

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7494948号
(P7494948)

(45)発行日 令和6年6月4日(2024.6.4)

(24)登録日 令和6年5月27日(2024.5.27)

(51)国際特許分類		F I	
H O 1 M	10/04 (2006.01)	H O 1 M	10/04 W
H O 1 M	50/531 (2021.01)	H O 1 M	50/531
H O 1 M	50/533 (2021.01)	H O 1 M	50/533
H O 1 M	50/586 (2021.01)	H O 1 M	50/586
H O 1 M	50/59 (2021.01)	H O 1 M	50/59
請求項の数 8 (全22頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-578298(P2022-578298)	(73)特許権者	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(86)(22)出願日	令和4年1月20日(2022.1.20)	(74)代理人	110003236 弁理士法人杉浦特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/001900	(74)代理人	100123973 弁理士 杉浦 拓真
(87)国際公開番号	WO2022/163480	(74)代理人	100082762 弁理士 杉浦 正知
(87)国際公開日	令和4年8月4日(2022.8.4)	(72)発明者	大谷 彬 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
審査請求日	令和5年5月9日(2023.5.9)	(72)発明者	松塚 彩 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
(31)優先権主張番号	特願2021-10583(P2021-10583)	最終頁に続く	
(32)優先日	令和3年1月26日(2021.1.26)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 二次電池、電子機器及び電動工具

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

セパレータを介して帯状の正極と帯状の負極とが積層された電極巻回体と、正極集電板及び負極集電板とが、電池缶に収容された二次電池であって、

前記正極は、帯状の正極箔上に、正極活物質層が被覆された正極活物質被覆部と、正極活物質非被覆部とを有し、

前記負極は、帯状の負極箔上に、負極活物質層が被覆された負極活物質被覆部と、少なくとも前記負極箔の長手方向に延在する負極活物質非被覆部とを有し、

前記正極活物質非被覆部は、前記電極巻回体の端部の一方において、前記正極集電板と接合され、

前記負極活物質非被覆部は、前記電極巻回体の端部の他方において、前記負極集電板と接合され、

前記電極巻回体は、前記正極活物質非被覆部及び前記負極活物質非被覆部の何れか一方又は両方が、前記巻回された構造の中心軸に向かって曲折し、重なり合うことによって形成された平坦面と、前記平坦面に形成された溝とを有し、

前記電極巻回体の少なくとも正極側を、前記中心軸を含む平面で切断した断面を断面視した場合に、前記負極のうち最内周側に位置する最内周側負極の少なくとも両側に位置する前記セパレータの端部同士が、互いに接合している

二次電池。

【請求項2】

前記電極巻回体は、前記最内周側負極の内側に、前記接合されるセパレータを含む複数層のセパレータを有し、

前記最内周側負極の外側に位置するセパレータの端部と、前記複数層のセパレータの端部とが接合されている

請求項 1 に記載の二次電池。

【請求項 3】

前記電極巻回体の負極側を前記断面で断面視した場合に、

前記最内周側負極の内側に位置する前記複数層のセパレータの端部同士が、互いに接合している

請求項 2 に記載の二次電池。

10

【請求項 4】

前記最内周側負極の外側に位置するセパレータと前記複数層のセパレータとが接合されていない

請求項 3 に記載の二次電池。

【請求項 5】

前記接合は、溶着による接合または接着による接合である

請求項 1 から 4 までの何れかに記載の二次電池。

【請求項 6】

前記負極は、更に、長手方向の巻回開始側及び巻回終止側のそれぞれの端部に、負極活物質非被覆部を有する

20

請求項 1 から 5 までの何れかに記載の二次電池。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 までの何れかに記載の二次電池を有する電子機器。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 までの何れかに記載の二次電池を有する電動工具。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二次電池、電子機器及び電動工具に関する。

【背景技術】

30

【0002】

リチウムイオン電池は、電動工具や自動車といった高出力を要する用途に向けても開発されるようになってきている。例えば、下記の特許文献 1 には、円筒型のリチウムイオン電池が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2012-9249 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

二次電池の構造によっては、正極集電体（箔）から脱落した金属粉が負極と接触することで内部ショートが発生する虞がある。また、金属粉を除去する工程において、二次電池の構造が変形してしまうことは好ましくない。上述した特許文献 1 に記載の技術では、係る観点欠如しており、二次電池の安全性等を確保する技術としては不十分であった。

【0005】

従って、本発明は、正極集電体（箔）から脱落した金属粉が負極と接触することを極力抑制する二次電池を提供することを目的の一つとする。また、金属粉を吸引する工程でのセパレータの変形を極力抑制するようにした二次電池を提供することを目的の一つとする。また、これらの二次電池を用いた電子機器及び電動工具を提供することを目的の一つと

50

する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、

セパレータを介して帯状の正極と帯状の負極とが積層された電極巻回体と、正極集電板及び負極集電板とが、電池缶に収容された二次電池であって、

正極は、帯状の正極箔上に、正極活物質層が被覆された正極活物質被覆部と、正極活物質非被覆部とを有し、

負極は、帯状の負極箔上に、負極活物質層が被覆された負極活物質被覆部と、少なくとも負極箔の長手方向に延在する負極活物質非被覆部とを有し、

正極活物質非被覆部は、電極巻回体の端部の一方において、正極集電板と接合され、

負極活物質非被覆部は、電極巻回体の端部の他方において、負極集電板と接合され、

電極巻回体は、正極活物質非被覆部及び負極活物質非被覆部の何れか一方又は両方が、巻回された構造の中心軸に向かって曲折し、重なり合うことによって形成された平坦面と、平坦面に形成された溝とを有し、

電極巻回体の少なくとも正極側を、中心軸を含む平面で切断した断面を断面視した場合に、負極のうち最内周側に位置する最内周側負極の少なくとも両側に位置するセパレータの端部同士が、互いに接合している

二次電池である。

【発明の効果】

【0007】

本発明の少なくとも実施形態によれば、正極集電体（箔）から脱落した金属粉が負極と接触することを極力抑制できる。また、金属粉を吸引する工程で、セパレータが変形してしまうことを極力抑制できる。なお、本明細書で例示された効果により本発明の内容が限定して解釈されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、実施形態に係るリチウムイオン電池の断面図である。

【図2】図2A及び図2Bは、実施形態に係る正極を説明するための図である。

【図3】図3A及び図3Bは、実施形態に係る負極を説明するための図である。

【図4】図4は、巻回前の正極、負極、及び、セパレータを示す図である。

【図5】図5Aは実施形態に係る正極集電板の平面図であり、図5Bは実施形態に係る負極集電板の平面図である。

【図6】図6Aから図6Fは、実施形態に係るリチウムイオン電池の組み立て工程を説明する図である。

【図7】図7は、実施形態に係る正極側の平坦面を説明するための図である。

【図8】図8は、実施形態に係るリチウムイオン電池の正極側の断面を示す図である。

【図9】図9は、実施形態に係る端部接合工程を説明するための図である。

【図10】図10は、第2の実施形態を説明するための図である。

【図11】図11は、実施例1、2を説明するための図である。

【図12】図12は、比較例1を説明するための図である。

【図13】図13は、本発明の応用例としての電池パックの説明に使用する接続図である。

【図14】図14は、本発明の応用例としての電動工具の説明に使用する接続図である。

【図15】図15は、本発明の応用例としての電動車両の説明に使用する接続図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施形態等について図面を参照しながら説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

<第1の実施形態>

<第2の実施形態>

10

20

30

40

50

<変形例>

<応用例>

以下に説明する実施形態等は本発明の好適な具体例であり、本発明の内容がこれらの実施形態等に限定されるものではない。なお、説明の理解を容易とするために、各図における一部の構成を拡大、強調したり、若しくは縮小したり、一部の図示を簡略化する場合もある。

【0010】

<第1の実施形態>

[リチウムイオン電池の構成例]

本発明の実施形態では、二次電池として、円筒形状のリチウムイオン電池を例にして説明する。図1～図5を参照しつつ、第1の実施形態に係るリチウムイオン電池（リチウムイオン電池1）の構成例に関して説明する。図1は、リチウムイオン電池1の概略断面図である。リチウムイオン電池1は、例えば、図1に示すように、電池缶11の内部に電極巻回体20が収納されている円筒型のリチウムイオン電池1である。なお、以下の説明において、特に断らない限り、図1の紙面に向かって水平方向をX軸方向、奥行方向をY軸方向、垂直方向（リチウムイオン電池1の中心軸（巻回軸とも適宜、称し、図1において一点鎖線で示される軸））の延在方向）をZ軸方向と適宜、称する。

10

【0011】

リチウムイオン電池1は、概略的には円筒状の電池缶11を有し、電池缶11の内部に、一対の絶縁板12、13と、電極巻回体20とを備えている。なお、リチウムイオン電池1は、電池缶11の内部に、例えば、熱感抵抗（PTC）素子及び補強部材などのうちのいずれか1種類又は2種類以上をさらに備えていてもよい。

20

【0012】

（電池缶）

電池缶11は、主に、電極巻回体20を収納する部材である。この電池缶11は、例えば、一端面が開放されると共に他端面が閉塞された円筒状の容器である。すなわち、電池缶11は、開放された一端面（開放端面11N）を有している。この電池缶11は、例えば、鉄、アルミニウム及びそれらの合金などの金属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。電池缶11の表面に、例えば、ニッケルなどの金属材料のうちのいずれか1種類又は2種類以上が鍍金されていてもよい。

30

【0013】

（絶縁板）

絶縁板12、13は、電極巻回体20の中心軸（電極巻回体20の端面の略中心を通り図1のZ軸と平行な方向）に対して略垂直な面を有する円板状の板である。また、絶縁板12、13は、例えば、互いに電極巻回体20を挟むように配置されている。

【0014】

（かしめ構造）

電池缶11の開放端面11Nには、電池蓋14及び安全弁機構30がガスケット15を介してかしめられており、かしめ構造11R（クリンプ構造）が形成されている。これにより、電池缶11の内部に電極巻回体20などが収納された状態において、その電池缶11は密閉されている。

40

【0015】

（電池蓋）

電池蓋14は、主に、電池缶11の内部に電極巻回体20などが収納された状態において、その電池缶11の開放端面11Nを閉塞する部材である。この電池蓋14は、例えば、電池缶11の形成材料と同様の材料を含んでいる。電池蓋14のうちの中央領域は、例えば、+Z方向に突出している。これにより、電池蓋14のうちの中央領域以外の領域（周辺領域）は、例えば、安全弁機構30に接触している。

【0016】

（ガスケット）

50

ガスケット１５は、主に、電池缶１１（折り曲げ部１１Ｐ）と電池蓋１４との間に介在することにより、その折り曲げ部１１Ｐと電池蓋１４との間の隙間を封止する部材である。ガスケット１５の表面に、例えば、アスファルトなどが塗布されていてもよい。

【００１７】

ガスケット１５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）などの高分子材料を用いることができる。中でも、絶縁性材料としては、ポリブチレンテレフタレートであることが好ましい。電池缶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との間の隙間を十分に封止することができるからである。

10

【００１８】

（安全弁機構）

安全弁機構３０は、主に、電池缶１１の内部の圧力（内圧）が上昇した際に、必要に応じて電池缶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。電池缶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。

【００１９】

（電極巻回体）

円筒形状のリチウムイオン電池１では、帯状の正極２１と帯状の負極２２とがセパレータ２３を挟んで積層され、且つ、渦巻き状に巻回されて電解液に含浸された状態で、電池缶１１に収まっている。正極２１は正極箔２１Ａの片面又は両面に正極活物質層２１Ｂを形成したものであり、正極箔２１Ａの材料は例えば、アルミニウムやアルミニウム合金でできた金属箔である。負極２２は負極箔２２Ａの片面又は両面に負極活物質層２２Ｂを形成したものであり、負極箔２２Ａの材料は例えば、ニッケル、ニッケル合金、銅や銅合金でできた金属箔である。セパレータ２３は多孔質で絶縁性のあるフィルムであり、正極２１と負極２２とを電氣的に絶縁しながら、イオンや電解液等の物質の移動を可能にしている。

20

【００２０】

図２Ａは巻回前の正極２１を正面から見た図であり、図２Ｂは図２Ａの正極２１を側面から見た図である。正極２１は、正極箔２１Ａの一方の主面及び他方の主面に正極活物質層２１Ｂで被覆した部分（ドットを付した部分）を有するとともに、正極活物質層２１Ｂで被覆していない部分である正極活物質非被覆部２１Ｃを有する。なお、以下の説明において、正極活物質層２１Ｂで被覆した部分を正極活物質被覆部２１Ｂと適宜、称する。また、正極箔２１Ａの一方の主面に、正極活物質被覆部２１Ｂが設けられる構成でもよい。

30

【００２１】

図３Ａは巻回前の負極２２を正面から見た図であり、図３Ｂは図３Ａの負極２２を側面から見た図である。負極２２は、負極箔２２Ａの一方の主面及び他方の主面に負極活物質層２２Ｂで被覆した部分（ドットを付した部分）を有するとともに、負極活物質層２２Ｂで被覆していない部分である負極活物質非被覆部２２Ｃを有する。なお、以下の説明において、負極活物質層２２Ｂで被覆した部分を負極活物質被覆部２２Ｂと適宜、称する。また、負極箔２２Ａの一方の主面に、負極活物質被覆部２２Ｂが設けられる構成でもよい。

40

【００２２】

図３Ａに示すように、負極活物質非被覆部２２Ｃは、例えば、負極２２の長手方向（図３におけるＸ軸方向）に延在している第１の負極活物質非被覆部２２１Ａと、負極２２の巻回開始側において負極２２の短手方向（図３におけるＹ軸方向。幅方向とも適宜、称する）に延在している第２の負極活物質非被覆部２２１Ｂと、負極２２の巻回終止側において負極２２の短手方向（図３におけるＹ軸方向）に延在している第３の負極活物質非被覆部２２１Ｃとを有している。なお、図３Ａにおいて、第１の負極活物質非被覆部２２１Ａと第２の負極活物質非被覆部２２１Ｂとの境界、及び、第１の負極活物質非被覆部２２１Ａと第３の負極活物質非被覆部２２１Ｃとの境界のそれぞれには点線を付している。

50

【0023】

本実施形態に係る円筒形状のリチウムイオン電池1では、電極巻回体20は正極活物質非被覆部21Cと第1の負極活物質非被覆部221Aとが互いに逆方向を向くようにしてセパレータ23を介して重ねられて巻回されている。

【0024】

電極巻回体20の中心には貫通孔26が設けられている。具体的には、貫通孔26は、正極21、負極22及びセパレータ23が積層した積層物の略中心にできる孔部である。貫通孔26はリチウムイオン電池1の組み立て工程で、棒状の溶接器具（以下、溶接棒と適宜、称する）等を挿入する孔として使用される。

【0025】

電極巻回体20の詳細について説明する。図4に正極21、負極22とセパレータ23を積層した巻回前の構造の一例を示す。正極21は、正極活物質被覆部21B（図4においてドットが疎に付された部分）と正極活物質非被覆部21Cとの境界を被覆する絶縁層101（図4における灰色の領域部分）とを更に有している。絶縁層101の幅方向の長さは、例えば、3mm程度である。セパレータ23を介して負極活物質被覆部22Bに対向する正極活物質非被覆部21Cの全ての領域が絶縁層101で覆われている。絶縁層101は、負極活物質被覆部22Bと正極活物質非被覆部21Cとの間に異物が侵入したときのリチウムイオン電池1の内部短絡を確実に防ぐ効果がある。また、絶縁層101は、リチウムイオン電池1に衝撃が加わったときに衝撃を吸収し、正極活物質非被覆部21Cが折れ曲がりや、負極22との短絡を確実に防ぐ効果がある。

【0026】

ここで、図4に示すように、正極活物質非被覆部21Cの幅方向の長さをD5とし、第1の負極活物質非被覆部221Aの幅方向の長さをD6とする。一実施形態では $D5 > D6$ であることが好ましく、例えば $D5 = 7$ （mm）、 $D6 = 4$ （mm）である。正極活物質非被覆部21Cがセパレータ23の幅方向の一端から突出した部分の長さをD7とし、第1の負極活物質非被覆部221Aがセパレータ23の幅方向の他端から突出した部分の長さをD8とした場合に、一実施形態では $D7 > D8$ であることが好ましく、例えば、 $D7 = 4.5$ （mm）、 $D8 = 3$ （mm）である。

【0027】

正極箔21Aと正極活物質非被覆部21Cとは例えばアルミニウムなどからなり、負極箔22Aと負極活物質非被覆部22Cとは例えば銅などからなる。このように、一般的に正極活物質非被覆部21Cの方が負極活物質非被覆部22Cよりも柔らかい（ヤング率が低い）。このため、一実施形態では、 $D5 > D6$ 且つ $D7 > D8$ であることがより好ましく、この場合、両極側から同時に同じ圧力で正極活物質非被覆部21Cと負極活物質非被覆部22C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23の先端から測った高さは正極21と負極22とで同じくらいになることがある。このとき、正極活物質非被覆部21Cが折り曲げられて適度に重なり合うので、リチウムイオン電池1の作製工程（詳細は後述）において、正極活物質非被覆部21Cと正極集電板24とのレーザ溶接による接合を容易に行うことができる。また、負極活物質非被覆部22Cが折り曲げられて適度に重なり合うので、リチウムイオン電池1の作製工程において、負極活物質非被覆部22Cと負極集電板25とのレーザ溶接による接合を容易に行うことができる。

【0028】

（集電板）

通常のリチウムイオン電池では例えば、正極と負極との一か所ずつに電流取出し用のリードが溶接されているが、これでは電池の内部抵抗が大きく、放電時にリチウムイオン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、本実施形態のリチウムイオン電池1では、電極巻回体20の一方の端面である端面41に正極集電板24を配置し、電極巻回体20の他方の端面である端面42に負極集電板25を配置する。そして、正極集電板24と端面41に存在する正極活物質非被覆部21Cとを多点で溶接し、また、負極集電板25と端面42に存在する負極活物質非被覆部22C（具体的には第1の

10

20

30

40

50

負極活物質非被覆部 2 2 1 A) とを多点で溶接することで、リチウムイオン電池 1 の内部抵抗を低く抑え、ハイレート放電を可能としている。

【0029】

図 5 A 及び図 5 B に、集電板の一例を示す。図 5 A が正極集電板 2 4 であり、図 5 B が負極集電板 2 5 である。正極集電板 2 4 及び負極集電板 2 5 は電池缶 1 1 に収容される（図 1 参照）。正極集電板 2 4 の材料は、例えば、アルミニウムやアルミニウム合金の単体若しくは複合材でできた金属板であり、負極集電板 2 5 の材料は、例えば、ニッケル、ニッケル合金、銅や銅合金の単体若しくは複合材でできた金属板である。図 5 A に示すように、正極集電板 2 4 の形状は平坦な扇形をした扇状部 3 1 に、矩形的の帯状部 3 2 が付いた形状になっている。扇状部 3 1 の中央付近に孔 3 5 があいていて、孔 3 5 の位置は貫通孔 2 6 に対応する位置である。

10

【0030】

図 5 A のドットで示す部分は帯状部 3 2 に絶縁テープが貼付されているか絶縁材料が塗布された絶縁部 3 2 A であり、図面のドット部より下側の部分は外部端子を兼ねた封口板への接続部 3 2 B である。なお、貫通孔 2 6 に金属製のセンターピン（図示せず）を備えていない電池構造の場合には帯状部 3 2 が負極電位の部位と接触する可能性が低いので、絶縁部 3 2 A が無くても良い。その場合には、正極 2 1 と負極 2 2 との幅を絶縁部 3 2 A の厚さに相当する分だけ大きくして充放電容量を大きくすることができる。

【0031】

負極集電板 2 5 の形状は正極集電板 2 4 と殆ど同じ形状だが、帯状部の形状が異なっている。図 5 B の負極集電板の帯状部 3 4 は、正極集電板 2 4 の帯状部 3 2 より短く、絶縁部 3 2 A に相当する部分がない。帯状部 3 4 には、複数の丸印で示される丸型の突起部（プロジェクション）3 7 が設けられている。抵抗溶接時には、電流が突起部 3 7 に集中し、突起部 3 7 が溶けて帯状部 3 4 が電池缶 1 1 の底に溶接される。正極集電板 2 4 と同様に、負極集電板 2 5 には扇状部 3 3 の中央付近に孔 3 6 があいていて、孔 3 6 の位置は貫通孔 2 6 に対応する位置である。正極集電板 2 4 の扇状部 3 1 と負極集電板 2 5 の扇状部 3 3 は扇形の形状をしているため、端面 4 1, 4 2 の一部を覆うようになっている。全部を覆わないことにより、リチウムイオン電池 1 を組み立てる際に電極巻回体 2 0 へ電解液を円滑に浸透させることができ、且つ、リチウムイオン電池 1 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リチウムイオン電池 1 外へ放出しやすくすることができる。

20

30

【0032】

（正極）

正極活物質層 2 1 B は、リチウムを吸蔵及び放出することが可能である正極材料（正極活物質）を少なくとも含み、さらに、正極結着剤及び正極導電剤などを含んでもよい。正極材料は、リチウム含有複合酸化物又はリチウム含有リン酸化合物が好ましい。リチウム含有複合酸化物は、例えば、層状岩塩型又はスピネル型の結晶構造を有している。リチウム含有リン酸化合物は、例えば、オリビン型の結晶構造を有している。

【0033】

正極結着剤は、合成ゴム又は高分子化合物を含んでいる。合成ゴムは、スチレンブタジエン系ゴム、フッ素系ゴム及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、ポリフッ化ビニリデン（PVdF）及びポリイミドなどである。

40

【0034】

正極導電剤は、黒鉛、カーボンブラック、アセチレンブラック又はケッチェンブラックなどの炭素材料である。ただし、正極導電剤は、金属材料及び導電性高分子でもよい。

【0035】

（負極）

負極 2 2 を構成する負極箔 2 2 A の表面は、負極活物質層 2 2 B との密着性向上のために粗面化されていることが好ましい。負極活物質層 2 2 B は、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（負極活物質）を少なくとも含み、さらに、負極結着剤及び

50

負極導電剤などを含んでいてもよい。

【0036】

負極材料は、例えば、炭素材料を含む。炭素材料は、易黒鉛化性炭素、難黒鉛化性炭素、黒鉛、低結晶性炭素、又は非晶質炭素である。炭素材料の形状は、繊維状、球状、粒状又は鱗片状を有している。

【0037】

また、負極材料は、例えば金属系材料を含む。金属系材料の例としては、Li（リチウム）、Si（ケイ素）、Sn（スズ）、Al（アルミニウム）、Zr（亜鉛）、Ti（チタン）が挙げられる。金属系元素は、他の元素と化合物、混合物又は合金を形成しており、その例としては、酸化ケイ素（ SiO_x （ $0 < x \leq 2$ ））、炭化ケイ素（ SiC ）又は炭素とケイ素の合金、チタン酸リチウム（ LiTO ）が挙げられる。

【0038】

（セパレータ）

セパレータ23は、樹脂を含む多孔質膜であり、2種類以上の多孔質膜の積層膜でもよい。樹脂は、ポリプロピレン及びポリエチレンなどである。セパレータ23は、多孔質膜を基材層として、その片面又は両面に樹脂層を含んでいてもよい。正極21及び負極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。

【0039】

樹脂層は、PVdFなどの樹脂を含んでいる。この樹脂層を形成する場合には、有機溶剤に樹脂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。樹脂層には、無機粒子又は有機粒子を含んでいることが、耐熱性、電池の安全性向上の観点で好ましい。無機粒子の種類は、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、水酸化アルミニウム、水酸化マグネシウム、ベーマイト、タルク、シリカ、雲母などである。また、樹脂層に代えて、スパッタ法、ALD（原子層堆積）法などで形成された、無機粒子を主成分とする表面層を用いてもよい。

【0040】

（電解液）

電解液は、溶媒及び電解質塩を含み、必要に応じてさらに添加剤などを含んでいてもよい。溶媒は、有機溶媒などの非水溶媒、又は水である。非水溶媒を含む電解液を非水電解液という。非水溶媒は、環状炭酸エステル、鎖状炭酸エステル、ラクトン、鎖状カルボン酸エステル又はニトリル（モノニトリル）などである。

【0041】

電解質塩の代表例はリチウム塩であるが、リチウム塩以外の塩を含んでいてもよい。リチウム塩は、六フッ化リン酸リチウム（ LiPF_6 ）、四フッ化ホウ酸リチウム（ LiBF_4 ）、過塩素酸リチウム（ LiClO_4 ）、メタンスルホン酸リチウム（ LiCH_3SO_3 ）、トリフルオロメタンスルホン酸リチウム（ LiCF_3SO_3 ）、六フッ化ケイ酸二リチウム（ Li_2SF_6 ）などである。これらの塩を混合して用いることもでき、中でも、 LiPF_6 、 LiBF_4 を混合して用いることが、電池特性向上の観点で好ましい。電解質塩の含有量は特に限定されないが、溶媒に対して 0.3 mol/kg から 3 mol/kg であることが好ましい。

【0042】

〔リチウムイオン電池の作製方法〕

次に、図6Aから図6Fを参照して、本実施形態に係るリチウムイオン電池1の作製方法について説明する。まず、正極活物質を、帯状の正極箔21Aの表面に塗着させ、これを正極活物質被覆部21Bとし、負極活物質を、帯状の負極箔22Aの表面に塗着させ、これを負極活物質被覆部22Bとした。このとき、正極箔21Aの幅方向の一端側に正極活物質が塗着されていない正極活物質非被覆部21Cを設け、負極箔22Aに、負極活物質が塗着されていない負極活物質非被覆部22C（第1の負極活物質非被覆部221A、

10

20

30

40

50

第２の負極活物質非被覆部２２１Ｂ及び第３の負極活物質非被覆部２２１Ｃ）を設けた。次に、正極２１と負極２２とに対して乾燥等の工程を行った。そして、正極活物質非被覆部２１Ｃと負極活物質非被覆部２２Ｃとが逆方向となるようにセパレータ２３を介して重ね、中心軸に貫通孔２６ができるように渦巻き状に巻回して、図６Ａのような電極巻回体２０を作製した。

【００４３】

次に、端面に平板等が設けられた溝形成用治具（不図示）を用いて、図６Ｂに示すように、溝４３を形成（作製）した（溝形成工程）。具体的には、溝形成用治具の平板等を端面４１，４２に対して垂直に押し付けることで、端面４１の一部と端面４２の一部とに溝４３を作製した。この方法により、貫通孔２６から放射状に延びる溝４３を作製した。溝４３は、例えば、端面４１，４２のそれぞれの外縁部２７，２８から貫通孔２６まで延在している。なお、図６Ｂに示される、溝４３の数や配置はあくまでも一例であって図示した例に限定されるものではない。

【００４４】

そして、平坦面形成用治具（不図示）を用いて、図６Ｃのように、平坦面を形成した（平坦面形成工程）。具体的には、平坦面形成用治具の平坦な端面を両極側から同時に同じ圧力で端面４１，４２に対して略垂直方向に押しつけ荷重を印加した。これにより、正極活物質非被覆部２１Ｃ及び負極活物質非被覆部２２Ｃ（より具体的には、第１の負極活物質非被覆部２２１Ａ）のそれぞれを巻回構造の中心軸に向かって重なり合うように折り曲げることで、端面４１，４２が平坦面となるようにした。例えば、図７に示すように、折り曲げられた正極活物質非被覆部２１Ｃが重なった折り曲げ部７１が形成され、折り曲げ部７１の外側の面が平坦面７２となっている。同様に、第１の負極活物質非被覆部２２１Ａが折り曲げられることによっても折り曲げ部（後述する折り曲げ部８１）及び平坦面（後述する平坦面８２）が形成される。

【００４５】

次に、所定のセパレータの端部同士を、例えばシーズヒーターを使用した熱溶着により接合した（端部接合工程）。なお、端部接合工程の詳細については後述する。

【００４６】

次に、吸引装置（不図示）を用いて、溝形成工程や平坦面形成工程で発生し得る、正極活物質非被覆部２１Ｃや第１の負極活物質非被覆部２２１Ａから脱落した金属粉を吸引した（吸引工程）。例えば、電極巻回体２０の一方の端面側に吸引装置を近接または接触させた状態（貫通孔２６を介して他方の端面側から空気が流入可能な状態）で吸引を行う。続いて、他方の端面側に吸引装置を移動させて同様に吸引を行う。これにより金属粉を除去した。その後、端面４１に正極集電板２４の扇状部３１をレーザ溶接し、端面４２に負極集電板２５の扇状部３３をレーザ溶接し、接合した。

【００４７】

続いて、図６Ｄに示すように、正極集電板２４の帯状部３２及び負極集電板２５の帯状部３４を折り曲げ、正極集電板２４に絶縁板１２、負極集電板２５に絶縁板１３を貼り付け、図６Ｅに示される電池缶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。そして、溶接棒（不図示）を押し当てることにより、負極集電板２５を電池缶１１の缶底に溶接した。電解液を電池缶１１内に注入後、図６Ｆに示すように、ガスケット１５及び電池蓋１４にて封止を行った。以上のようにして、リチウムイオン電池１を作製した。

【００４８】

なお、絶縁板１２及び絶縁板１３は、絶縁テープであってもよい。また、接合方法は、レーザ溶接以外の他の方法であってもよい。また、溝４３は、正極活物質非被覆部２１Ｃ及び第１の負極活物質非被覆部２２１Ａを曲折した後も平坦面内に残っており、溝４３の無い部分が、正極集電板２４又は負極集電板２５と接合されるが、溝４３が正極集電板２４や負極集電板２５の一部と接合されていてもよい。

【００４９】

なお、本明細書における「平坦面」とは、完全に平坦な面のみならず、正極活物質非被

10

20

30

40

50

覆部 2 1 C と正極集電板 2 4、及び、第 1 の負極活物質非被覆部 2 2 1 A と負極集電板 2 5 とが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意味である。

【0050】

〔電極巻回体の詳細な構成について〕

ところで、リチウムイオン電池 1 を効率よく放電を行わせるにはセル抵抗を下げる必要がある。抵抗を下げるためには活物質非被覆部で構成する面に直接集電板を溶接する構造が重要であるものの、薄い箔に溶接を行うと溶接不良が多発する虞がある。そこで、実施形態に係るリチウムイオン電池 1 では、正極活物質非被覆部 2 1 C や第 1 の負極活物質非被覆部 2 2 1 A を中心に向かって折り曲げる。これにより、正極活物質非被覆部 2 1 C や第 1 の負極活物質非被覆部 2 2 1 A が重なった平坦面を形成することで、正極集電板 2 4 や負極集電板 2 5 との密着性を向上させ、穴あきのない安定した溶接を行うことが可能となる。

10

【0051】

一方で、負極集電板 2 5 を電池缶 1 1 の缶底に溶接する際に溶接棒を挿入するため、貫通孔 2 6 の径は溶接棒を挿入するために必要な大きさを確保しておかなければならない。貫通孔 2 6 にピン等を挿入しながら溝形成工程や平坦面形成工程を行うことにより、貫通孔 2 6 の径として必要な大きさを確保することができる。この際、例えば平坦面の形成時に内側に寄せられた正極活物質非被覆部 2 1 C の行き場がなくなり正極活物質非被覆部 2 1 C が部分的に破断することで金属粉が発生する虞が高くなる。金属粉は、溝形成工程においても発生し得る。発生した金属粉が、電極巻回体 2 0 が有する負極のうち最内周側に位置する負極（以下、最内周側負極と適宜、称する）と接触することにより内部ショートを引き起こす虞がある。そこで、本実施形態に係るリチウムイオン電池 1 では、正極活物質非被覆部 2 1 C から発生した金属粉が負極 2 2 と接触しない構成を採用した。

20

【0052】

図 8 は、本実施形態に係る電極巻回体 2 0 の少なくとも正極側を、電極巻回体 2 0 の中心軸を含む平面で切断した断面を断面視した場合の一部を示した図である。断面観察は、例えば、以下のようにして行われる。

リチウムイオン電池 1 を高さ 1 / 2 付近で輪切りにし、樹脂に埋め込む。次に、リチウムイオン電池 1 の中心軸を含む面で切断する。そして、マイクロスコープで観察することにより断面観察を行うことができる。電極巻回体 2 0 の負極側についても同様にして断面観察を行うことができる。なお、電極巻回体 2 0 の正極側とは略円筒状を有する電極巻回体 2 0 の両端面のうち端面 4 1 を含む領域を意味する。また、電極巻回体 2 0 の負極側とは略円筒状を有する電極巻回体 2 0 の両端面のうち端面 4 2 を含む領域を意味する。

30

【0053】

図 8 に示すように、折り曲げられた正極活物質非被覆部 2 1 C によって、折り曲げ部 7 1 及び平坦面 7 2 が形成されている。平坦面 7 2 が、正極集電板 2 4 に溶接されている。本実施形態に係るリチウムイオン電池 1 では、貫通孔 2 6 の周面が、例えば、セパレータ 2 3 A により構成されている。換言すれば、電極巻回体 2 0 の最内周側にセパレータ 2 3 A が位置している。セパレータ 2 3 A に対しては、外側（図 8 における X 軸方向）に向かってセパレータ 2 3 B、2 3 C、2 3 D が積層している。セパレータ 2 3 D の外側には、最内周側負極 2 2 D が位置しており、最内周側負極 2 2 D の外側にはセパレータ 2 3 E が位置している。

40

【0054】

図 8 の太線の円で囲む箇所で示されるように、リチウムイオン電池 1 では、最内周側負極 2 2 D の少なくとも両側に位置するセパレータ（本例におけるセパレータ 2 3 D、2 3 E）の端部（正極側の端部）同士が、接合している。接合は、例えば、ヒーターを用いた熱融着による接合である。これによって、最内周側負極 2 2 D が、互いに接合されたセパレータ 2 3 D、2 3 E によって覆われる。

【0055】

上述したように、折り曲げ部 7 1 の内側付近で正極活物質非被覆部 2 1 C から脱落した

50

金属粉が発生し易い。本実施形態では最内周側負極 2 2 D がセパレータ 2 3 D およびセパレータ 2 3 E で覆われているので、金属粉と最内周側負極 2 2 D とが接触することがなくなり、両者が接触することによる内部ショートが発生を防止することができる。

【0056】

端部接合方法の一例について説明する。図 9 に示すように、棒状のヒーター（例えば、シースヒーター） 1 1 0 が電極巻回体 2 0 の貫通孔 2 6 に挿入される。例えば、平坦面 7 2 から 1.5 ～ 3.0 mm 下方まで、ヒーター 1 1 0 が挿入される。そして、ヒーター 1 1 0 が通電され、120 ～ 200℃ までヒーター 1 1 0 の温度が上昇する。通電後のヒーター 1 1 0 が、セパレータ 2 3 A ～ 2 3 E を加熱して溶融させる。加熱時間は、1 ～ 10 秒程度に設定される。そして、ヒーター 1 1 0 を貫通孔 2 6 から取り出し、溶融したセパレータ 2 3 A ～ 2 3 E を冷却、硬化させることで、セパレータ 2 3 D とセパレータ 2 3 E とが熱融着される。なお、本方法によれば、セパレータ 2 3 D より内側に位置するセパレータ 2 3 A ～ 2 3 C も溶融することから、図 8 及び図 9 に示すように、セパレータ 2 3 A ～ 2 3 E の端部同士が熱融着されることで接合される。

【0057】

なお、セパレータ 2 3 E より外側に位置するセパレータについては、熱融着する必要がない。これは、正極活物質非被覆部 2 1 C を中心側に折り曲げる際に、折り曲げる力がセパレータ 2 3 （セパレータ 2 3 E より外側に位置するセパレータ）にも加わり、これに応じてセパレータ 2 3 の端部が内側に傾斜する。傾斜したセパレータ 2 3 の端部が負極 2 2 を覆うことにより金属粉の侵入を防止する。しかしながら、セパレータ 2 3 A ～ 2 3 D （特に、セパレータ 2 3 D ）は、両側に正極 2 1 や負極 2 2 が存在しないため、位置が安定しづらく比較的フリーな状態となる。このため、最内周側負極 2 2 D と正極活物質非被覆部 2 1 C との間がセパレータ 2 3 E 等によって覆われづらくなり、金属粉が最内周側負極 2 2 D に侵入する虞がより高くなる。本実施形態では、上述したように、少なくともセパレータ 2 3 D 及びセパレータ 2 3 E を熱融着することで、金属粉の侵入の虞が高くなる箇所を閉塞することができる。更に、必要最小限の箇所のみを熱融着しているので、リチウムイオン電池 1 の作製工程が複雑化してしまうことを防止できる。

【0058】

【本実施形態により得られる効果】

本実施形態によれば、例えば、下記の効果を得ることができる。

少なくとも最内周側負極 2 2 D の両側に位置するセパレータ（セパレータ 2 3 D 、 2 3 E ）を熱融着し、最内周側負極 2 2 D を覆うようにすることで、最内周側負極 2 2 D に金属粉が侵入することを防止できる。従って、最内周側負極 2 2 D と金属粉との接触による内部ショートの発生を防止できる。

【0059】

リチウムイオン電池の作製時において、薄い平板（例えば厚さ 0.5 mm ）などの端を端面 4 1 、 4 2 に対して垂直に押し付ける際に（図 6 B に示す工程を行う際に）、電極巻回体 2 0 の巻回開始側（電極巻回体 2 0 の最内周にある正極又は負極の長手方向の端側）において、負極活物質被覆部 2 2 B から負極活物質が剥離することがある。この剥離は端面 4 2 に対して押し付ける際に発生するストレスが原因と考えられる。剥離した負極活物質が電極巻回体 2 0 内部に侵入し、これにより内部ショートが発生する虞がある。本実施形態では、第 2 の負極活物質非被覆部 2 2 1 B 及び第 3 の負極活物質非被覆部 2 2 1 C を設けているので負極活物質の剥離を防ぐことができ、内部ショートの発生を防止できる。係る効果は、第 2 の負極活物質非被覆部 2 2 1 B 及び第 3 の負極活物質非被覆部 2 2 1 C の一方のみを設ける構成によっても得られるが、両方設けることがより好ましい。

【0060】

電極巻回体 2 0 の巻回終止側において、負極 2 2 は、正極活物質被覆部 2 1 B に対向しない側の主面で、負極活物質非被覆部 2 2 C の領域を有することができる。正極活物質被覆部 2 1 B に対向しない主面に負極活物質被覆部 2 2 B を有したとしても、それは充放電への寄与が低いと考えられるからである。負極活物質非被覆部 2 2 C の領域は、電極巻回

体 20 の 3 / 4 周以上 5 / 4 周以下であることが好ましい。このとき、充放電への寄与が低い負極活物質被覆部 22 B を設けていないため、同じ電極巻回体 20 の容積に対して、初期容量を高くすることができる。

【0061】

本実施形態では、電極巻回体 20 は、正極活物質非被覆部 21 C と第 1 の負極活物質非被覆部 221 A とが逆方向を向くように重ねて巻回してあるので、端面 41 には、正極活物質非被覆部 21 C が集まり、電極巻回体 20 の端面 42 には、第 1 の負極活物質非被覆部 221 A が集まる。係る正極活物質非被覆部 21 C 及び第 1 の負極活物質非被覆部 221 A が曲折されて、端面 41, 42 が平坦面となっている。曲折する方向は端面 41, 42 の外縁部 27, 28 から貫通孔 26 に向かう方向であり、巻回された状態で隣接する周の活物質非被覆部同士が重なって曲折している。端面 41 が平坦面となることで、正極活物質非被覆部 21 C と正極集電板 24 との接触を良好とすることができ、且つ、第 1 の負極活物質非被覆部 221 A と負極集電板 25 との接触を良好とすることができる。また、端面 41, 42 が曲折して平坦面となっていることで、リチウムイオン電池 1 の低抵抗化を実現することができる。

【0062】

また、正極活物質非被覆部 21 C 及び第 1 の負極活物質非被覆部 221 A を曲折することで、一見、端面 41, 42 を平坦面にすることが可能に思われるが、曲折する前に何らの加工もないと、曲折するときに端面 41, 42 にシワやボイド（空隙、空間）が発生して、端面 41, 42 が平坦面とならない虞がある。ここで、「シワ」や「ボイド」とは曲折した正極活物質非被覆部 21 C や第 1 の負極活物質非被覆部 221 A に偏りが生じ、端面 41, 42 が平坦面とはならない部分を意味する。本実施形態では、端面 41 及び端面 42 側のそれぞれに貫通孔 26 から放射方向に予め溝 43 が形成されるようにしている。溝 43 が形成されていることで、このシワやボイドの発生を抑制することができ、端面 41, 42 をより平坦とすることができる。なお、正極活物質非被覆部 21 C 及び第 1 の負極活物質非被覆部 221 A の何れか一方を曲折してもよいが、好ましくは、両方が曲折される。

【0063】

<第 2 の実施形態>

次に、第 2 の実施形態について説明する。なお、特に断らない限り、第 1 の実施形態で説明した事項は、第 2 の実施形態に対しても適用することができる。第 1 の実施形態で説明した構成と同一、同質の構成については同一の参照符号を付し、重複した説明を適宜、省略する。

【0064】

第 2 の実施形態に係るリチウムイオン電池（リチウムイオン電池 1 A）は、リチウムイオン電池 1 と同様に電極巻回体 20 を有する。電極巻回体 20 は、最内周側負極 22 D の内側に、セパレータ 23 E と接合されるセパレータ 23 D を含む複数層のセパレータ、即ち、セパレータ 23 A ~ 23 D を有する。

【0065】

図 10 は、リチウムイオン電池 1 A の電極巻回体 20 の負極側を、第 1 の実施形態と同様の断面で断面視した図である。図 10 に示すように、第 1 の負極活物質非被覆部 221 A が折り曲げられることで折り曲げ部 81 が形成されている。また、折り曲げ部 81 の外側の面が平坦面 82 となっている。負極側では、最内周側負極 22 D の内側に位置する複数層のセパレータ（セパレータ 23 A ~ 23 D）の端部同士が、互いに接合している。負極側では、最内周側負極 22 D の外側に位置するセパレータ 23 E とセパレータ 23 A ~ 23 D とは接合されていない。熱融着の方法としては、第 1 の実施形態と同様の方法を適用することができる。この場合、セパレータ 23 E も溶融し得るが、セパレータ 23 D とセパレータ 23 E との間に、最内周側負極 22 D の第 1 の負極活物質非被覆部 221 A が介在しているため、セパレータ 23 D とセパレータ 23 E とが熱融着することはない。

【0066】

第2の実施形態に係るリチウムイオン電池1Aでは、正極側において、セパレータ23A～23Eの端部同士が熱融着している。また、負極側において、セパレータ23A～23Dの端部同士が熱融着している。正負極側において、複数層のセパレータ23の端部同士が熱融着していることで、1層のセパレータ23に比べて強度が向上する。これにより、吸引工程が行われる際に、セパレータ23が変形することがなくなり、電極巻回体20が変形してしまうことを極力抑制できる。また、セパレータ23が吸引装置に吸い込まれてしまうことを極力抑制できる。

【実施例】

【0067】

以下、上記のようにして作製したリチウムイオン電池を用い、工程不良率及び開回路電圧不良率のそれぞれについて評価した実施例及び比較例を用いて、本発明を具体的に説明する。なお、本発明は、以下に説明する実施例に限定されるものではない。

【0068】

以下の全ての実施例及び比較例において、電池サイズを21700（直径21mm，高さ70mm）とし、負極活物質被覆部22Bの幅方向の長さを62mmとし、セパレータ23の幅方向の長さを64mmとし、正極活物質被覆部21Bと負極活物質被覆部22Bとの間のクリアランスを1.5mm、負極活物質被覆部22Bとセパレータ23との間のクリアランスを1.5mmとして電極巻回体20を作製した。セパレータ23を正極活物質被覆部21Bと負極活物質被覆部22Bの全範囲を覆うように重ね、正極活物質非被覆部21Cの幅方向の長さを5mmとした。また、溝43の数を8とし略等角間隔となるように配置した。

図11は実施例1に対応する図であり、図10及び図11は実施例2に対応する図であり、図12は比較例1に対応する図である。

【0069】

【実施例1】

リチウムイオン電池1を上述した工程により作製した。この際、端部接合工程では、正極側において、シースヒーターを貫通孔26に対して2mmとなる深さまで挿入し150℃で3秒加温することで、最内周側負極22Dを挟んで両側に位置するセパレータを含むセパレータ（セパレータ23A～23E）の端部同士を熱融着により接合した（図11参照）。

【0070】

【実施例2】

実施例2の端部接合工程では、負極側において、シースヒーターを貫通孔26に対して2mmとなる深さまで挿入し150℃で3秒加温することで、セパレータ23A～23Dの端部同士を熱融着により接合した。その他は、実施例1と同様にリチウムイオン電池1を作製した（図10及び図11参照）。

【0071】

【比較例1】

比較例1では、端部接合工程を行わず、正負極側ともセパレータ23の端部同士を接合しなかった（図12参照）。その他は、実施例1と同様にリチウムイオン電池1を作製した。

【0072】

【評価】

実施例1、2及び比較例1に対して工程不良率及び開回路電圧不良率を用いた評価を行った。

（工程不良率の測定方法）

工程不良率は、以下のようにして評価した。

金属粉吸引を目的に、成型後の電極巻回体20に対し負極側端面に吸引装置が完全に接触する状態で60L/minの流量で5秒間吸引を行った。

内周側のセパレータ23によって貫通孔26が完全に閉塞したものを外観検査で不良と

10

20

30

40

50

判断した。貫通孔 2 6 が閉塞した本数を試験本数で割ることで工程不良率を算出した。

（開回路電圧不良の測定方法）

作製したリチウムイオン電池に対し 2 5℃環境において 5 0 0 m A で定電流定電圧充電を上限 4 . 2 V まで行う。

その後、1 時間以内に測定した電圧の値を基準として、2 週間後に再測定を行ったときに 5 0 m V 以上電圧が低下しているものを不良と判断した。

開回路電圧不良率は（開回路電圧不良本数／試験本数）× 1 0 0 で算出した。

（セパレータの端部同士の接合の確認方法）

完全に放電したリチウムイオン電池から電極巻回体 2 0 を取り出して解体する。正極側において、少なくともセパレータ 2 3 D とセパレータ 2 3 E とが最内周側負極 2 2 D を包むように接合しているかどうかを確認した。負極側において、最内周側負極 2 2 D よりも中心軸側にある複数層のセパレータが、一部で接合しているかどうかを確認した。

実施例 1、2 及び、比較例 1 の構成のリチウムイオン電池 1 を 1 0 0 本（試験本数）ずつ作製し評価を実施した。結果を表 1 に示す。

【 0 0 7 3 】

【表 1】

	対応する図	セパレータの 端部同士の接合		工程不良率 [%]	開回路電圧 不良率 [%]
		正極側	負極側		
実施例 1	図 1 1	あり	なし	3	2
実施例 2	図 1 0 及び図 1 1	あり	あり	0	2
比較例 1	図 1 2	なし	なし	8	6

【 0 0 7 4 】

実施例 1 では、工程不良率が 3 % であり、端部同士の接合がなされていない比較例 1 の工程不良率（8 %）より改善した。これは、セパレータ 2 3 A ～ 2 3 E の端部同士が接合されたことで強度が高まり、金属粉を吸引した際に内周側に位置するセパレータ 2 3 が変形して貫通孔 2 6 を閉塞してしまうことが少なくなったからと考えられる。

また、実施例 1 では、開回路電圧不良率が 2 % であり、端部同士の接合がなされていない比較例 1 の開回路電圧不良率（6 %）より改善した。これは、最内周側負極 2 2 D が保護されていることにより、電極巻回体 2 0 の成型時に正極活物質非被覆部 2 1 C から発生した金属粉が、最内周側負極 2 2 D と接触することを抑制できたので開回路電圧不良率が低下したからと考えられる。

【 0 0 7 5 】

実施例 2 では、工程不良率が 0 % であり、端部同士の接合がなされていない比較例 1 の工程不良率（8 %）より改善し、実施例 1 の工程不良率（3 %）よりも更に改善した。これは、正負極側ともセパレータの端部同士が接合されたことで両極側とも強度が高まり、金属粉を吸引した際に内周側に位置するセパレータ 2 3 が変形して貫通孔 2 6 を閉塞してしまうことが更に少なくなったからと考えられる。

また、実施例 2 では、開回路電圧不良率が 2 % であり、端部同士の接合がなされていない比較例 1 の開回路電圧不良率（6 %）より改善した。これは、実施例 1 と同様に、最内周側負極 2 2 D が保護されていることにより、電極巻回体 2 0 の成型時に正極活物質非被覆部 2 1 C から発生した金属粉が、最内周側負極 2 2 D と接触することを抑制できたので開回路電圧不良率が低下したからと考えられる。

【 0 0 7 6 】

比較例 1 では、工程不良率が 8 % と高くなった。これは、正負極側ともセパレータの端

部同士が接合されていないので、金属粉を吸引した際に内周側に位置するセパレータ 2 3 が変形して貫通孔 2 6 を閉塞してしまうことが多くなったからと考えられる。

また、比較例 1 では、開回路電圧不良率が 6 % と高かった。これは、最内周側負極 2 2 D が覆われていないため、電極巻回体 2 0 の成型時に正極活物質非被覆部 2 1 C から発生した金属粉と最内周側負極 2 2 D と接触し内部ショートが発生することが多くなったからと考えられる。

以上から、実施例 1、2 に示す構成が、リチウムイオン電池 1 の好ましい構成と言える。

【0077】

<変形例>

以上、本発明の複数の実施形態について具体的に説明したが、本発明の内容は上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0078】

上述した実施形態では、内周側のセパレータが 4 層のセパレータ（セパレータ 2 3 A ～ 2 3 D）が積層している構成であったが、1 層でもよいし、4 層以外の複数層であってもよい。

上述した実施形態において、第 2 の負極活物質非被覆部 2 2 1 B 及び第 3 の負極活物質非被覆部 2 2 1 C が設けられる構成が好ましいが、これらが無いリチウムイオン電池に対しても本発明を適用することができる。

上述した実施形態では、接合方法の一例として熱融着による方法を用いたが、これとは異なる溶着方法でもよいし、接着剤等による接着による接合であってもよい。

上述した実施例及び比較例では、溝 4 3 の数を 8 としていたが、これ以外の数であってもよい。電池サイズを 2 1 7 0 0（直径 2 1 mm，高さ 7 0 mm）としていたが、1 8 6 5 0（直径 1 8 mm，高さ 6 5 mm）やこれら以外のサイズであってもよい。

実施形態に係る扇状部 3 1，3 3 の形状は、扇形の形状以外の形状であってもよい。

【0079】

本発明の趣旨を逸脱しない限り、本発明は、リチウムイオン電池以外の他の電池や、円筒形状以外の電池（例えば、ラミネート型電池、角型電池、コイン型電池、ボタン型電池）に適用することも可能である。この場合において、「電極巻回体の端面」の形状は、円筒形状のみならず、矩形、楕円形状や扁平形状なども採り得る。また、本発明は、電池の製造方法としても実現することができる。

【0080】

<応用例>

（1）電池パック

図 1 3 は、本発明の実施形態又は実施例に係る二次電池を電池パック 3 0 0 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 3 0 0 は、組電池 3 0 1、充電制御スイッチ 3 0 2 a と、放電制御スイッチ 3 0 3 a、を備えるスイッチ部 3 0 4、電流検出抵抗 3 0 7、温度検出素子 3 0 8、制御部 3 1 0 を備えている。制御部 3 1 0 は各デバイスの制御を行い、さらに異常発熱時に充放電制御を行ったり、電池パック 3 0 0 の残容量の算出や補正を行ったりすることが可能である。電池パック 3 0 0 の正極端子 3 2 1 及び負極端子 3 2 2 は、充電器や電子機器に接続され、充放電が行われる。

【0081】

組電池 3 0 1 は、複数の二次電池 3 0 1 a を直列及び／又は並列に接続してなる。図 1 3 では、6 つの二次電池 3 0 1 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。二次電池 3 0 1 a に対して本発明の二次電池を適用可能である。

【0082】

温度検出部 3 1 8 は、温度検出素子 3 0 8（例えばサーミスタ）と接続されており、組電池 3 0 1 又は電池パック 3 0 0 の温度を測定して、測定温度を制御部 3 1 0 に供給する。電圧検出部 3 1 1 は、組電池 3 0 1 及びそれを構成する各二次電池 3 0 1 a の電圧を測定し、この測定電圧を A / D 変換して、制御部 3 1 0 に供給する。電流測定部 3 1 3 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。

【0083】

スイッチ制御部 314 は、電圧検出部 311 及び電流測定部 313 から入力された電圧及び電流をもとに、スイッチ部 304 の充電制御スイッチ 302a 及び放電制御スイッチ 303a を制御する。スイッチ制御部 314 は、二次電池 301a が過充電検出電圧（例えば $4.20\text{V} \pm 0.05\text{V}$ ）以上若しくは過放電検出電圧（ $2.4\text{V} \pm 0.1\text{V}$ ）以下になったときに、スイッチ部 304 に OFF の制御信号を送ることにより、過充電又は過放電を防止する。

【0084】

充電制御スイッチ 302a 又は放電制御スイッチ 303a が OFF した後は、ダイオード 302b 又はダイオード 303b を介することによってのみ、充電又は放電が可能となる。これらの充放電スイッチは、MOSFET などの半導体スイッチを使用することができる。なお、図 13 では + 側にスイッチ部 304 を設けているが、一側に設けても良い。

【0085】

メモリ 317 は、RAM や ROM からなり、制御部 310 で演算された電池特性の値や、満充電容量、残容量などが記憶され、書き換えられる。

【0086】

(2) 電子機器

上述した本発明の実施形態又は実施例に係る二次電池は、電子機器や電動輸送機器、蓄電装置などの機器に搭載され、電力を供給するために使用することができる。

【0087】

電子機器としては、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、デジタルスチルカメラ、電子書籍、音楽プレイヤー、ゲーム機、補聴器、電動工具、テレビ、照明機器、玩具、医療機器、ロボットが挙げられる。また、後述する電動輸送機器、蓄電装置、電動工具、電動式無人航空機等も、広義では電子機器に含まれ得る。

【0088】

電動輸送機器としては電気自動車（ハイブリッド自動車を含む。）、電動バイク、電動アシスト自転車、電動バス、電動カート、無人搬送車（AGV）、鉄道車両などが挙げられる。また、電動旅客航空機や輸送用の電動式無人航空機も含まれる。本発明に係る二次電池は、これらの駆動用電源のみならず、補助用電源、エネルギー回生用電源などとしても用いられる。

【0089】

蓄電装置としては、商業用又は家庭用の蓄電モジュールや、住宅、ビル、オフィスなどの建築物用又は発電設備用の電力貯蔵用電源などが挙げられる。

【0090】

(3) 電動工具

図 14 を参照して、本発明が適用可能な電動工具として電動ドライバの例について概略的に説明する。電動ドライバ 431 には、シャフト 434 に回転動力を伝達するモータ 433 と、ユーザが操作するトリガースイッチ 432 が設けられている。電動ドライバ 431 の把手の下部筐体内に、電池パック 430 及びモータ制御部 435 が収納されている。電池パック 430 は、電動ドライバ 431 に対して内蔵されているか、又は着脱自在とされている。電池パック 430 を構成する電池に対して、本発明の二次電池を適用可能である。

【0091】

電池パック 430 及びモータ制御部 435 のそれぞれには、マイクロコンピュータ（図示せず）が備えられており、電池パック 430 の充放電情報が相互に通信できるようにしてもよい。モータ制御部 435 は、モータ 433 の動作を制御すると共に、過放電などの異常時にモータ 433 への電源供給を遮断することができる。

【0092】

(4) 電動車両用蓄電システム

本発明を電動車両用の蓄電システムに適用した例として、図15に、シリーズハイブリッドシステムを採用したハイブリッド車両(HV)の構成例を概略的に示す。シリーズハイブリッドシステムはエンジンを動力とする発電機で発電された電力、あるいはそれをバッテリーに一旦貯めておいた電力を用いて、電力駆動力変換装置で走行する車である。

【0093】

このハイブリッド車両600には、エンジン601、発電機602、電力駆動力変換装置(直流モータ又は交流モータ。以下単に「モータ603」という。)、駆動輪604a、駆動輪604b、車輪605a、車輪605b、バッテリー608、車両制御装置609、各種センサ610、充電口611が搭載されている。バッテリー608としては、本発明の二次電池、又は、本発明の二次電池を複数搭載した蓄電モジュールが適用され得る。

【0094】

バッテリー608の電力によってモータ603が作動し、モータ603の回転力が駆動輪604a、604bに伝達される。エンジン601によって産み出された回転力によって、発電機602で生成された電力をバッテリー608に蓄積することが可能である。各種センサ610は、車両制御装置609を介してエンジン回転数を制御したり、図示しないスロットルバルブの開度を制御したりする。

【0095】

図示しない制動機構によりハイブリッド車両600が減速すると、その減速時の抵抗力がモータ603に回転力として加わり、この回転力によって生成された回生電力がバッテリー608に蓄積される。また、バッテリー608は、ハイブリッド車両600の充電口611を介して外部の電源に接続されることで充電することが可能である。このようなHV車両を、プラグインハイブリッド車(PHV又はPHEV)という。

【0096】

なお、本発明に係る二次電池を小型化された一次電池に応用して、車輪604、605に内蔵された空気圧センサシステム(TPMS: Tire Pressure Monitoring system)の電源として用いることも可能である。

【0097】

以上では、シリーズハイブリッド車を例として説明したが、エンジンとモータを併用するパラレル方式、又は、シリーズ方式とパラレル方式を組み合わせたハイブリッド車に対しても本発明は適用可能である。さらに、エンジンを用いない駆動モータのみで走行する電気自動車(EV又はBEV)や、燃料電池車(FCV)に対しても本発明は適用可能である。

【符号の説明】

【0098】

1, 1A・・・リチウムイオン電池、12・・・絶縁板、21・・・正極、21A・・・正極箔、21B・・・正極活物質層、21C・・・正極活物質非被覆部、22・・・負極、22A・・・負極箔、22B・・・負極活物質層、22C・・・負極活物質非被覆部、22D・・・最内周側負極、23, 23A~23E・・・セパレータ、24・・・正極集電板、25・・・負極集電板、26・・・貫通孔、41、42・・・端面、43・・・溝、221A・・・第1の負極活物質非被覆部、221B・・・第2の負極活物質非被覆部、221C・・・第3の負極活物質非被覆部

10

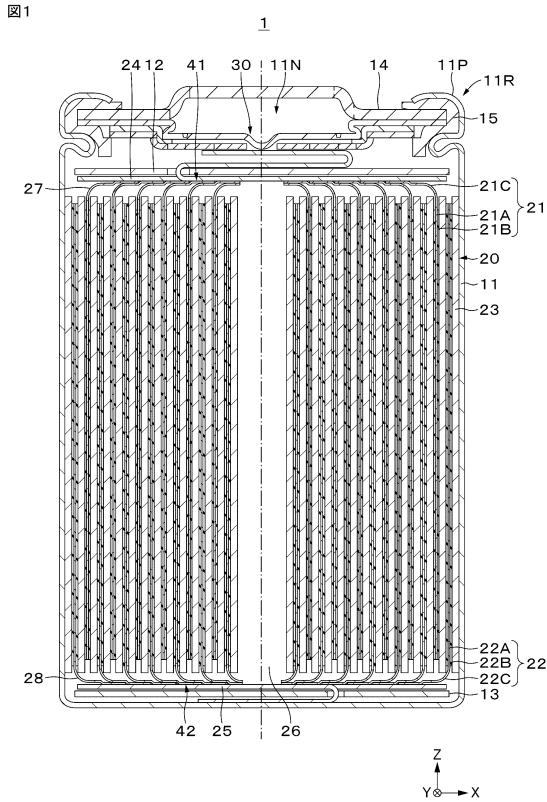
20

30

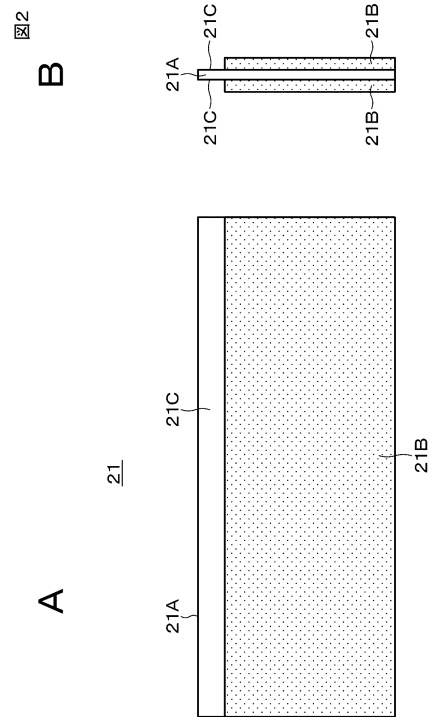
40

50

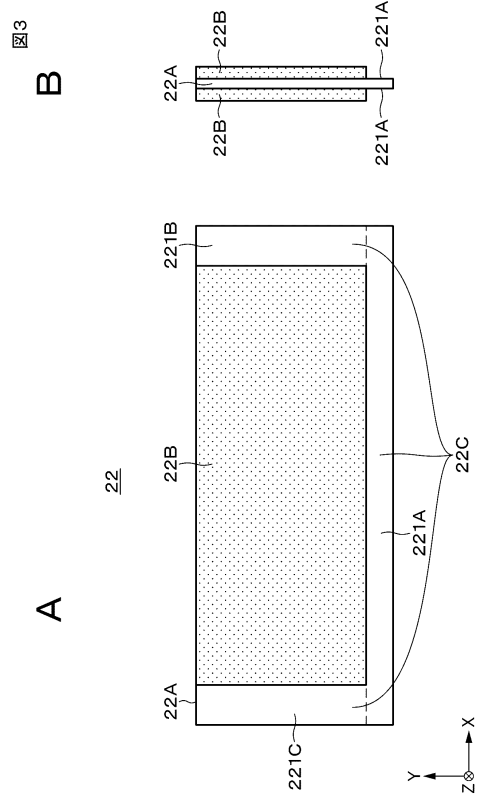
【図面】
【図 1】



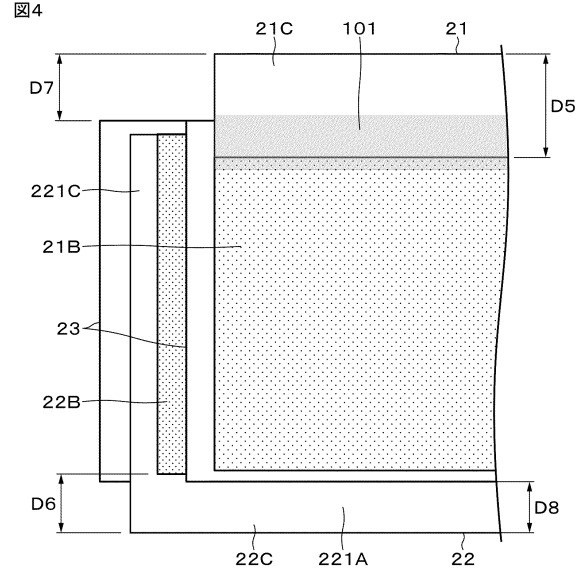
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

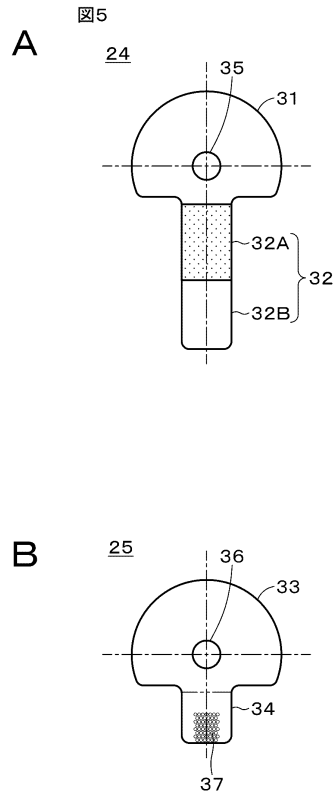
20

30

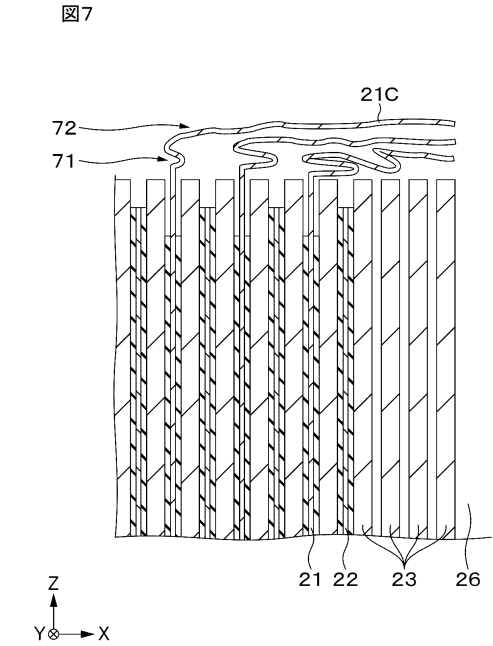
40

50

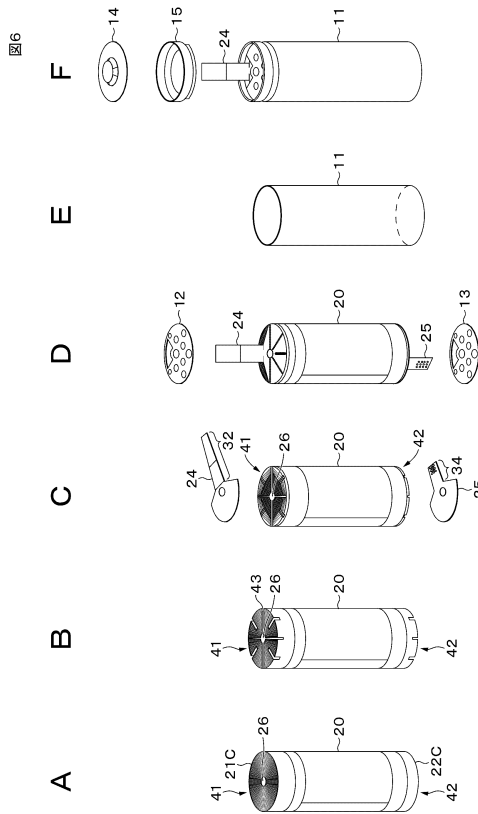
【図 5】



【図 7】



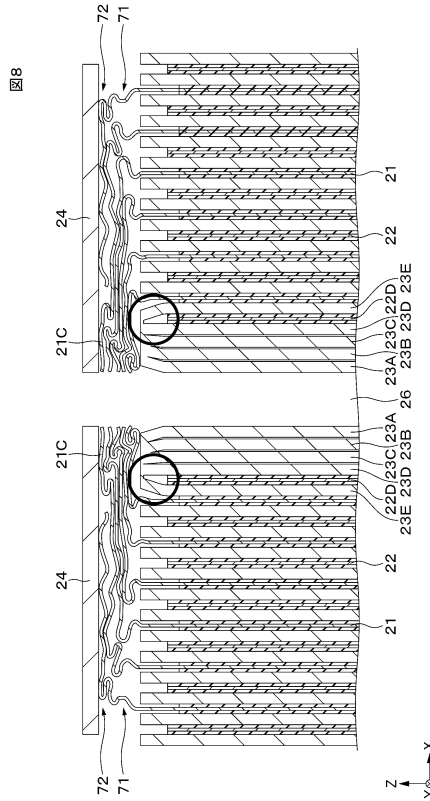
【図 6】



10

20

【図 8】

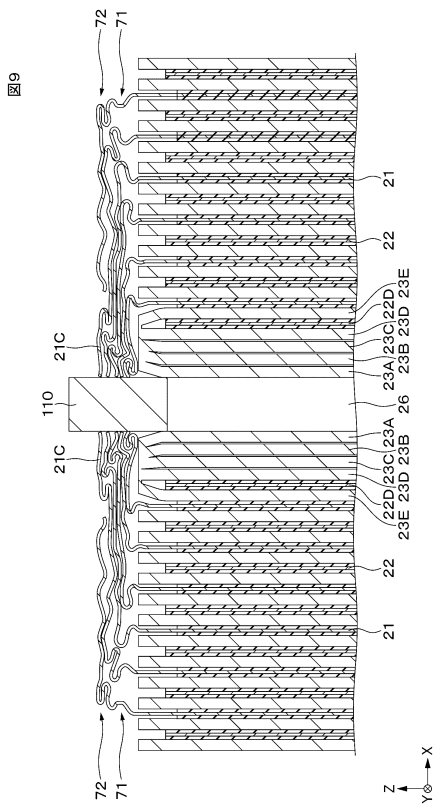


30

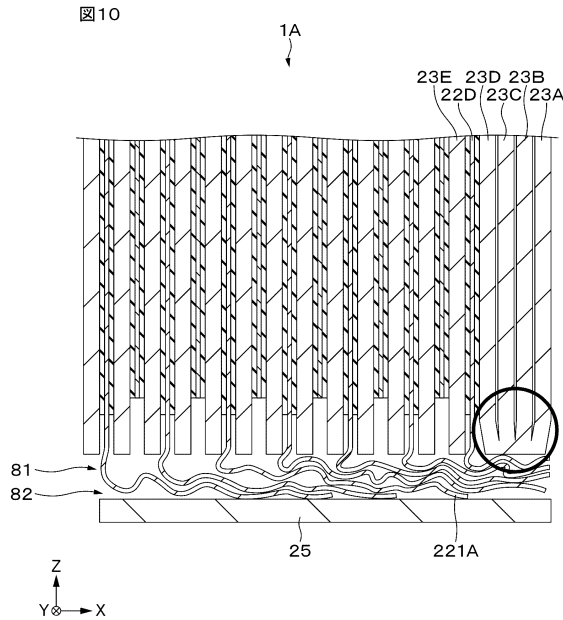
40

50

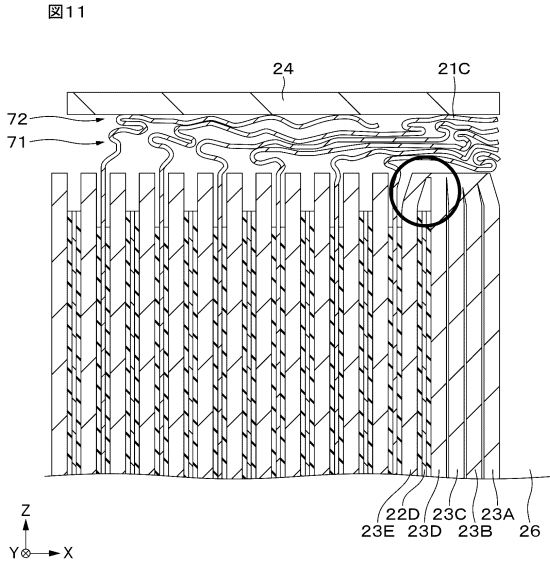
【図 9】



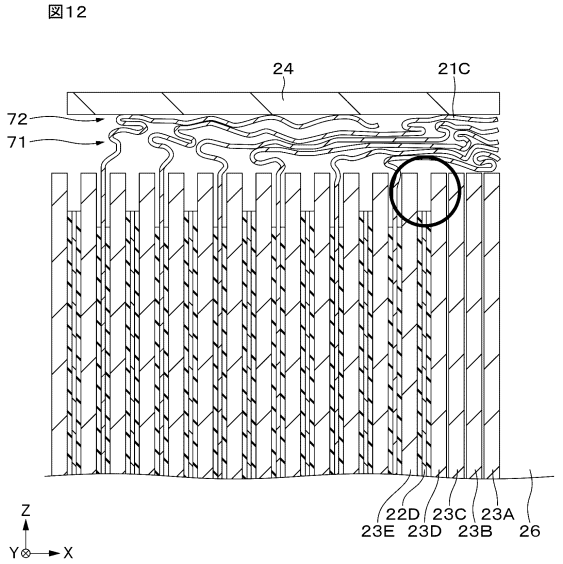
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

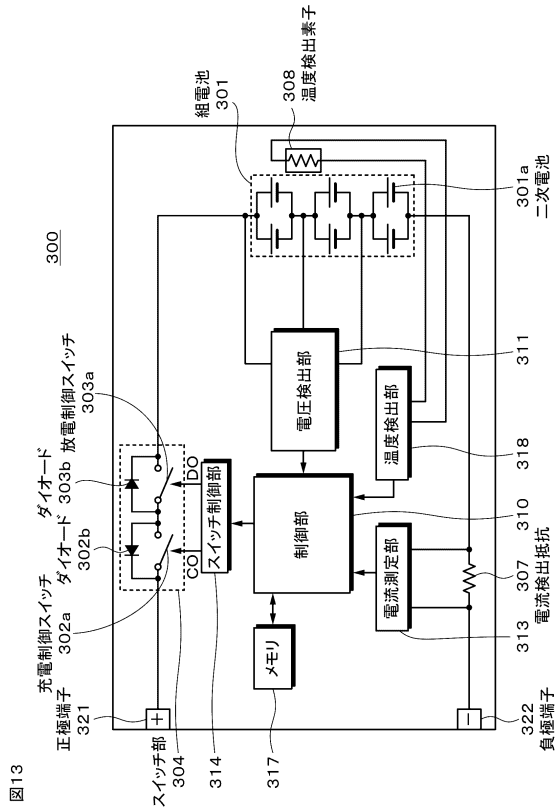
20

30

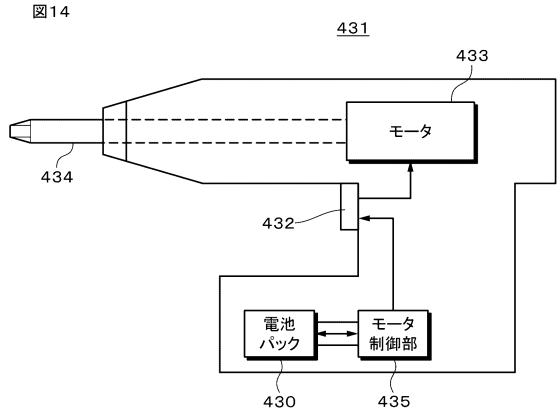
40

50

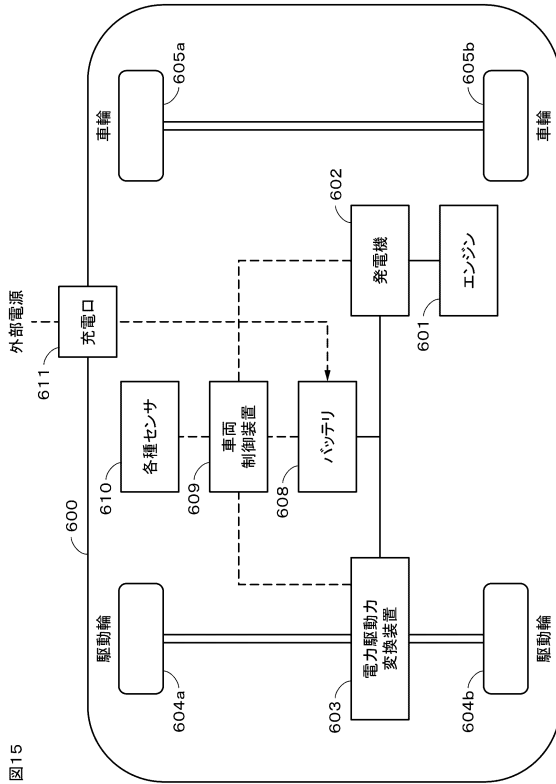
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 M 10/052 (2010.01)	H 0 1 M 10/052
H 0 1 M 10/0587(2010.01)	H 0 1 M 10/0587

審査官 守安 太郎

(56)参考文献	特開 2 0 1 2 - 0 0 9 2 4 9 (J P , A)
	特開 2 0 0 7 - 3 3 5 1 5 6 (J P , A)
	国際公開第 2 0 2 1 / 1 7 7 1 4 9 (W O , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)	
	H 0 1 M 1 0 / 0 4
	H 0 1 M 1 0 / 0 5
	H 0 1 M 5 0 / 5 0
	H 0 1 M 5 0 / 1 0