

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7405239号
(P7405239)

(45)発行日 令和5年12月26日(2023.12.26)

(24)登録日 令和5年12月18日(2023.12.18)

(51)国際特許分類		F I	
H O 1 M	50/536(2021.01)	H O 1 M	50/536
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	50/534(2021.01)	H O 1 M	50/534
H O 1 M	10/0587(2010.01)	H O 1 M	10/0587
請求項の数 5 (全21頁) 最終頁に続く			
(21)出願番号	特願2022-508248(P2022-508248)	(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3年3月10日(2021.3.10)	(74)代理人	100123973 弁理士 杉浦 拓真
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/009420	(74)代理人	100082762 弁理士 杉浦 正知
(87)国際公開番号	WO2021/187259	(72)発明者	新川 輝 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
(87)国際公開日	令和3年9月23日(2021.9.23)	審査官	多田 達也
審査請求日	令和4年8月2日(2022.8.2)		
(31)優先権主張番号	特願2020-49176(P2020-49176)		
(32)優先日	令和2年3月19日(2020.3.19)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
		最終頁に続く	

(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、中心軸の周りに巻回された構造を有する電極巻回体と、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、前記電極巻回体の一方の端部において、前記正極集電板と接合され、

前記負極活物質非被覆部は、前記電極巻回体の他方の端部において、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と前記負極活物質非被覆部の両方が、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、

前記正極集電板は表面に正極ビードを有し、前記負極集電板は表面に負極ビードを有し、前記正極ビードの幅は0.05mm以上0.18mm以下であり、前記負極ビードの幅は0.03mm以上0.12mm以下であり、

前記正極集電板の厚さは0.07mm以上0.20mm以下であり、前記負極集電板の

厚さは0.05mm以上0.15mm以下であり、

前記正極活物質非被覆部の厚さは5μm以上20μm以下であり、前記負極活物質非被覆部の厚さは6μm以上20μm以下であり、

正極側での前記正極活物質非被覆部の重なり枚数が2以上、かつ負極側での前記負極活物質非被覆部の重なり枚数が2以上である二次電池。

【請求項2】

前記正極集電板の材質は、アルミニウム又はアルミニウム合金である請求項1に記載の二次電池。

【請求項3】

前記負極集電板の材質は、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（クラッド材）である請求項1又は2に記載の二次電池。

【請求項4】

請求項1から3の何れかに記載の二次電池を有する電子機器。

【請求項5】

請求項1から3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】

【0002】

リチウムイオン電池は、電動工具や電気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。高出力を行う一つの方法としては、電池から比較的大電流を流すハイレート放電が挙げられる。

【0003】

例えば、下記特許文献1には、内部抵抗の低い電池を作製するために、電極巻回体の端部にある活物質非被覆部を折り曲げ、端部の上に配置した集電板の表面にレーザーを照射することで、活物質非被覆部と集電板を接合することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2011-129328号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1の技術では、溶接不良を起こして電池の内部抵抗が十分低くないという問題があった。

【0006】

従って、本発明は、ハイレート放電に適した内部抵抗が低い電池を提供することを目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決するために、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、中心軸の周りに巻回された構造を有する電極巻回体と、正極集電板及び負極集電板とが、電池缶に收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、電極巻回体の一方の端部において、正極集電板と接合され、

10

20

30

40

50

負極活物質非被覆部は、電極巻回体の他方の端部において、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と負極活物質非被覆部の両方が、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、

正極集電板は表面に正極ビードを有し、負極集電板は表面に負極ビードを有し、

正極ビードの幅は0.05mm以上0.18mm以下であり、負極ビードの幅は0.03mm以上0.12mm以下であり、

正極集電板の厚さは0.07mm以上0.20mm以下であり、負極集電板の厚さは0.05mm以上0.15mm以下であり、

正極活物質非被覆部の厚さは5 μ m以上20 μ m以下であり、負極活物質非被覆部の厚
さは6 μ m以上20 μ m以下であり、

正極側での正極活物質非被覆部の重なり枚数が2以上、かつ負極側での負極活物質非被
覆部の重なり枚数が2以上である二次電池である。

【発明の効果】

【0008】

本発明の少なくとも実施の形態によれば、ハイレート放電に適した内部抵抗の低い電池
を提供できる。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】

【0009】

【図1】図1は、一実施の形態に係る電池の断面図である。

【図2】図2は、電極巻回体における正極、負極とセパレータの配置関係の一例を説明す
る図である。

【図3】図3Aは、正極集電板の平面図であり、図3Bは負極集電板の平面図である。

【図4】図4Aから図4Fは、一実施の形態に係る電池の組み立て工程を説明する図であ
る。

【図5】図5は、レーザー溶接痕の位置を説明するための図である。

【図6】図6は、活物質非被覆部の重なり枚数を説明するための図である。

【図7】図7は、比較例1を説明するための図である。

【図8】図8は、比較例2から比較例6を説明するための図である。

【図9】図9は、変形例を説明するための図である。

【図10】図10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11】図11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12】図12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】

【0010】

以下、本発明の実施の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。

<1. 一実施の形態> <2. 変形例> <3. 応用例>

以下に説明する実施の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
実施の形態等に限定されるものではない。

【0011】

本発明の実施の形態では、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。

【0012】

<1. 一実施の形態>

まず、リチウムイオン電池の全体構成に関して説明する。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1
1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。

【0013】

具体的には、リチウムイオン電池 1 は、例えば、円筒状の電池缶 1 1 の内部に、一对の絶縁板 1 2 , 1 3 と、電極巻回体 2 0 とを備えている。ただし、リチウムイオン電池 1 は、例えば、さらに、電池缶 1 1 の内部に、熱感抵抗 (P T C) 素子及び補強部材などのうちのいずれか 1 種類又は 2 種類以上を備えていてもよい。

【 0 0 1 4 】

〔電池缶〕

電池缶 1 1 は、主に、電極巻回体 2 0 を収納する部材である。この電池缶 1 1 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 1 1 は、開放された一端面 (開放端面 1 1 N) を有している。この電池缶 1 1 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。ただし、電池缶 1 1 の表面には、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。

10

【 0 0 1 5 】

〔絶縁板〕

絶縁板 1 2 , 1 3 は、電極巻回体 2 0 の巻回軸 (図 1 の Z 軸) に対して略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、例えば、互いに電極巻回体 2 0 を挟むように配置されている。

【 0 0 1 6 】

〔かしめ構造〕

電池缶 1 1 の開放端面 1 1 N には、電池蓋 1 4 及び安全弁機構 3 0 がガスケット 1 5 を介して、かしめられており、かしめ構造 1 1 R (クリンプ構造) が形成されている。これにより、電池缶 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、その電池缶 1 1 は密閉されている。

20

【 0 0 1 7 】

〔電池蓋〕

電池蓋 1 4 は、主に、電池缶 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、その電池缶 1 1 の開放端面 1 1 N を閉塞する部材である。この電池蓋 1 4 は、例えば、電池缶 1 1 の形成材料と同様の材料を含んでいる。電池蓋 1 4 のうちの中央領域は、例えば、+ Z 方向に突出している。これにより、電池蓋 1 4 のうちの中央領域以外の領域 (周辺領域) は、例えば、安全弁機構 3 0 に接触している。

30

【 0 0 1 8 】

〔ガスケット〕

ガスケット 1 5 は、主に、電池缶 1 1 (折り曲げ部 1 1 P) と電池蓋 1 4 との間に介在することにより、その折り曲げ部 1 1 P と電池蓋 1 4 との間の隙間を封止する部材である。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。

【 0 0 1 9 】

このガスケット 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 (P B T) 及びポリプロピレン (P P) 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。電池缶 1 1 と電池蓋 1 4 とを互いに電氣的に分離しながら、折り曲げ部 1 1 P と電池蓋 1 4 との間の隙間が十分に封止されるからである。

40

【 0 0 2 0 】

〔安全弁機構〕

安全弁機構 3 0 は、主に、電池缶 1 1 の内部の圧力 (内圧) が上昇した際に、必要に応じて電池缶 1 1 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 1 1 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。

【 0 0 2 1 】

50

〔電極巻回体〕

円筒形状のリチウムイオン電池では、帯状の正極 2 1 と帯状の負極 2 2 がセパレータ 2 3 を挟んで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 1 1 に収まっている。正極 2 1 は正極箔 2 1 A の片面又は両面に正極活物質層を形成したものであり、正極箔 2 1 A 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 2 2 は負極箔 2 2 A の片面又は両面に負極活物質層を形成したものであり、負極箔 2 2 A 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 2 3 は多孔質で絶縁性のあるフィルムであり、正極 2 1 と負極 2 2 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。

〔0022〕

正極活物質層と負極活物質層はそれぞれ、正極箔 2 1 A と負極箔 2 2 A との多くの部分を覆うが、どちらも帯の短手方向にある片方の端周辺を意図的に被覆していない。この活物質層が被覆されていない部分を、以下、適宜、活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C と称し、活物質層が被覆されている部分を、以下、適宜、活物質被覆部 2 1 B, 2 2 B と称する。円筒形状の電池では、電極巻回体 2 0 は正極の活物質非被覆部 2 1 C と負極の活物質非被覆部 2 2 C が逆方向を向くようにしてセパレータ 2 3 を介して重ねられて巻回されている。

〔0023〕

図 2 に正極 2 1、負極 2 2 とセパレータ 2 3 を積層した巻回前の構造の一例を示す。正極の活物質非被覆部 2 1 C (図 2 の上側の斜線部分) の幅は A であり、負極の活物質非被覆部 2 2 C (図 2 の下側の斜線部分) の幅は B である。一実施の形態では $A > B$ であることが好ましく、例えば $A = 7$ (mm)、 $B = 4$ (mm) である。正極の活物質非被覆部 2 1 C がセパレータ 2 3 の幅方向の一端から突出した部分の長さは C であり、負極の活物質非被覆部 2 2 C がセパレータ 2 3 の幅方向の他端から突出した部分の長さは D である。一実施の形態では $C > D$ であることが好ましく、例えば、 $C = 4.5$ (mm)、 $D = 3$ (mm) である。

〔0024〕

正極の活物質非被覆部 2 1 C は例えばアルミニウムなどからなり、負極の活物質非被覆部 2 2 C は例えば銅などからなるので、一般的に正極の活物質非被覆部 2 1 C の方が負極の活物質非被覆部 2 2 C よりも柔らかい(ヤング率が低い)。このため、一実施の形態では、 $A > B$ かつ $C > D$ 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の活物質非被覆部 2 1 C と負極の活物質非被覆部 2 2 C 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、活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C が折り曲げられて適度に重なり合うので、活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C と集電板 2 4, 2 5 とのレーザー溶接による接合を容易に行うことができる。一実施の形態における接合とは、電氣的に接続していることを意味するが、接合方法はレーザー溶接に限定されない。

〔0025〕

正極 2 1 は、活物質非被覆部 2 1 C と活物質被覆部 2 1 B との境界を含む幅 3 mm の区間が絶縁層 1 0 1 (図 2 の灰色の領域部分) で被覆されている。そして、セパレータを介して負極の活物質被覆部 2 2 B に対向する正極の活物質非被覆部 2 1 C の全ての領域が絶縁層 1 0 1 で覆われている。絶縁層 1 0 1 は、負極の活物質被覆部 2 2 B と正極の活物質非被覆部 2 1 C との間に異物が侵入したときに、電池 1 の内部短絡を確実に防ぐ効果がある。また、絶縁層 1 0 1 は、電池 1 に衝撃が加わったときに、その衝撃を吸収し、正極の活物質非被覆部 2 1 C が折れ曲がりや、負極 2 2 との短絡を確実に防ぐ効果がある。

〔0026〕

電極巻回体 2 0 の中心軸には、貫通孔 2 6 が空いている。貫通孔 2 6 は電極巻回体 2 0 の組み立て用の巻き芯と溶接用の電極棒を差し込むための孔である。電極巻回体 2 0 は、正極の活物質非被覆部 2 1 C と負極の活物質非被覆部 2 2 C が逆方向を向くように重ねて巻回してあるので、電極巻回体の端面の一方(端面 4 1)には、正極の活物質非被覆部 2 1 C が集まり、電極巻回体 2 0 の端面の他方(端面 4 2)には、負極の活物質非被覆部 2

10

20

30

40

50

2 Cが集まる。電流を取り出すための集電板 2 4, 2 5 との接触を良くするために、活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C は曲折されて、端面 4 1, 4 2 が平坦面となっている。曲折する方向は端面 4 1, 4 2 の外縁部 2 7, 2 8 から貫通孔 2 6 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。なお、本明細書において「平坦面」とは、完全に平坦な面のみならず、活物質非被覆部と集電板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。

【0027】

活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C がそれぞれ重なるようにして曲折することで、一見、端面 4 1, 4 2 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 4 1, 4 2 にシワやボイド（空隙、空間）が発生して、端面 4 1, 4 2 が平坦面とならない。ここで、「シワ」や「ボイド」とは曲折した活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C に偏りが生じ、端面 4 1, 4 2 が平坦面とはならない部分である。このシワやボイドの発生を防止するために、貫通孔 2 6 から放射方向に予め溝 4 3（例えば図 4 B を参照）が形成されている。溝 4 3 は端面 4 1, 4 2 の外縁部 2 7, 2 8 から貫通孔 2 6 まで延在している。電極巻回体 2 0 の中心には貫通孔 2 6 があり、貫通孔 2 6 はリチウムイオン電池 1 の組み立て工程で、溶接器具を差し込む孔として使用される。貫通孔 2 6 の付近にある、正極 2 1 と負極 2 2 との巻き始めの活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C には切欠きがある。これは貫通孔 2 6 に向かって曲折したとき貫通孔 2 6 を塞がないようにするためである。溝 4 3 は、活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C を曲折した後も平坦面内に残っており、溝 4 3 の無い部分が、正極集電板 2 4 又は負極集電板 2 5 と接合（溶接等）されている。なお、平坦面のみならず、溝 4 3 が集電板 2 4, 2 5 の一部と接合されていてもよい。

電極巻回体 2 0 の詳細な構成、すなわち正極 2 1、負極 2 2、セパレータ 2 3 及び電解液のそれぞれの詳細な構成に関しては、後述する。

【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、一実施の形態のリチウムイオン電池では、端面 4 1, 4 2 に正極集電板 2 4 と負極集電板 2 5 とを配置し、端面 4 1, 4 2 に存在する正極や負極の活物質非被覆部 2 1 C, 2 2 C と多点で溶接することで、電池の内部抵抗を低く抑えている。端面 4 1, 4 2 が曲折して平坦面となっていることも低抵抗化に寄与している。

【0029】

図 3 A 及び図 3 B に、集電板の一例を示す。図 3 A が正極集電板 2 4 であり、図 3 B は負極集電板 2 5 である。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（クラッド材）でできた金属板である。図 3 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板状部 3 1 に、矩形的の帯状部 3 2 が付いた形状になっている。板状部 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。

【0030】

図 3 A の斜線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、図面の斜線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ため、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、帯状部が異なっている。図 3 B の負極集電板の帯状部 3 4 は、正極集電板の帯状部 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 がある。抵抗溶接時には、電流が突起部に集中し、突起部が溶けて帯状部 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 には板状部 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 の板状部 3 1 と負極集電板 2 5 の板状部 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。全部を覆わない理由は、電池を組み立てる際に電極巻回体へ電解液を円滑に浸透させる為、あるいは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電池外へ放出しやすくする為である。

【 0 0 3 2 】

[正極]

正極活物質層は、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いてもよい。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。

【 0 0 3 3 】

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（P V d F）及びポリイミドなどである。

【 0 0 3 4 】

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。

【 0 0 3 5 】

正極箔 2 1 A の厚みは 5 μm 以上、20 μm 以下にすることが好ましい。正極箔 2 1 A の厚みを 5 μm 以上にすることで、正極 2 1 と負極 2 2 とセパレータ 2 3 とを重ねて巻回する際に正極 2 1 が破断することなく製造することが可能になるためである。正極箔 2 1 A の厚みを 20 μm 以下にすることで、電池 1 のエネルギー密度の低下を防ぐことができると共に、正極 2 1 と負極 2 2 との対向面積が大きくなり、出力の大きい電池 1 にすることができるからである。

【 0 0 3 6 】

[負極]

負極箔 2 2 A の表面は、負極活物質層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、負極結着剤及び負極導電剤などを含んでいてもよい。

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

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、L i（リチウム）、S i（ケイ素）、S n（スズ）、A l（アルミニウム）、Z r（亜鉛）、T i（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（S i O_x（0 < x ≤ 2））、炭化ケイ素（S i C）又は炭素とケイ素の合金、チタン酸リチウム（L T O）が挙げられる。

【 0 0 3 9 】

負極箔 2 2 A の厚みは 5 μm 以上、20 μm 以下にすることが好ましい。負極箔 2 2 A の厚みを 5 μm 以上にすることで、正極 2 1 と負極 2 2 とセパレータ 2 3 とを重ねて巻回する際に負極 2 2 が破断することなく製造することが可能になるためである。負極箔 2 2 A の厚みを 20 μm 以下にすることで、電池 1 のエネルギー密度の低下を防ぐことができ

10

20

30

40

50

ると共に、正極 2 1 と負極 2 2 との対向面積が大きくなり、出力の大きい電池 1 にすることができるからである。

【0040】

〔セパレータ〕

セパレータ 2 3 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 2 3 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 2 1 及び負極 2 2 のそれぞれに対するセパレータ 2 3 の密着性が向上するため、電極巻回体 2 0 の歪みが抑制されるからである。

【0041】

樹脂層は、P V d F 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、A L D（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。

【0042】

セパレータ 2 3 の厚さは $4\ \mu\text{m}$ 以上 $30\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。セパレータの厚さを $4\ \mu\text{m}$ 以上とすることで、セパレータ 2 3 を介して対向する正極 2 1 と負極 2 2 との接触による内部短絡を防止できる。セパレータ 2 3 の厚さを $30\ \mu\text{m}$ 以下とすることで、リチウムイオンや電解液がセパレータ 2 3 を通過しやすくでき、また、巻回したとき、正極 2 1 と負極 2 2 の電極密度を高くすることができる。

【0043】

〔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。

【0044】

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 $0.3\ \text{mol/kg}$ から $3\ \text{mol/kg}$ であることが好ましい。

【0045】

〔リチウムイオン電池の作製方法〕

図 4 A から図 4 F を参照して、一実施の形態のリチウムイオン電池 1 の作製方法について述べる。まず、正極活物質を、帯状の正極箔 2 1 A の表面に塗着させ、これを正極 2 1 の被覆部とし、負極活物質を、帯状の負極箔 2 2 A の表面に塗着させ、これを負極 2 2 の被覆部とした。このとき、正極 2 1 の短手方向の一端と負極 2 2 の短手方向の一端に、正極活物質と負極活物質が塗着されていない活物質非被覆部 2 1 C、2 2 C を作製した。活物質非被覆部 2 1 C、2 2 C の一部であって、巻回するときの巻き始めに当たる部分に、切欠きを作製した。正極 2 1 と負極 2 2 とには乾燥等の工程を行った。そして、正極の活物質非被覆部 2 1 C と負極の活物質非被覆部 2 2 C が逆方向となるようにセパレータ 2 3 を介して重ね、中心軸に貫通孔 2 6 ができるように、且つ、作製した切欠きが中心軸付近

10

20

30

40

50

に配置されるように、渦巻き状に巻回して、図 4 A のような電極巻回体 2 0 を作製した。

【0046】

次に、図 4 B のように、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ことで、端面 4 1 と端面 4 2 の一部に溝 4 3 を作製した。この方法で貫通孔 2 6 から放射状に向かって延びる溝 4 3 を作製した。図 4 B に示される、溝 4 3 の数や配置はあくまでも一例である。そして、図 4 C のように、両極側から同時に同じ圧力を端面 4 1, 4 2 に対して略垂直方向に加え、正極の活物質非被覆部 2 1 C と負極の活物質非被覆部 2 2 C を折り曲げて、端面 4 1, 4 2 が平坦面となるように形成した。このとき、端面 4 1, 4 2 にある活物質非被覆部が、中心軸に向かって曲折し重なり合うように、平板の板面などで荷重を加えた。その後、端面 4 1 に正極集電板 2 4 の板状部 3 1 をレーザー溶接し、端面 4 2 に負極集電板 2 5 の板状部 3 3 をレーザー溶接し、接合した。

10

【0047】

その後、図 4 D のように、集電板 2 4, 2 5 の帯状部 3 2, 3 4 を折り曲げ、正極集電板 2 4 と負極集電板 2 5 に絶縁板 1 2, 1 3（又は絶縁テープ）を貼り付け、図 4 E に示される電池缶 1 1 内に上記のように組立てを行った電極巻回体 2 0 を挿入し、電池缶 1 1 の底の溶接を行った。電解液を電池缶 1 1 内に注入後、図 4 F のように、ガスケット 1 5 及び電池蓋 1 4 にて封止を行った。

【実施例】

【0048】

以下、上記のようにして作製したリチウムイオン電池 1 を用い、穴あき面積比率と電池の内部抵抗について比較した実施例に基づ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。

20

【0049】

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 21 mm、高さ 70 mm）とし、溝 4 3 の数を 8 とし、溝 4 3 を略等角間隔に配置した。正極集電板 2 4 と正極の活物質非被覆部 2 1 C との接合及び負極集電板 2 5 と負極の活物質非被覆部 2 2 C との接合に、図 5 で示されるような配置でレーザー溶接を行った。図 5 はレーザー溶接痕の位置を説明する為に、集電板を通して巻回体の端面および溝を透視するように表現した模式図である。図 5 の黒色の太実線部で示される部分はレーザー溶接痕 5 1 である。レーザー溶接痕 5 1 を隣り合う溝 4 3 の間ごとに 1 本ずつ、孔 3 5, 3 6 付近から外周部まで、略等角間隔に線状に配置した。図 5 のように、集電板 2 4, 2 5 が覆う部分で、レーザー溶接痕 5 1 を 6 本配置し、レーザー溶接痕 5 1 の 1 本当たりの長さを 6 mm とした。

30

【0050】

以下では、正極集電板 2 4 の表面のうち、電極巻回体と対向しない面にあるレーザー溶接痕 5 1 の幅を正極のビード幅と称し、負極集電板 2 5 の表面のうち、電極巻回体と対向しない面にあるレーザー溶接痕 5 1 の幅を負極のビード幅と称し、正極のビード幅と負極のビード幅を区別しないときはビード幅と称した。ビード幅は、正極集電板 2 4 や負極集電板 2 5 の表面にあるレーザー溶接痕 5 1 を光学顕微鏡で観察した結果から求めた。レーザー溶接はファイバーレーザー（波長 1070 ± 10 nm）を用いて行った。ファイバーレーザーは一般の YAG レーザーと比べて焦点の直径を小さくできるので、正極の活物質非被覆部や負極の活物質被覆部のような金属箔を確実に溶接する用途に適している。レーザー溶接を行うときに、溶接出力値、掃引速度、焦点距離などの溶接条件を変えることによってビード幅を調整した。

40

【0051】

図 6 は正極の活物質非被覆部 2 1 C と正極集電板 2 4 のレーザー溶接痕 5 1 の断面の様子を模式的に示している。端面 4 1 において、電極巻回体 2 0 の側面から距離 a の地点から所定の範囲においてレーザー光 5 2 を照射することで溶接を行った。正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m は、図 6 の距離 a の地点の直下における活物質非被覆部 2 1 C（正極箔）が溶接されている枚数である。距離 a の地点とは、レーザー光 5 2 で形成された

50

軌跡のうち、中心軸から最も遠い地点のことである。電池を中心軸に平行な面で切断し、溶接部を観察することで活物質非被覆部の重なり枚数を確認することができる。負極の活物質非被覆部 2 2 C と負極集電板 2 5 とのレーザー溶接状態の図は省略する。負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n は、距離 a の地点の直下における活物質非被覆部 2 2 C (負極箔) が溶接されている枚数である。図 2 の正極の活物質非被覆部 2 1 C がセパレータ 2 3 の幅方向の一端から突出した部分の長さ C 、負極の活物質非被覆部 2 2 C がセパレータ 2 3 の幅方向の他端から突出した部分の長さ D を変えること、および前記溶接条件を変えることによって活物質非被覆部の重なり枚数 m 、 n を調整した。

【0052】

[実施例 1]

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 3 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0053】

[実施例 2]

正極のビード幅を 0.05 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.03 mm とし、負極集電板 2 5 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 2 2 C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0054】

[実施例 3]

正極のビード幅を 0.18 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.12 mm とし、負極集電板 2 5 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 2 2 C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0055】

[実施例 4]

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.07 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 2 5 の厚さを 0.05 mm とし、負極の活物質非被覆部 2 2 C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0056】

[実施例 5]

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.20 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 2 5 の厚さを 0.15 mm とし、負極の活物質非被覆部 2 2 C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0057】

[実施例 6]

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 2 4 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 2 1 C の厚さを 5 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 2 5 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 2 2 C の厚さを 6 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

〔実施例 7〕

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 20 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 20 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【 0 0 5 9 】

〔実施例 8〕

正極のビード幅を 0.18 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.12 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 15 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.10 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.07 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 12 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 3 とした。

10

【 0 0 6 0 】

〔実施例 9〕

正極のビード幅を 0.05 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.07 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 12 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.03 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.05 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 8 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 3 とした。

20

【 0 0 6 1 】

〔比較例 1〕

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 1 とし、負極のビード幅を 0.10 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 1 とした。

【 0 0 6 2 】

〔比較例 2〕

正極のビード幅を 0.25 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.21 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 3 とした。

30

【 0 0 6 3 】

〔比較例 3〕

正極のビード幅を 0.46 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 3 とし、負極のビード幅を 0.41 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

40

【 0 0 6 4 】

〔比較例 4〕

正極のビード幅を 0.69 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μm とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.63 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μm とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 3 とした。

【 0 0 6 5 】

50

〔比較例 5〕

正極のビード幅を 1.20 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μ m とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.80 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μ m とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0066】

〔比較例 6〕

正極のビード幅を 0.40 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.25 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μ m とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.38 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.20 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μ m とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0067】

〔比較例 7〕

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 30 μ m とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 3 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 30 μ m とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0068】

〔比較例 8〕

正極のビード幅を 0.10 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.05 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μ m とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 2 とし、負極のビード幅を 0.06 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.03 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μ m とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 2 とした。

【0069】

〔比較例 9〕

正極のビード幅を 0.02 mm とし、正極集電板 24 の厚さを 0.15 mm とし、正極の活物質非被覆部 21C の厚さを 10 μ m とし、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m を 0 とし、負極のビード幅を 0.02 mm とし、負極集電板 25 の厚さを 0.08 mm とし、負極の活物質非被覆部 22C の厚さを 10 μ m とし、負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n を 0 とした。

【0070】

〔評価〕

上記の実施例及び比較例について、穴あき面積比率と電池の内部抵抗と活物質非被覆部の重なり枚数を求めた。レーザー溶接を行った後に、顕微鏡（キーエンス製レーザー顕微鏡 VK-X シリーズ）を用いて集電板を観察し、レーザー溶接痕 51 全体の面積（すなわちビード幅と溶接長 6 mm と溶接本数 6 との積であって、穴あき面積を含む面積）を求めた。次に、貫通孔があいたと認められる全ての部分の面積を合計して穴あき面積とし、レーザー溶接痕 51 全体の面積に対する比率（％）を算出した。正極集電板 24 と正極の活物質非被覆部 21C とをレーザー溶接した結果から求めた穴あき面積比率を正極の穴あき面積比率と称し、負極集電板 25 と負極の活物質非被覆部 22C とをレーザー溶接した結果から求めた穴あき面積比率を負極の穴あき面積比率と称した。

電池の内部抵抗は、直流抵抗（DCR）の値であり、放電電流を 5 秒間で 0 A から 100 A まで上昇させたときの電圧値の傾きを算出したものである。電池の内部抵抗が、10.5 m Ω 以下である例を判定が OK であるとし、10.5 m Ω より大きい例を判定が NG であるとした。結果を表 1 に示す。

【0071】

【表 1】

	正極の ビード幅 (mm)	正極 集電板の 厚さ (mm)	正極の 活物質非 被覆部の 厚さ(μm)	正極側で の重なり 枚数m	正極の 穴あき 面積比率 (%)	負極の ビード幅 (mm)	負極 集電板の 厚さ (mm)	負極の 活物質非 被覆部の 厚さ(μm)	負極側で の重なり 枚数n	負極の 穴あき 面積比率 (%)	電池の 内部抵抗 (mΩ)	判定
実施例 1	0.10	0.15	10	3	0	0.06	0.08	10	2	0	9.06	OK
実施例 2	0.05	0.15	10	2	0	0.03	0.08	10	2	0	9.24	OK
実施例 3	0.18	0.15	10	2	0	0.12	0.08	10	2	0	8.91	OK
実施例 4	0.10	0.07	10	2	0	0.06	0.05	10	2	0	9.55	OK
実施例 5	0.10	0.20	10	2	0	0.06	0.15	10	2	0	8.86	OK
実施例 6	0.10	0.15	5	2	0	0.06	0.08	6	2	0	9.10	OK
実施例 7	0.10	0.15	20	2	0	0.06	0.08	20	2	0	9.23	OK
実施例 8	0.18	0.12	15	2	0	0.10	0.07	12	3	0	9.36	OK
実施例 9	0.05	0.07	12	2	0	0.03	0.05	8	3	0	10.28	OK
比較例 1	0.10	0.15	10	1	38	0.10	0.08	10	1	24	12.90	NG
比較例 2	0.25	0.15	10	2	26	0.21	0.08	10	3	17	10.62	NG
比較例 3	0.46	0.15	10	3	36	0.41	0.08	10	2	27	11.55	NG
比較例 4	0.69	0.15	10	2	49	0.63	0.08	10	3	33	15.34	NG
比較例 5	1.20	0.15	10	2	40	0.80	0.08	10	2	39	20.18	NG
比較例 6	0.40	0.25	10	2	22	0.38	0.20	10	2	34	13.84	NG
比較例 7	0.10	0.15	30	3	44	0.06	0.08	30	2	62	10.96	NG
比較例 8	0.10	0.05	10	2	0	0.06	0.03	10	2	0	12.44	NG
比較例 9	0.02	0.15	10	0	0	0.02	0.08	10	0	0	25.12	NG

【0072】

実施例 1 から実施例 9 では、正極の穴あき面積比率と負極の穴あき面積比率が 0 % であり、電池の内部抵抗が 10.5 mΩ 以下であった（判定が OK）のに対し、比較例 1 から比較例 7 では、正極の穴あき面積比率と負極の穴あき面積比率が 0 % とならず、電池の内部抵抗が 10.5 mΩ より大きかった（判定が NG）。比較例 8 と比較例 9 では穴あき面積比率が 0 % となったが、電池の内部抵抗が 10.5 mΩ より大きかった（判定が NG）。

【0073】

比較例 1 では、図 7 に示されるように、活物質非被覆部の重なり枚数が 1 であり、折り

曲げられた活物質非被覆部 21C, 22C の間に隙間があるから、穴あきやスパッタが発生したと考えられる。比較例 2 から比較例 6 では、図 8 に示されるように、穴あき 53 が発生した。図 8 はレーザー溶接痕の位置を説明する為に、集電板を通して巻回体の端面および溝を透視するように表現した模式図である。図 8 の黒色の太実線部で示される部分はレーザー溶接痕 51 であり、白色の部分はレーザー溶接によってできた穴あき 53 の部分である。これは、溶接エネルギーが大きすぎるためと考えられる。比較例 7 では、レーザー溶接をした結果、穴あき 53 が発生した。これは、活物質非被覆部 21C, 22C の厚さが大きすぎるためと考えられる。比較例 8 では、正極の穴あき面積比率と負極の穴あき面積比率が 0% であるが、電池の内部抵抗は 10.5 mΩ より大きかった。これは、集電板 24, 25 の厚さが比較的小さいからと考えられる。比較例 9 では、レーザー溶接を試みたが未溶接となった。これは、溶接エネルギーが比較的小さいためと考えられる。

10

【0074】

実施例 1 から実施例 9 では、レーザー溶接に成功した。実施例 1 から実施例 9 の正極のビード幅は 0.05 mm 以上 0.18 mm 以下であり、正極集電板 24 の厚さは 0.07 mm 以上 0.20 mm 以下であり、負極のビード幅は 0.03 mm 以上 0.12 mm 以下であり、負極集電板 25 の厚さは 0.05 mm 以上 0.15 mm 以下であり、正極側での活物質非被覆部の重なり枚数 m と負極側での活物質非被覆部の重なり枚数 n はそれぞれ 2 以上であった。実施例 1 から実施例 9 の正極の活物質非被覆部 21C の厚さは 5 μm 以上 20 μm 以下であり、負極の活物質非被覆部 22C の厚さは 6 μm 以上 20 μm 以下であった。このとき、電池 1 の内部抵抗は全て 10.5 mΩ 以下であった。

20

【0075】

< 2. 変形例 >

以上、本発明の一実施の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の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。

【0076】

一実施の形態では、図 5 に示されるように、隣り合う溝 43 の間ごとに 1 本ずつのレーザー溶接痕を配置したが、図 9 に示されるように、隣り合う溝 43 の間ごとに複数本のレーザー溶接痕を配置してもよい。図 9 はレーザー溶接痕の位置を説明する為に、集電板を通して巻回体の端面および溝を透視するように表現した模式図である。図 8 の黒色の太実線部で示される部分はレーザー溶接痕 51 である。この場合、レーザー溶接痕の面積がより増えるので、電池の内部抵抗がより低くなる。

30

【0077】

実施例及び比較例では、溝 43 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 21700 (直径 21 mm、高さ 70 mm) としていたが、18650 (直径 18 mm、高さ 65 mm) やこれら以外のサイズであってもよい。

正極集電板 24 と負極集電板 25 は、扇形の形状をした板状部 31, 33 を備えていたが、それ以外の形状であってもよい。

【0078】

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、楕円形状や扁平形状なども採り得る。

40

【0079】

< 3. 応用例 >

(1) 電池パック

図 10 は、本発明の実施形態又は実施例にかかる電池 1 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、充電制御スイッチ 302a と、放電制御スイッチ 303a、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。制御部 310 は各デバ

50

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３００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３００の正極端子３２１及び負極端子３２２は、充電器や電子機器に接続され、充放電が行われる。

【００８０】

組電池３０１は、複数の二次電池３０１ａを直列及び／又は並列に接続してなる。図１０では、６つの二次電池３０１ａが、２並列３直列（２Ｐ３Ｓ）に接続された場合が例として示されている。

【００８１】

温度検出部３１８は、温度検出素子３０８（例えばサーミスタ）と接続されており、組電池３０１又は電池パック３００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及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。

【００８２】

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４．２０Ｖ±０．０５Ｖ）以上若しくは過放電検出電圧（２．４Ｖ±０．１Ｖ）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。

【００８３】

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１０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。

【００８４】

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。

【００８５】

（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電池１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。

【００８６】

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、電動式無人航空機も、広義では電子機器に含まれ得る。

【００８７】

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。

【００８８】

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。

【００８９】

（３）電動工具

図１１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

10

20

30

40

50

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、本発明に係る電池パック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、本発明の電池１を適用できる。

【００９０】

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。

10

【００９１】

（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１２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。

【００９２】

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６０３（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、本発明の電池パック３００、又は本発明の電池１を複数搭載した蓄電モジュールが適用され得る。

20

【００９３】

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。

30

【００９４】

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。

【００９５】

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。

40

【００９６】

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】

【００９７】

１・・・リチウムイオン電池、１２・・・絶縁板、２１・・・正極、２１Ａ・・・正極箔、２１Ｂ・・・正極活物質被覆部、２１Ｃ・・・正極の活物質非被覆部、２２・・・負極

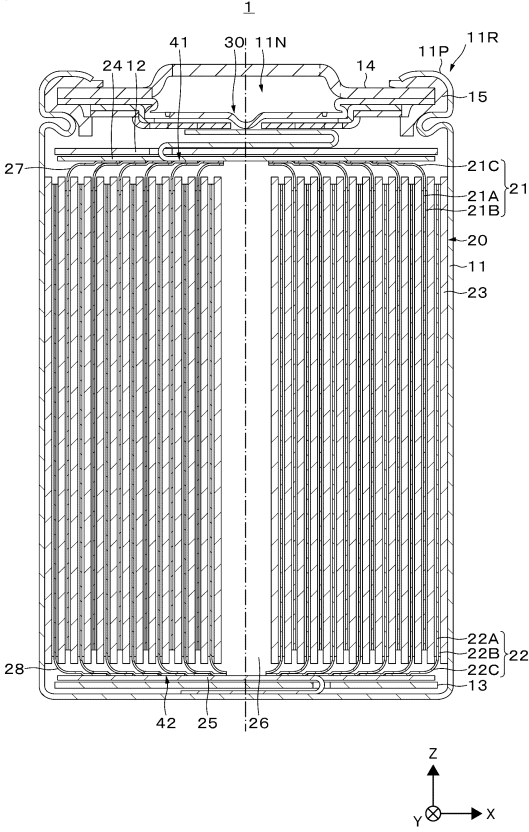
50

， 2 2 A . . . 負極箔， 2 2 B . . . 負極活物質被覆部， 2 2 C . . . 負極の活物質非被覆部， 2 3 . . . セパレータ， 2 4 . . . 正極集電板， 2 5 . . . 負極集電板， 2 6 . . . 貫通孔， 2 7， 2 8 . . . 外縁部， 4 1， 4 2 . . . 端面， 4 3 . . . 溝， 5 1 . . . レーザー溶接痕

【図面】

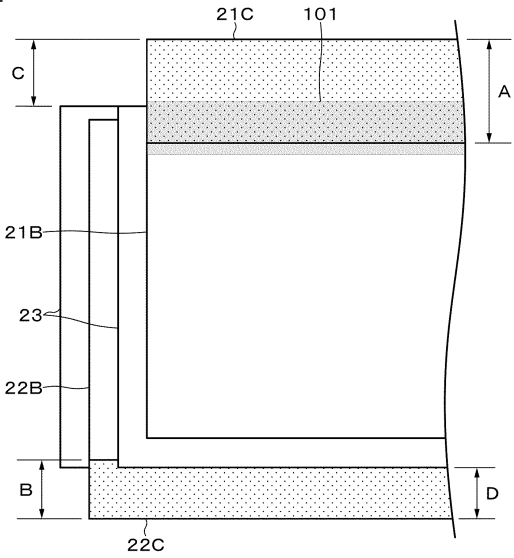
【図 1】

図1



【図 2】

図2



10

20

30

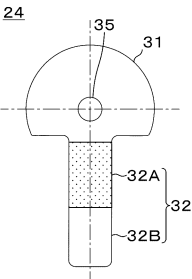
40

50

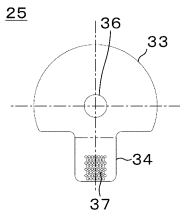
【図 3】

図3

A

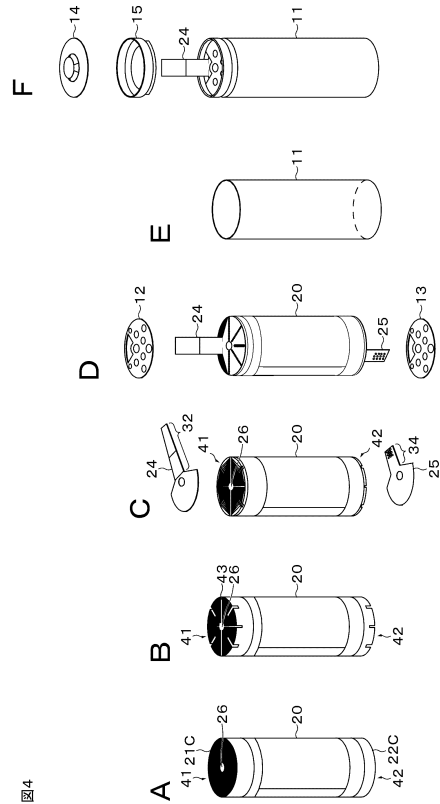


B



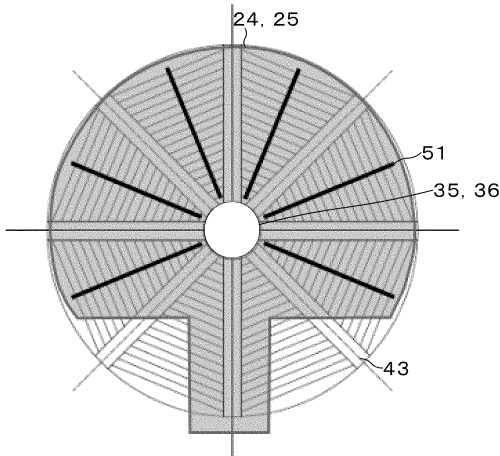
【図 4】

図4



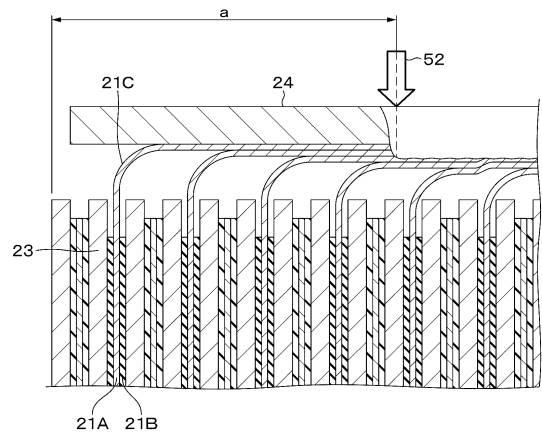
【図 5】

図5



【図 6】

図6



10

20

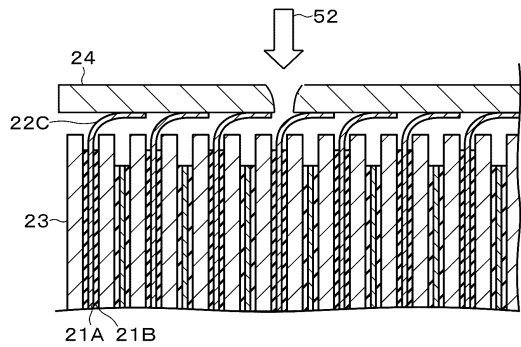
30

40

50

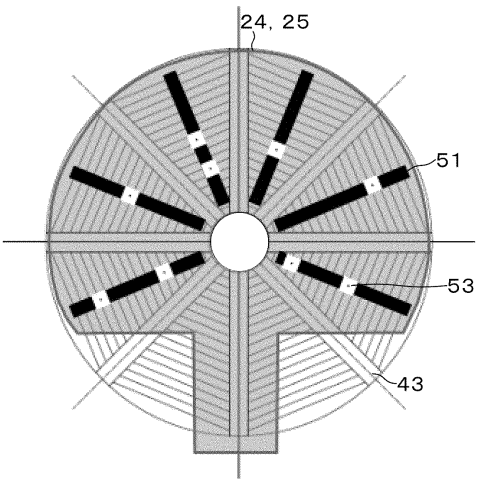
【図 7】

図7



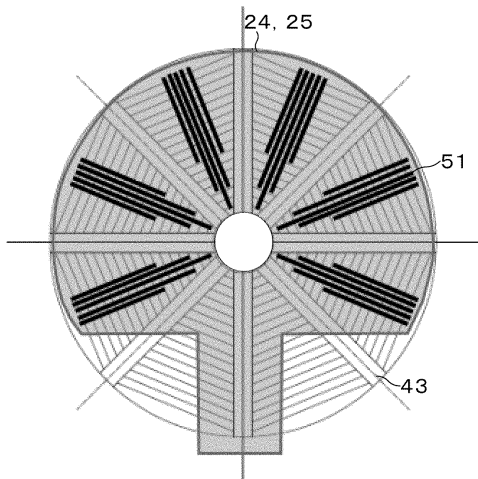
【図 8】

図8



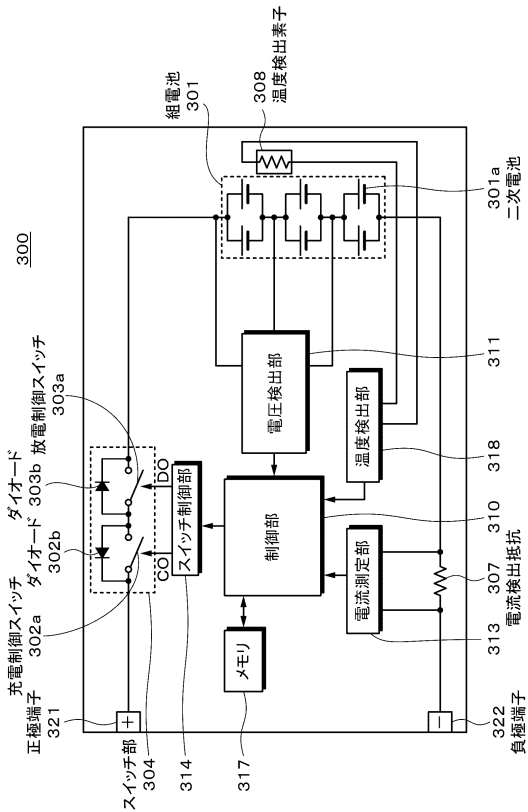
【図 9】

図9



【図 10】

図10



10

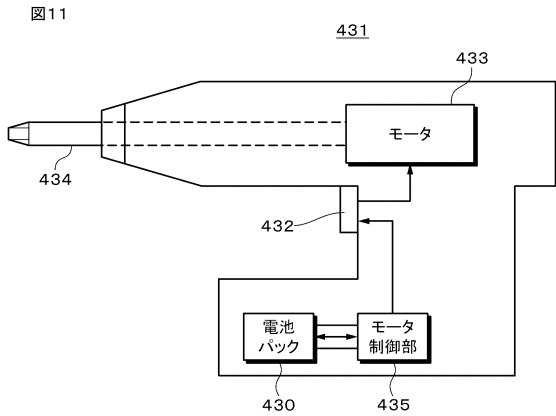
20

30

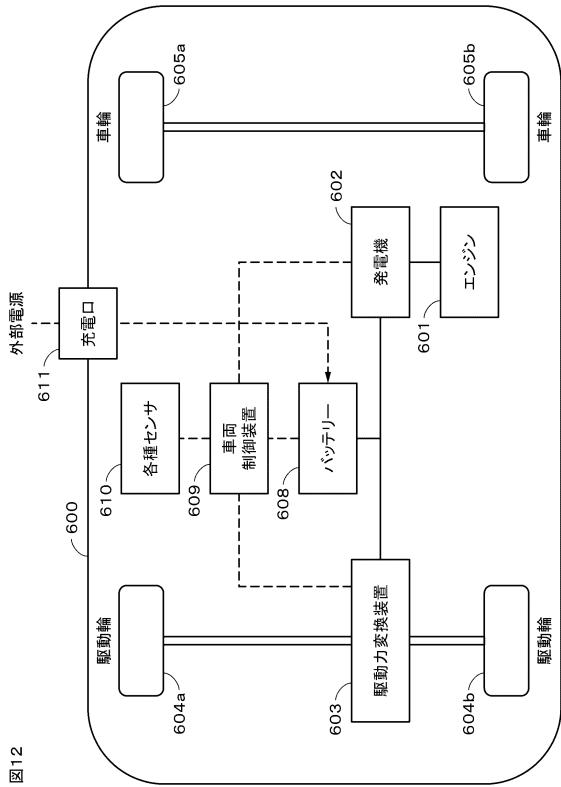
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (51)国際特許分類

H 0 1 M

4/64

(2006.01)

F I

H 0 1 M

4/64

A
- (56)参考文献

特開 2 0 0 8 - 1 6 6 0 3 0 (J P , A)

特開 2 0 1 5 - 1 0 6 6 1 4 (J P , A)

特表 2 0 1 6 - 5 3 2 9 9 0 (J P , A)

国際公開第 2 0 2 1 / 0 2 0 2 7 7 (W O , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 M 5 0 / 1 0 - 5 0 / 1 9 8

H 0 1 M 5 0 / 5 0 - 5 0 / 5 9 8