(10) 国際公開番号

WO 2024/142995 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H01M 10/0587* (2010.01) *H01M 50/536* (2021.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045012
- (22) 国際出願日: 2023年12月15日(15.12.2023)
- (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 2022-210958 2022年12月27日(27.12.2022) JP
- (71) 出願人: パナソニックエナジー株式会社 (PANASONIC ENERGY CO., LTD.) [JP/JP];  
〒5708511 大阪府守口市松下町1番  
1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 津田 貴郎 (TSUDA Takao). 石黒 祐 (ISHIGURO Tasuku). 佐々 達郎 (SASA Tatsuro). 松本 克公 (MATSUMOTO Katsumasa). 島 華穂 (SHIMA Kaho). 浅田 裕貴 (ASADA Yuki).
- (74) 代理人: 弁理士法人 Y K I 国際特許事務所 (YKI INTELLECTUAL PROPERTY ATTORNEYS); 〒1800004 東京都武蔵野市吉祥寺本町一丁目34番12号 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, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: CYLINDRICAL BATTERY

(54) 発明の名称: 円筒形電池



(57) Abstract: In a cylindrical battery as an example of an embodiment, a negative electrode (12) comprises: a non-opposing portion (43) that is wound 0.75 times or more on a winding-start side of an electrode assembly (14); and, at least in the non-opposing portion (43), a first maximal value (P1) and a second maximal portion (P2) in which the value of radius of curvature  $\times$  radius is a local maximum. The first maximal portion (P1) is positioned in a range in which an angle ( $\theta 1$ ) from a positive electrode start end (11x) toward a winding-end side with respect to a winding center (Z) of the electrode



WO 2024/142995 A1

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))

assembly (14) is between  $180^\circ$  and  $280^\circ$  inclusive. The second maximal portion (P2) is positioned in a range in which an angle ( $\theta 2$ ) from the first maximal portion (P1) toward the winding-end side is  $80^\circ \pm 5^\circ$ .

(57) 要約: 実施形態の一例である円筒形電池において、負極 (12) は、電極体 (14) の巻き始め側において 0.75 周以上巻回された非対向部 (43) と、少なくとも非対向部 (43) において、曲率×半径の値が極大となる第1極大部 (P1) および第2極大部 (P2) とを有する。第1極大部 (P1) は、電極体 (14) の巻回中心 (Z) に対する正極始端 (11x) から巻き終わり側への角度 ( $\theta 1$ ) が  $180^\circ$  以上  $280^\circ$  以下の範囲に位置する。第2極大部 (P2) は、第1極大部 (P1) から巻き終わり側への角度 ( $\theta 2$ ) が  $80^\circ \pm 5^\circ$  の範囲に位置する。

## 明 細 書

**発明の名称**：円筒形電池

### 技術分野

[0001] 本開示は、円筒形電池に関する。

### 背景技術

[0002] 円筒形電池は、正極と負極がセパレータを介して渦巻き状に巻回された巻回型の電極体を備える。電極体の巻き芯には、一般的に、軸方向に延びる空洞が形成される。この空洞は、電池の異常発生時に生じるガスを安全弁の方向に導く排気径路として機能する。例えば、特許文献1には、電極体の巻き始め側において、負極芯体の少なくとも一方の面に負極合剤層が形成され、かつ正極と対向しない状態で所定長さ以上巻回された非対向部を有する巻回型の電極体を備えた円筒形電池が開示されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2018/116876号

### 発明の概要

[0004] 特許文献1の円筒形電池によれば、巻き芯部分の形状安定性が向上し、異常発生時の排気径路が十分に確保される。一方で、電池の高容量化等により、充放電時の負極の体積変化が大きくなると、特許文献1の円筒形電池においても、巻き芯の近傍で電極体の変形が生じやすくなる。正極と負極が対向する部分で電極体の大きな変形が発生した場合、正負極間距離が変化し、充放電反応の不均一化等の問題が生じ得る。

[0005] 本開示に係る円筒形電池は、正極と、芯体および合剤層を含む負極と、セパレータとを有し、正極と負極がセパレータを介して巻回された電極体を備える円筒形電池であって、負極は、電極体の巻き始め側において、芯体の少なくとも一方の面に合剤層が形成され、かつ正極と対向しない状態で0.75周以上巻回された非対向部を有し、正極は、少なくとも最内周において、

曲率×半径の値が極大となる第1および第2極大部とを有し、第1極大部は、電極体の巻回中心に対する正極始端から巻き終わり側への角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下の範囲に位置し、第2極大部は、電極体の巻回中心に対する第1極大部から巻き終わり側への角度 $\theta_2$ が $80^\circ \pm 5^\circ$ の範囲に位置し、曲率×半径の値は、第1および第2極大部の一方で最大となり、他方で2番目に大きな極大値となることを特徴とする。

[0006] 本開示に係る円筒形電池によれば、正極と負極の対向部における電極体の変形を抑制できる。

### 図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態の一例である円筒形電池の軸方向断面図である。

[図2]実施形態の一例である電極体の径方向断面の一部を示す図である。

[図3]実施形態の一例である電極体を構成する正極において、巻回中心に対する正極始端位置から巻き終わり側への角度と、正極の曲率×半径との関係を示す図である。

[図4]極板変形の評価方法を説明するための図である。

### 発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照しながら、本開示に係る円筒形電池の実施形態の一例について詳細に説明する。なお、本開示に係る円筒形電池は、以下で説明する実施形態に限定されない。

[0009] 図1は、実施形態の一例である円筒形電池10の断面図である。図1に示すように、円筒形電池10は、正極11と、負極12と、セパレータ13とを有し、正極11と負極12がセパレータ13を介して巻回された電極体14を備える。また、円筒形電池10は、電極体14を収容する有底円筒状の外装缶16と、外装缶16の開口部を塞ぐ封口体17とを備える。外装缶16には、電極体14と共に電解質が収容されている。外装缶16は側壁に形成された溝入部22を有し、封口体17は溝入部22に支持されて外装缶16の開口部を塞いでいる。以下では、説明の便宜上、円筒形電池10の封口体17側を上、外装缶16の缶底側を下とする。

- [0010] 詳しくは後述するが、負極12は、電極体14の巻き始め側において、負極芯体40の少なくとも一方の面に負極合剤層41が形成され、かつ正極11と対向しない状態で0.75周以上巻回された非対向部43（図2参照）を有する。非対向部43は、形状安定性に優れた電極体14の巻き芯構造を確保し、巻き芯には軸方向に沿った空洞が形成される。巻き芯の空洞は、電池の異常発生時に生じるガスを安全弁の方向に導く排気径路として機能する。非対向部43の長さを0.75周以上とすることで、巻き芯の形状が安定化し、排気径路として十分な空洞を確保できる。
- [0011] 電解質は、水系電解質であってもよいが、本実施形態では非水電解質を用いるものとする。非水電解質は、リチウムイオン伝導性を有する。非水電解質は、液状の電解質（電解液）であってもよく、固体電解質であってもよい。円筒形電池10は、例えば、非水電解質二次電池であって、中でもリチウムイオン電池であることが好ましい。
- [0012] 液状の電解質（電解液）は、非水溶媒と、非水溶媒に溶解した電解質塩とを含む。非水溶媒には、例えば、エステル類、エーテル類、ニトリル類、アミド類、およびこれらの2種以上の混合溶媒等が用いられる。非水溶媒の一例としては、エチレンカーボネート（EC）、エチルメチルカーボネート（EMC）、ジメチルカーボネート（DMC）、ジエチルカーボネート（DEC）、およびこれらの混合溶媒等が挙げられる。非水溶媒は、これら溶媒の水素の少なくとも一部をフッ素等のハロゲン原子で置換したハロゲン置換体（例えば、フルオロエチレンカーボネート等）を含有していてもよい。電解質塩には、例えば、LiPF<sub>6</sub>等のリチウム塩が使用される。
- [0013] 固体電解質としては、例えば、固体状もしくはゲル状のポリマー電解質、無機固体電解質等を用いることができる。無機固体電解質としては、全固体リチウムイオン二次電池等で公知の材料（例えば、酸化物系固体電解質、硫化物系固体電解質、ハロゲン系固体電解質等）を用いることができる。ポリマー電解質は、例えば、リチウム塩とマトリックスポリマー、あるいは非水溶媒とリチウム塩とマトリックスポリマーとを含む。マトリックスポリマー

としては、例えば、非水溶媒を吸収してゲル化するポリマー材料が使用される。ポリマー材料としては、フッ素樹脂、アクリル樹脂、ポリエーテル樹脂等が挙げられる。

[0014] 電極体 14 は、上記のように、正極 11 と負極 12 がセパレータ 13 を介して渦巻き状に巻回された巻回構造を有する。正極 11、負極 12、およびセパレータ 13 は、いずれも帯状の長尺体であって、渦巻状に巻回されることで電極体 14 の径方向に交互に積層されている。負極 12 は、リチウムの析出を防止するために、正極 11 よりも一回り大きな寸法で形成される。即ち、負極 12 は、正極 11 よりも長さ方向および幅方向に長く形成される。セパレータ 13 は、少なくとも正極 11 よりも一回り大きな寸法で形成され、例えば、正極 11 を挟むように 2 枚配置される。

[0015] 電極体 14 は、正極 11 に接合された正極リード 20 と、負極 12 に接合された負極リード 21 とを有する。本実施形態では、正極リード 20 が正極 11 の長さ方向中央部であって、電極体 14 の巻き始め側端および巻き終り側端から離れた位置に設けられている。他方、負極リード 21 は電極体 14 の巻き始め側に位置する負極 12 の長さ方向一端部に設けられている。負極 12 は、負極始端 12x から非対向部 43 までの部分であって、負極合剤層 41 が存在しない第 1 の芯体露出部 42 (図 2 参照) を有する。負極リード 21 は、芯体露出部 42 に接合されている。

[0016] 正極 11 は、正極芯体 30 と、当該芯体の少なくとも一方の面に形成された正極合剤層 31 とを有する。正極芯体 30 には、アルミニウム、アルミニウム合金など、正極 11 の電位範囲で安定な金属の箔、当該金属を表層に配置したフィルム等を用いることができる。正極合剤層 31 は、正極活物質、アセチレンブラック等の導電剤、およびポリフッ化ビニリデン (PVdF) 等の結着剤を含み、正極芯体 30 の両面に形成されることが好ましい。正極合剤層 31 の厚みは、例えば、40  $\mu\text{m}$  以上 100  $\mu\text{m}$  以下である。正極活物質には、例えば、Ni、Co、Mn、Al 等を含有するリチウム遷移金属複合酸化物が用いられる。なお、正極リード 20 は、超音波溶着等により正

極芯体30に直接接合されていることが好ましい。

[0017] 負極12は、負極芯体40と、当該芯体の少なくとも一方の面に形成された負極合剤層41とを有する。負極芯体40には、銅、銅合金など、負極12の電位範囲で安定な金属の箔、当該金属を表層に配置したフィルムなどを用いることができる。負極合剤層41は、負極活物質、およびスチレンーブタジエンゴム（SBR）等の結着剤を含み、負極芯体40の両面に形成されることが好ましい。負極合剤層41の厚みは、例えば、40 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下である。負極活物質には、例えば、黒鉛、Si含有材料などが用いられる。負極リード21は、超音波溶着等により負極芯体40に直接接合されていることが好ましい。

[0018] 円筒形電池10は、封口体17と電極群との間に配置され、正極リード20を通す開口部を有する上部絶縁板18を備える。本明細書において、電極群とは、電極体14のうち、正極11、負極12、およびセパレータ13から構成される部分であって、正極リード20および負極リード21を除く部分を意味する。また、円筒形電池10は、外装缶16の缶底内面と電極群との間に配置され、負極リード21を通す開口部を有する下部絶縁板19を備える。

[0019] 図1に示す例では、正極リード20が上部絶縁板18の開口部を通過して封口体17側に延び、負極リード21が下部絶縁板19の開口部を通過して外装缶16の缶底側に延びている。正極リード20は封口体17の底板23の下面に溶接等で接続され、封口体17が正極端子となる。負極リード21は外装缶16の缶底内面に溶接等で接続され、外装缶16が負極端子となる。

[0020] 電極体14の最外周面には、負極12が配置され、かつ負極芯体40の表面が露出した第2の芯体露出部44が設けられている。そして、芯体露出部44は外装缶16の内周面に当接している。芯体露出部44が負極端子である外装缶16の内周面に当接することで、負極12の長さ方向の両端部と外装缶16が電氣的に接続され良好な集電性を確保できる。芯体露出部44は、電極体14の最外周面の一部に設けられてもよいが、好ましくは最外周面

の全域に設けられる。例えば、負極 1 2 の巻き終わり端から電極体 1 4 の 1 周分以上の長さで負極芯体 4 0 の両面に負極合剤層 4 1 が存在しない部分が設けられる。

[0021] 外装缶 1 6 は、有底円筒形状の金属製容器である。外装缶 1 6 と封口体 1 7 との間にはガスケット 2 8 が設けられ、電池内部が密閉される。外装缶 1 6 は、例えば、側面部を外側からプレスして形成された、封口体 1 7 を支持する溝入部 2 2 を有する。溝入部 2 2 は、外装缶 1 6 の周方向に沿って環状に形成されることが好ましく、その上面で封口体 1 7 を支持する。また、外装缶 1 6 の上端部は、内側に折り曲げられ封口体 1 7 の周縁部に加締められている。

[0022] 封口体 1 7 は、電極体 1 4 側から順に、底板 2 3、下弁体 2 4、絶縁部材 2 5、上弁体 2 6、およびキャップ 2 7 が積層された構造を有する。封口体 1 7 を構成する各部材は、例えば円板形状又はリング形状を有し、絶縁部材 2 5 を除く各部材は互いに電氣的に接続されている。下弁体 2 4 と上弁体 2 6 は各々の中央部で互いに接続され、各々の周縁部の間には絶縁部材 2 5 が介在している。電池の内圧が上昇すると、下弁体 2 4 が上弁体 2 6 をキャップ 2 7 側に押し上げるように変形して破断することにより、下弁体 2 4 と上弁体 2 6 の間の電流経路が遮断される。さらに内圧が上昇すると、上弁体 2 6 が破断し、キャップ 2 7 の開口部からガスが排出される。

[0023] 以下、図 2 および図 3 を参照しながら、電極体 1 4 について詳説する。図 2 は、電極体 1 4 の巻き芯およびその近傍の径方向断面図である。図 2 では、図面の明瞭化のため、セパレータ 1 3 の図示を省略している。図 3 は、巻回中心 Z に対する正極始端 1 1 x から巻き終わり側への角度と、正極 1 1 の曲率×半径との関係を示す図である。

[0024] 図 2 に示すように、電極体 1 4 を構成する負極 1 2 は、電極体 1 4 の巻き始め側において、負極芯体 4 0 の少なくとも一方の面に負極合剤層 4 1 が形成され、かつ正極 1 1 と対向しない状態で 0.75 周以上巻回された非対向部 4 3 を有する。非対向部 4 3 は、負極合剤層 4 1 を有するが、正極 1 1 に

対向していないため、電池の充放電には寄与しない。一方、非対向部43は、負極合剤層41を有するため剛性が高く、電極体14の巻き芯部分の形状の安定化に寄与し、電池の異常発生時に生じるガスの排気径路を確保する。なお、正極始端11xよりも電極体14の巻き終わり側に位置する部分が、正極11と負極12がセパレータ13を介して対向する正負極の対向部となる。

[0025] 本明細書において、正極始端11xとは、電極体14の巻き始め側（巻き芯側）に位置する正極11の長さ方向一端を意味する。同様に、負極始端12xは、電極体14の巻き始め側に位置する負極12の長さ方向一端を意味する。負極始端12xは、正極始端11xよりも巻回中心Zの近傍に位置している。

[0026] 非対向部43において、負極合剤層41は、巻回中心Zの方向を向いた負極芯体40の内周面、外装缶16の側壁の方向を向いた負極芯体40の外周面のいずれか一方に形成されていればよいが、好ましくは内周面および外周面の両面に形成される。この場合、巻き芯部分の形状安定性がさらに向上する。非対向部43は、例えば、0.75周以上1.5周以下の長さで形成されることが好ましく、0.90周以上1.4周以下がより好ましく、1.0周以上1.3周以下が特に好ましい。この場合、巻き芯部分に良好な排気径路を確保することが容易になる。

[0027] 負極12は、上記のように、負極始端12xから非対向部43までの部分である芯体露出部42を有する。芯体露出部42は、非対向部43と同様に正極11と対向しない部分であるが、負極合剤層41を有さず負極芯体40のみで構成されている点で、非対向部43と異なる。本実施形態では、芯体露出部42に負極リード21が接合されている。電極体14の巻き芯部分に負極リード21が配置される場合、充放電時に正負極の対向部で変形が生じやすくなるが、本実施形態によれば、かかる変形を効果的に抑制できる。

[0028] 芯体露出部42の長さは特に限定されないが、負極リード21の接合面積確保等の観点から、0.5周分以上の長さを有することが好ましい。芯体露

出部42は、0.5周以上1.0周以下の長さで形成されてもよい。負極リード21は、例えば、ニッケル等の金属を主成分とする金属薄板であって、50 $\mu$ m以上100 $\mu$ m以下の厚みを有する。負極リード21は、例えば、負極始端12xおよび非対向部43から離れた位置において、芯体露出部42の外周面に接合される。

[0029] 図2および図3に示すように、正極11は、少なくとも正極始端11xから巻き終わり側へ1周の範囲である最内周において、曲率 $\times$ 半径の値が極大となる第1極大部P1および第2極大部P2を有する

[0030] 正極11の最内周は、第1極大部P1および第2極大部P2で大きく湾曲し、2つの極大部P1、P2の間に位置する部分で湾曲の程度が小さくなった形状を有している。第1極大部P1と第2極大部P2の間に位置する部分には、正極11の最内周において曲率 $\times$ 半径の値が極小となる極小部P3が形成される。正極11は、極小部P3において、他の部分よりも緩やかに湾曲するか、或いは直線状に形成されていてもよい。ここで、正極11の極大部における半径とは、巻回中心Zから極大部の正極芯体30までの距離を意味する（極小部についても同様）。

[0031] 本実施形態では、2つの極大部P1、P2を正極11の特定の位置に導入することで、例えば、2つの極大部P1、P2の間に充放電時に発生する応力を集中させることができ、応力が作用する方向を電極体14の外側に向けることが可能になる。即ち、曲率が低い部分によって、極板変形を生じさせるような応力が吸収される。これにより、極板が内側に向かって屈曲する極板の座屈が効果的に抑制されることが考えられる。なお、従来公知の電極体では、極板の湾曲の程度が均一であり、湾曲の程度が局所的に大きくなるような極大部が存在しない。この場合は、充放電時に発生する応力が集中する場所と方向を制御することができない。

[0032] 第1極大部P1と第2極大部P2は、電極体14の径方向に沿って連続して配置されるように正極11の最内周を含む2周以上の範囲に形成されてもよいが、好ましくは、正極11の最内周から正極11の全周数の1/2以下

の周数の範囲にのみに形成される。即ち、電極体14の半径の $1/2$ に対応する位置よりも外側には、極大部は形成されない。特に、負極12の芯体露出部44が外装缶16の内周面に当接する集電構造を有する場合に、この構成を採用することが好ましい。正極11の最内周より外周における第1極大部P1および第2極大部P2は、各周における正極11の曲率×半径の値に基づいて特定される。

[0033] 第1極大部P1と第2極大部P2が正極11の2周以上の範囲に形成される場合、負極12のうち正極11の各極大部に電極体14の径方向に挟まれた領域にも、負極12の曲率×半径の値が極大となる極大部が形成されてもよい。

[0034] 第1極大部P1は、電極体14の巻回中心Zに対する正極始端11xから巻き終わり側への角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下の範囲に位置する。本明細書において、角度 $\theta_1$ は、極板の各周において、正極始端11xと電極体14の径方向に重なる位置を起点とし、電極体14の巻き終わりの方向に進んだ角度を意味する。極板に第1極大部P1を導入するだけでは極板変形の抑制効果は小さく、角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下の範囲に第1極大部P1を導入する必要がある。本発明者らの検討の結果、角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下である場合に、極板変形の抑制効果が特異的に向上することが分かった。

[0035] 角度 $\theta_1$ は、正極始端11xに対する第1極大部P1の位置を示す。第1極大部P1が正極11の最内周の外側の周に形成される場合、正極11の各周において、角度 $\theta_1$ は実質的に同じ角度となる。即ち、極板の各周に形成される第1極大部P1は、電極体14の径方向に重なっている。第2極大部P2および極小部P3についても同様に、それぞれ電極体14の径方向に重なって形成される。角度 $\theta_1$ は、 $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下であればよいが、より好ましくは $200^\circ$ 以上 $270^\circ$ 以下であり、特に好ましくは $220^\circ$ 以上 $260^\circ$ 以下である。

[0036] 第2極大部P2は、電極体14の巻回中心Zに対する第1極大部P1から

巻き終わり側への角度 $\theta_2$ が $80^\circ \pm 5^\circ$ の範囲に位置する。2つの極大部P1, P2が当該適切な間隔をあけて形成された場合に、極板変形を効果的に抑制できる。換言すると、2つの極大部P1, P2が互いに離れ過ぎていても、或いは近過ぎてても、極版変形を十分に抑制できない。第2極大部P2は、電極体14の径方向に正極始端11xと重なる位置に形成されてもよいが、好ましくは、角度 $\theta_1$ と角度 $\theta_2$ を足した値が $360^\circ$ 未満となる位置に形成される。

[0037] 正極11の1周の範囲において、極板の曲率×半径の値は、第1極大部P1および第2極大部P2の一方で最大となり、他方で2番目に大きな極大値となる。図3に示す例では、第2極大部P2における曲率×半径の値が、第1極大部P1における曲率×半径の値よりも大きくなっているが、第2極大部P2における曲率×半径の値の方が小さくてもよい。なお、電極体14の巻回中心Zに対する角度が $180^\circ$ 未満の範囲において、曲率×半径の値が極大部P1, P2よりも小さな極大部が存在していてもよい。

[0038] 極大部P1, P2における曲率×半径の値は、1.2以上2.0以下が好ましく、1.2以上1.6以下がより好ましい。この場合、極板変形の抑制効果がより顕著になる。曲率×半径の値は、電極体14の径方向に沿って実質的に一定であってもよいが、極大部P1, P2の位置が電極体14の径方向外側に位置するほど、やや小さくなっていてもよい。極大部P1, P2における曲率×半径の値の差は、半径が同じ位置において、0.2以下が好ましく、0.1以下がより好ましい。

[0039] 極小部P3における曲率×半径の値は、0.4以上1.0以下が好ましく、0.4以上0.8以下がより好ましい。この場合、極板変形の抑制効果がより顕著になる。曲率×半径の値は、電極体14の径方向に沿って実質的に一定であってもよいが、極大部P1, P2の位置が電極体14の径方向外側に位置するほど、やや大きくなっていてもよい。

[0040] 電極体14は、例えば、断面非真円形状の巻き芯部材を用いて、極板を巻回することにより作製できる。巻き芯部材の一例としては、円柱形状の外周

面の一部が軸方向に沿って平坦にカットされた形状を有する巻き芯部材が挙げられる。即ち、巻き芯部材の断面形状の輪郭は、円弧と、円弧の両端を結ぶ直線とで構成されている。正極始端 11x に対する巻き芯部材の直線部分の位置を調整することにより、角度  $\theta 1$  を  $180^\circ$  以上  $280^\circ$  以下の範囲に設定できる。また、巻き芯部材の直線部分の長さ、巻回時のテンション（加速度）を変更することによっても、角度  $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、および曲率×半径の値を変更できる。

[0041] 極板の曲率×半径の値は、電極体 14 の CT 画像から求められる。CT 画像の明暗情報を取得し、データの二値化処理を行って極板座標を抽出する。極板座標の抽出は  $0.5^\circ$  毎に行い、各角度の曲率を微分計算により算出する。任意の角度において、巻き始め側へ  $30^\circ$  までの区間の曲率の移動平均を当該角度の曲率とし、当該角度の曲率×半径の値が算出される。CT 画像は、X線 CT 装置（島津製作所製、SMX-225CT FPD HR）を用いて取得できる。

## 実施例

[0042] 以下、実施例により本開示をさらに説明するが、本開示はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0043] <実施例 1>

[正極の作製]

正極活物質として、コバルトおよびアルミニウムを含有するニッケル酸リチウム ( $\text{LiNi}_{0.88}\text{Co}_{0.09}\text{Al}_{0.03}\text{O}_2$ ) を用いた。正極活物質と、アセチレンブラックと、ポリフッ化ビニリデンとを、98 : 1 : 1 の固形分質量比で混合し、分散媒として N-メチルピロリドン (NMP) を用いて正極合剤スラリーを調製した。当該スラリーを厚み  $15 \mu\text{m}$  の長尺状のアルミニウム箔からなる正極芯体の両面に塗布し、塗膜を乾燥、圧縮して、正極芯体の両面に正極合剤層（片面側厚み： $90 \mu\text{m}$ 、密度： $3.6 \text{g}/\text{cm}^3$ ）が形成された正極を得た。なお、正極の長さ方向中央部に正極合剤層が存在しない芯体露出部を設け、当該露出部にアルミニウム製の正極リードを超音波溶

着した。

[0044] [負極の作製]

負極活物質として、黒鉛粉末とSi含有材料を95:5の質量比で混合したものを用いた。負極活物質と、スチレンブタジエンゴムのディスパージョンと、カルボキシメチルセルロースナトリウムとを、98:1:1の固形分質量比で混合し、分散媒として水を用いて負極合剤スラリーを調製した。当該スラリーを厚み8 $\mu$ mの長尺状の銅箔からなる負極芯体の両面に塗布し、塗膜を乾燥、圧縮して、負極芯体の両面に負極合剤層（片面側厚み：95 $\mu$ m、密度：1.6g/cm<sup>3</sup>）が形成された負極を得た。なお、負極の長さ方向両端から所定の長さ範囲に負極合剤層が存在しない第1および第2の芯体露出部を設け、第1の芯体露出部にニッケル製の負極リードを超音波溶着した。

[0045] [電極体の作製]

上記正極、上記負極、およびポリエチレン製のセパレータを後述の巻き芯部材を用いて渦巻き状に巻回し、最外周面の軸方向両端部に巻き止めテープを貼着して巻回型の電極体を得た。このとき、負極リードが接合された負極の第1の芯体露出部が電極体の巻き始め側に位置するように負極を配置した。即ち、負極の第2の芯体露出部は電極体の巻き終わり側に位置する。また、電極体の巻き始め側において正極始端から負極を延出させ、正極と対向しない非対向部を設けた。電極体の巻回構造を形成した後、巻き芯部材を取り外して、巻き芯部分に空洞が形成された巻回型の電極体を得た。

[0046] 上記巻き芯部材として、円柱形状の外周面の一部が軸方向に沿って平坦にカットされた形状を有する巻き芯部材を用いた。即ち、巻き芯部材の断面形状の輪郭は、円弧と、円弧の両端を結ぶ直線とで構成されている。なお、巻き芯部材の当該直線部分の長さが同じである場合、正極始端に対する直線部分の位置を変更することにより、極大部と極小部の位置（巻回中心に対する正極始端からの角度）を変更できる。また、巻回時のテンション（加速度）を変更することにより、正極の曲率×半径の値を変更できる。

[0047] 実施例1では、第1極大部P1の位置を示す角度 $\theta_1$ が $280^\circ$ となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回した。第2極大部P2は正極始端から $360^\circ$ の角度（角度 $\theta_1 + \theta_2$ とする）に存在し、極小部P3は正極始端から $320^\circ$ の角度（角度 $\theta_3$ とする）に存在する。また、第1極大部P1、第2極大部P2、および極小部P3は、非対向部から巻回周数の $1/2$ の範囲で連続して正極および負極に形成されている。曲率 $\times$ 半径の値は、第1極大部P1、第2極大部P2、および極小部P3において、それぞれ1.4、1.4、および0.8とした。

[0048] [非水電解液の調製]

エチレンカーボネート（EC）と、ジメチルカーボネート（DMC）とを1：3の体積比（ $25^\circ\text{C}$ ）で混合した混合溶媒100質量部に、ビニレンカーボネート（VC）5質量部を添加し、 $\text{LiPF}_6$ を1.5モル／リットル溶解して非水電解液を調製した。

[0049] [円筒形電池の作製]

上記電極体の上下に絶縁板を配置した後、負極リードを有底円筒形状の外装缶の缶底内面に溶接し、正極リードを封口体の内部端子板に溶接して、電極体を外装缶内に收容した。その後、外装缶内に非水電解液を減圧方式で注入し、ガスケットを介して外装缶の開口部を封口体で封止することにより円筒形電池を得た。なお、負極の第2の芯体露出部は、電極体の最外周面を形成し、外装缶の内周面に接触している。

[0050] <実施例2>

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度 $\theta_1$ が $250^\circ$ となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例1と同様にして円筒形電池を作製した。

[0051] <実施例3>

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ となるように、セパレータを介して正極と負極

を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0052] <実施例 4 >

電極体の作製において、電極巻回時の加速度（テンション）を変更し、極大部および極小部の曲率×半径の値を表 1 に示す値とした以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0053] <実施例 5 >

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度  $\theta 1$  が  $250^\circ$  となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 4 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0054] <実施例 6 >

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度  $\theta 1$  が  $180^\circ$  となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 4 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0055] <比較例 1 >

断面真円形状の円柱状の巻き芯部材を用いて電極体を作製したこと以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。比較例 1 の電極体には、実施例 1 の電極体のような極大部、極小部は形成されない。

[0056] <比較例 2 >

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度  $\theta 1$  が  $170^\circ$  となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0057] <比較例 3 >

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度  $\theta 1$  が  $100^\circ$  となるように、セパレータを介して正極と負極

を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0058] <比較例 4>

電極体の作製において、正極始端に対する巻き芯部材の直線部分の位置を変更し、角度  $\theta 1$  が  $10^\circ$  となるように、セパレータを介して正極と負極を渦巻き状に巻回したこと以外は、実施例 1 と同様にして円筒形電池を作製した。

[0059] [極板変形（座屈の有無）の評価]

実施例および比較例の各電池を、 $45^\circ\text{C}$ の温度環境下、 $0.5\text{C}$ の定電流で電池電圧が $4.2\text{V}$ になるまで充電を行った。その後、 $0.7\text{C}$ の定電流で電池電圧が $2.5\text{V}$ になるまで放電を行った。この充放電を $200$ サイクル行った後、電池を充電状態とし、X線CT装置（島津製作所製、SMX-225CT FPD HR）を用いて電極体の巻き芯近傍の観察を行った。

[0060] 図 4 に示すように、正極と負極とが対向する箇所において、角度  $\theta$  が  $150^\circ$  以下となる極板（正極 11 および負極 12 の少なくとも一方）の変形（座屈）が確認された場合に座屈ありと判定し、座屈の有無を評価した。評価した電池の個数は  $100$  個である。

[0061] [表 1]

	第 1 極大部		極小部		第 2 極大部		座屈発生数
	曲率×半径	$\theta 1$ (deg.)	曲率×半径	$\theta 3$ (deg.)	曲率×半径	$\theta 1 + \theta 2$ (deg.)	
実施例 1	1.4	280	0.8	320	1.4	360	5/100
実施例 2		250		290		330	0/100
実施例 3		180		220		260	4/100
実施例 4	1.2	280	1.0	320	1.2	360	8/100
実施例 5		250		290		330	3/100
実施例 6		180		220		260	7/100
比較例 1	1.0	-	1.0	-	1.0	-	20/100
比較例 2	1.4	170	0.8	210	1.4	250	12/100
比較例 3		100		140		180	17/100
比較例 4		10		330		290	11/100

[0062] 表 1 に示すように、実施例の電池では、比較例の電池の場合と比べて、電極体の座屈が発生しにくい。即ち、正極始端から所定の角度範囲に第 1 および第 2 の極大部を導入した電極体によれば、正極と負極の対向部における変形を効果的に抑制できる。なお、電極体に第 1 および第 2 の極大部が存在し

ていても、その位置が適切な範囲から外れる場合、電極体の変形を十分に抑制することはできない（比較例2～4参照）。

[0063] 本開示は、以下の実施形態によりさらに説明される。

構成1：正極と、芯体および合剤層を含む負極と、セパレータとを有し、前記正極と前記負極が前記セパレータを介して巻回された電極体を備える円筒形電池であって、前記負極は、前記電極体の巻き始め側において、前記芯体の少なくとも一方の面に前記合剤層が形成され、かつ前記正極と対向しない状態で0.75周以上巻回された非対向部を有し、前記正極は、少なくとも最内周において、曲率×半径の値が極大となる第1および第2極大部とを有し、前記第1極大部は、前記電極体の巻回中心に対する正極始端から巻き終わり側への角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下の範囲に位置し、前記第2極大部は、前記電極体の巻回中心に対する前記第1極大部から巻き終わり側への角度 $\theta_2$ が $80^\circ \pm 5^\circ$ の範囲に位置し、曲率×半径の値は、前記第1および前記第2極大部の一方で最大となり、他方で2番目に大きな極大値となる、円筒形電池。

構成2：前記第1および前記第2極大部における曲率×半径の値は、1.2以上2.0以下である、構成1に記載の円筒形電池。

構成3：前記第1および前記第2極大部の間で曲率×半径の値が極小となる極小部において、曲率×半径の値は、0.4以上1.0以下である、構成1又は2に記載の円筒形電池。

構成4：前記第1および前記第2極大部は、前記電極体の径方向に沿って連続して配置されるように、前記正極の最内周を含む2周以上の範囲に形成されている、構成1から3のいずれか1つに記載の円筒形電池。

構成5；前記第1および前記第2極大部は、前記正極の最内周から前記正極の全周数の $1/2$ 以下の周数の範囲のみに形成されている、構成4に記載の円筒形電池。

構成6：前記電極体は、負極リードを有し、前記負極リードは、負極始端から前記非対向部までの部分であって、前記合剤層が存在しない芯体露出部

に接合されている、構成1から5のいずれか1つに記載の円筒形電池。

### 符号の説明

[0064] 10 円筒形電池、11 正極、11x 正極始端、12 負極、12x 負極始端、13 セパレータ、14 電極体、16 外装缶、17 封口体、18 上部絶縁板、19 下部絶縁板、20 正極リード、21 負極リード、22 溝入部、23 底板、24 下弁体、25 絶縁部材、26 上弁体、27 キャップ、28 ガスケット、30 正極芯体、31 正極合剤層、40 負極芯体、41 負極合剤層、42, 44 芯体露出部、43 非対向部、P1 第1極大部、P2 第2極大部、P3 極小部

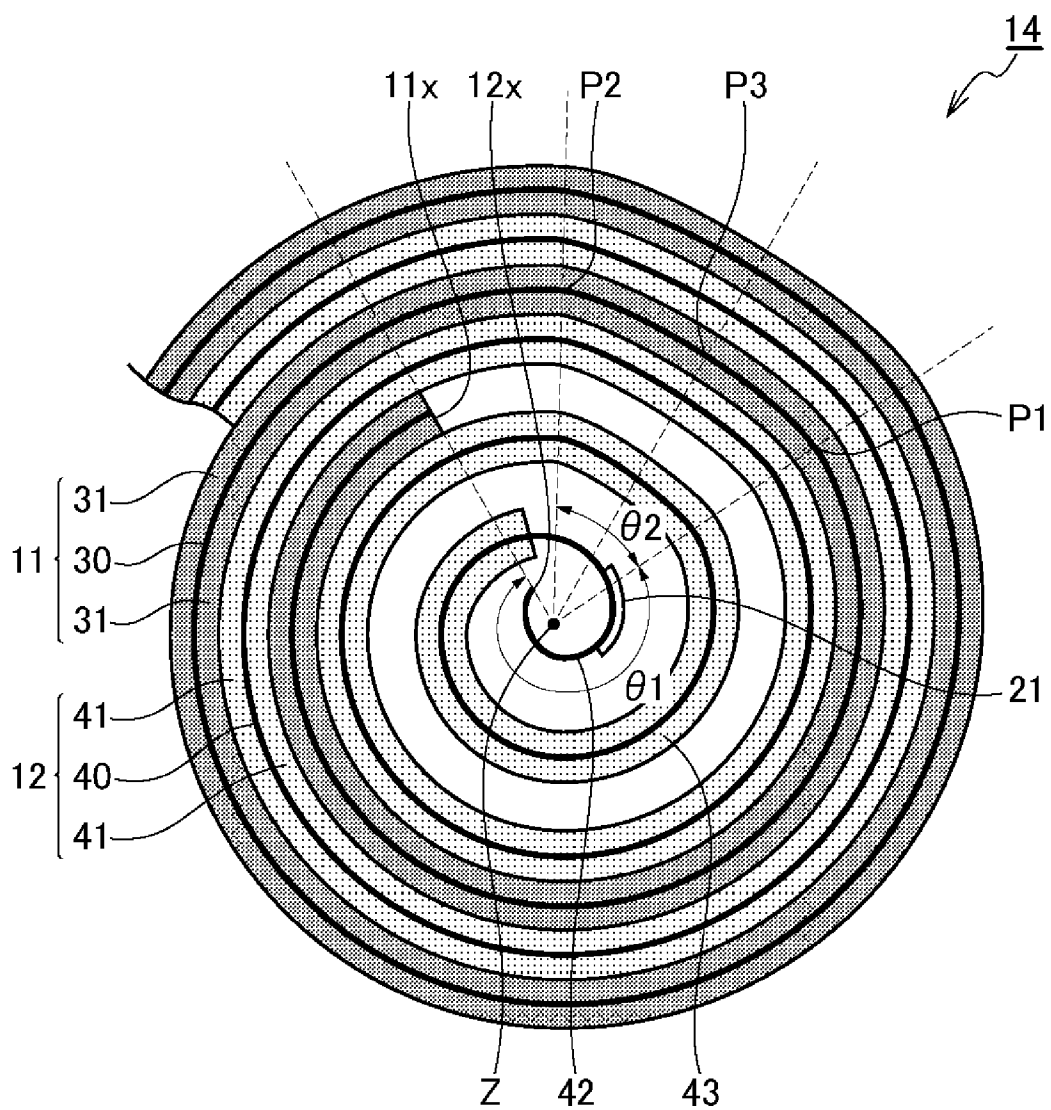
## 請求の範囲

- [請求項1] 正極と、芯体および合剤層を含む負極と、セパレータとを有し、前記正極と前記負極が前記セパレータを介して巻回された電極体を備える円筒形電池であって、
- 前記負極は、前記電極体の巻き始め側において、前記芯体の少なくとも一方の面に前記合剤層が形成され、かつ前記正極と対向しない状態で0.75周以上巻回された非対向部を有し、
- 前記正極は、少なくとも最内周において、曲率×半径の値が極大となる第1および第2極大部を有し、
- 前記第1極大部は、前記電極体の巻回中心に対する正極始端から巻き終わり側への角度 $\theta_1$ が $180^\circ$ 以上 $280^\circ$ 以下の範囲に位置し、
- 前記第2極大部は、前記電極体の巻回中心に対する前記第1極大部から巻き終わり側への角度 $\theta_2$ が $80^\circ \pm 5^\circ$ の範囲に位置し、
- 前記正極の最内周において、曲率×半径の値は、前記第1および前記第2極大部の一方で最大となり、他方で2番目に大きな極大値となる、円筒形電池。
- [請求項2] 前記第1および前記第2極大部における曲率×半径の値は、1.2以上2.0以下である、請求項1に記載の円筒形電池。
- [請求項3] 前記第1および前記第2極大部の間で曲率×半径の値が極小となる極小部において、曲率×半径の値は、0.4以上1.0以下である、請求項1に記載の円筒形電池。
- [請求項4] 前記第1および前記第2極大部は、前記電極体の径方向に沿って連続して配置されるように、前記正極の最内周を含む2周以上の範囲に形成されている、請求項1に記載の円筒形電池。
- [請求項5] 前記第1および前記第2極大部は、前記正極の最内周から前記正極の全周数の $1/2$ 以下の周数の範囲のみに形成されている、請求項4に記載の円筒形電池。

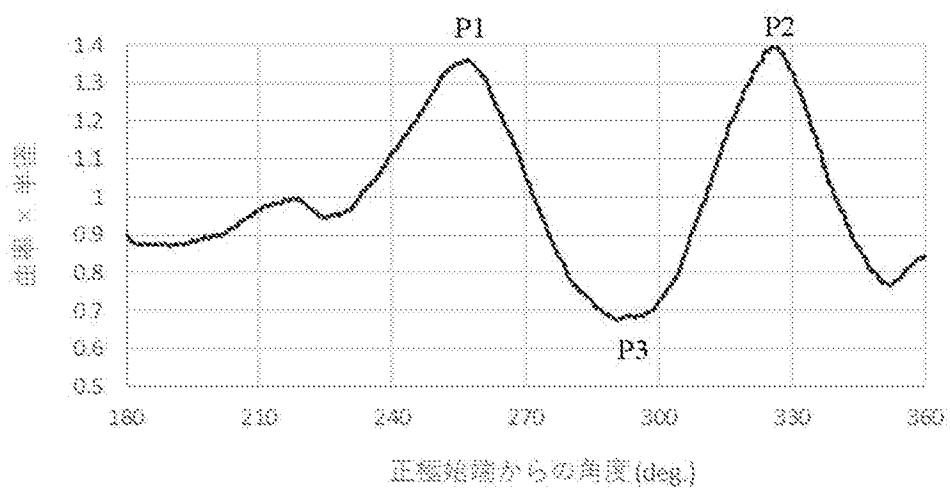
[請求項6]           前記電極体は、負極リードを有し、  
                  前記負極リードは、負極始端から前記非対向部までの部分であって、  
                  前記合剤層が存在しない芯体露出部に接合されている、請求項1～  
                  5のいずれか一項に記載の円筒形電池。



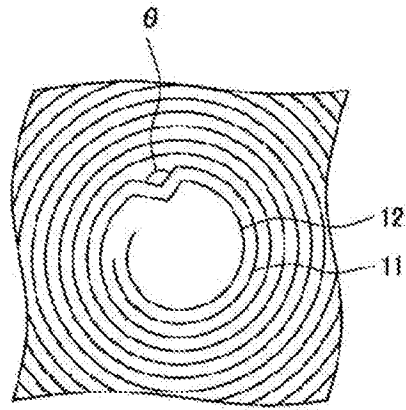
[図2]



[図3]



[図4]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045012

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>H01M 10/0587</i> (2010.01)i; <i>H01M 50/536</i> (2021.01)i FI: H01M10/0587; H01M50/536  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M10/0587; H01M50/536		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2018/116876 A1 (SANYO ELECTRIC CO., LTD.) 28 June 2018 (2018-06-28)	1-6
A	JP 2013-137946 A (PANASONIC CORPORATION) 11 July 2013 (2013-07-11)	1-6
A	WO 2010/086910 A1 (PANASONIC CORPORATION) 05 August 2010 (2010-08-05)	1-6
<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 <b>29 February 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>12 March 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2023/045012</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2018/116876 A1	28 June 2018	US 2020/0119406 A1 CN 110100349 A	
JP 2013-137946 A	11 July 2013	(Family: none)	
WO 2010/086910 A1	05 August 2010	US 2011/0151296 A1 EP 2393147 A1 KR 10-2011-0002490 A CN 102165631 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01M 10/0587(2010.01)i; H01M 50/536(2021.01)i FI: H01M10/0587; H01M50/536		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01M10/0587; H01M50/536 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 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		
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）		
C. 関連すると認められる文献		
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	WO 2018/116876 A1（三洋電機株式会社）28.06.2018（2018-06-28）	1-6
A	JP 2013-137946 A（パナソニック株式会社）11.07.2013（2013-07-11）	1-6
A	WO 2010/086910 A1（パナソニック株式会社）05.08.2010（2010-08-05）	1-6
<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。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “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 “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 “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） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “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 “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 “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 29.02.2024	国際調査報告の発送日 12.03.2024	
名称及びあて先 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	権限のある職員（特許庁審査官） 渡部 朋也 4X 3641 電話番号 03-3581-1101 内線 3477	

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/JP2023/045012

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/116876	A1	28.06.2018	US	2020/0119406	A1	
				CN	110100349	A	
-----							
JP	2013-137946	A	11.07.2013	(ファミリーなし)			
-----							
WO	2010/086910	A1	05.08.2010	US	2011/0151296	A1	
				EP	2393147	A1	
				KR	10-2011-0002490	A	
				CN	102165631	A	
-----							