

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7670068号
(P7670068)

(45)発行日 令和7年4月30日(2025.4.30)

(24)登録日 令和7年4月21日(2025.4.21)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 M	50/342 (2021.01)	H 0 1 M	50/342	1 0 1
H 0 1 M	10/04 (2006.01)	H 0 1 M	10/04	W
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	
H 0 1 M	50/107 (2021.01)	H 0 1 M	50/107	
請求項の数 11 (全30頁) 最終頁に続く				
(21)出願番号	特願2022-573951(P2022-573951)	(73)特許権者	000006231	
(86)(22)出願日	令和3年12月7日(2021.12.7)		株式会社村田製作所	
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/044938		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号	
(87)国際公開番号	WO2022/149392	(74)代理人	110002147	
(87)国際公開日	令和4年7月14日(2022.7.14)		弁理士法人酒井国際特許事務所	
審査請求日	令和5年4月27日(2023.4.27)	(74)代理人	110001357	
(31)優先権主張番号	特願2021-1085(P2021-1085)		弁理士法人つばさ国際特許事務所	
(32)優先日	令和3年1月6日(2021.1.6)	(72)発明者	奥野 盛朗	
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		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	
		(72)発明者	堀越 吉一	
			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	
		(72)発明者	葛本 泰地	
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号	
			最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 電池

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

外径および高さを有する外装部材と、
前記外装部材の内部に収納された電池素子と、
絶縁性の封止部材と、
前記封止部材を介して前記外装部材により支持された端子部材と、
前記端子部材と前記電池素子とを電氣的に接続するリード部材と、
を備え、
前記高さに対する前記外径の比は、0.1以上0.6以下であり、
前記外装部材は、
開口部を有すると共に、前記電池素子を内部に収納する収納部材と、
前記収納部材に溶接され、前記開口部を閉塞すると共に貫通口を有する蓋部材と
を含み、
前記端子部材は、前記封止部材を介して前記蓋部材に固定され、前記貫通口を遮蔽して
おり、
前記リード部材は、前記貫通口を通り、前記端子部材に直接接続され、
前記蓋部材に対する前記端子部材の固定強度は、前記収納部材に対する前記蓋部材の溶
接強度よりも小さい、
電池。

【請求項2】

前記貫通口の内径に対する前記端子部材の外径の比は、 1.13 以上 3.37 以下である、

請求項 1 に記載の電池。

【請求項 3】

前記端子部材は、前記蓋部材の外側に配置されている、

請求項 1 または請求項 2 に記載の電池。

【請求項 4】

前記封止部材は、 130 以上 250 以下の融点を有するポリプロピレンを含む、

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 5】

前記電池素子は、互いに対向しながら巻回されている正極および負極を含むと共に、前記正極および前記負極が巻回されている中心に巻回中心空間を有し、

前記貫通口は、前記巻回中心空間のうちの少なくとも一部と重なる位置に配置されている、

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 6】

前記貫通口の内径は、前記巻回中心空間の内径よりも大きい、

請求項 5 に記載の電池。

【請求項 7】

さらに、前記電池素子と前記端子部材とを互いに接続させる配線部材を備え、

前記配線部材は、前記電池素子と前記端子部材との間において 1 回以上折り返されている、

請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 8】

前記蓋部材は、窪み部を有し、

前記窪み部では、前記蓋部材が前記収納部材の内部に向かって部分的に突出するように折れ曲がっており、

前記端子部材は、前記窪み部の内部に配置されている、

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 9】

前記電池素子は、正極および負極を含み、

前記正極および前記負極のうちの一方は、前記端子部材に電氣的に接続されており、

前記正極および前記負極のうちの他方は、前記外装部材に電氣的に接続されている、

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 10】

円筒型の電池である、

請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか 1 項に記載の電池。

【請求項 11】

リチウムイオン二次電池である、

請求項 1 ないし請求項 10 のいずれか 1 項に記載の電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、電池に関する。

【背景技術】

【0002】

電子機器を使用するための電源として電池の開発が進められており、その電池は外装缶の内部に電池素子を備えている。この電池の構成に関しては、各種特性を改善するために様々な検討がなされている。

【0003】

10

20

30

40

50

具体的には、体積エネルギー密度を向上させるために、ケース本体に蓋部材が溶接された溶接封止タイプの外装ケースが用いられていると共に、そのケース本体の底面に平板状電極端子部材がシール部材を介して固定されている（例えば、特許文献 1 参照。 ）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 1 9 - 0 4 6 6 3 9 号公報

【発明の概要】

【 0 0 0 5 】

電池の構成に関する様々な検討がなされているが、その電池の電池容量特性および安全性は未だ十分でないため、改善の余地がある。

10

【 0 0 0 6 】

よって、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることが可能である電池が望まれている。

【 0 0 0 7 】

本技術の一実施形態の電池は、外径および高さを有する外装部材と、その外装部材の内部に収納された電池素子と、絶縁性の封止部材と、その封止部材を介して外装部材により支持された端子部材とを備えたものである。高さに対する外径の比は、0 . 1 以上 1 未満である。外装部材は、開口部を有すると共に電池素子を内部に収納する収納部材と、その収納部材に溶接され、開口部を閉塞すると共に貫通口を有する蓋部材とを含む。端子部材は、封止部材を介して蓋部材に固定され、貫通口を遮蔽している。蓋部材に対する端子部材の固定強度は、収納部材に対する蓋部材の溶接強度よりも小さい。

20

【 0 0 0 8 】

本技術の一実施形態の電池によれば、高さに対する外径の比が 0 . 1 以上 1 未満である外装部材の内部に電池素子が収納されており、その外装部材では貫通口を有する蓋部材が収納部材に溶接されており、その蓋部材に絶縁性の封止部材を介して端子部材が固定されており、その蓋部材に対する端子部材の固定強度が収納部材に対する蓋部材の溶接強度よりも小さいので、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることができる。

【 0 0 0 9 】

なお、本技術の効果は、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、後述する本技術に関連する一連の効果のうちのいずれの効果でもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本技術の一実施形態における電池の一例である二次電池の構成を表す断面図である。

【図 2】図 1 に示した電池素子の構成を表す断面図である。

【図 3】二次電池の動作を説明するための断面図である。

【図 4】二次電池の製造工程を説明するための断面図である。

【図 5】第 1 比較例の二次電池の構成を表す断面図である。

【図 6】第 2 比較例の二次電池の構成を表す断面図である。

40

【図 7】変形例 1 の二次電池の構成を表す断面図である。

【図 8】変形例 2 の二次電池の構成を表す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本技術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 . 電池

1 - 1 . 構成

1 - 2 . 動作

1 - 3 . 製造方法

50

1 - 4 . 作用および効果

2 . 変形例

【 0 0 1 2 】

< 1 . 電池 >

まず、本技術の一実施形態の電池に関して説明する。

【 0 0 1 3 】

ここで説明する電池は、電極反応を用いて電池容量を発生させる電気化学デバイスであり、電子機器を使用するための電源として用いられる。この電池は、一次電池でもよいし、二次電池でもよい。また、一次電池の放電原理は、特に限定されないと共に、二次電池の充放電原理は、特に限定されない。

10

【 0 0 1 4 】

以下では、電池の一例として、電極反応として電極反応物質の吸蔵放出（充放電反応）を利用して電池容量が得られる二次電池に関して説明する。この二次電池は、正極および負極と共に、液状の電解質である電解液を備えている。

【 0 0 1 5 】

ただし、以下で説明する二次電池では、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。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である。

【 0 0 1 6 】

20

電極反応物質の種類は、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。

【 0 0 1 7 】

ここでは、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。

【 0 0 1 8 】

< 1 - 1 . 構成 >

30

図 1 は、電池の一例である二次電池の断面構成を表していると共に、図 2 は、図 1 に示した電池素子 40 の断面構成を表している。ただし、図 2 では、電池素子 40 の一部だけを示している。

【 0 0 1 9 】

以下では、便宜上、図 1 中の上側を二次電池の上側として説明すると共に、図 1 中の下側を二次電池の下側として説明する。

【 0 0 2 0 】

この二次電池は、図 1 に示したように、外径 D および高さ H を有する筒状の立体的形状を有している。この外径 D は、図 1 中における横方向の寸法であり、いわゆる最大外径であると共に、高さ H は、図 1 中における縦方向の寸法であり、いわゆる最大高さである。

40

【 0 0 2 1 】

ここでは、二次電池は、互いに対向する 2 つの円形の底部を有しているため、円筒状の立体的形状を有している。すなわち、図 1 に示した二次電池は、いわゆる円筒型の二次電池である。

【 0 0 2 2 】

この二次電池は、上記したように、円筒状の立体的形状を有しているため、高さ H に対する外径 D の比（アスペクト比 = 外径 D / 高さ H）は、0.1 以上 1 未満である。アスペクト比が 1 である場合と比較して、電池素子 40 を収納可能である二次電池の内部の容積が増加するため、高い体積エネルギー密度が得られるからである。また、アスペクト比が 0.1 未満である場合と比較して、後述するように、電極端子 20 が開放弁として機能し

50

やすくなるからである。

【 0 0 2 3 】

アスペクト比は、0.1以上1未満であれば、特に限定されない。中でも、アスペクト比は、0.1以上0.6以下であることが好ましく、0.1以上0.5未満であることがより好ましい。二次電池の内部の容積がより増加するため、体積エネルギー密度がより増加するからである。

【 0 0 2 4 】

具体的には、二次電池は、図1および図2に示したように、外装缶10と、電極端子20と、ガスケット30と、電池素子40と、正極リード50と、負極リード60と、一對の絶縁板71, 72と、シーラント73とを備えている。

10

【 0 0 2 5 】

[外装缶]

外装缶10は、図1に示したように、電池素子40などを収納する外装部材であり、外径Dおよび高さHを有する円筒状の立体的形状を有している。すなわち、二次電池の立体的形状は、実質的に、外装缶10の立体的形状に基づいて決定されている。外径Dおよび高さHにより規定されるアスペクト比に関する詳細は、上記した通りである。

【 0 0 2 6 】

この外装缶10は、互いに溶接された収納部11および蓋部12を含んでおり、その収納部11は、蓋部12により封止されている。

【 0 0 2 7 】

20

収納部11は、電池素子40などを内部に収納する収納部材であり、一端部が開放されていると共に他端部が閉塞されている中空の円筒状の立体的形状を有している。これにより、収納部11は、開放されている一端部である開口部11Kを有している。

【 0 0 2 8 】

蓋部12は、開口部11Kを閉塞する蓋部材であり、略板状の立体的形状を有している。この蓋部12は、電極端子20と電池素子40とを互いに接続させるために貫通口12Kを有しており、上記したように、開口部11Kを閉塞するために収納部11に溶接されている。なお、蓋部12は、後述するように、ガスケット30を介して電極端子20を支持している。

【 0 0 2 9 】

30

貫通口12Kの内径(最大内径)は、特に限定されないが、中でも、後述する巻回中心空間40Sの内径(最大内径)よりも大きいことが好ましい。貫通口12Kにおける電極端子20の露出面積が増加するからである。これにより、外装缶10の内圧が過度に上昇した際に、その内圧に応じて電極端子20が貫通口12Kにおいて外側に向かって押されやすくなるため、後述するように、その電極端子20が開放弁としての機能を発揮しやすくなる。また、電極端子20に対する正極リード50の接続面積が増加するため、その電極端子20と正極リード50との電氣的な接続状態が担保されやすくなる。

【 0 0 3 0 】

一例を挙げると、貫通口12Kの内径は、1mm以上であることが好ましい。上記した利点を得られる上、溶接法などを用いて正極リード50が電極端子20に接続されやすくなるからである。

40

【 0 0 3 1 】

ここでは、収納部11の内部(下方)に向かって蓋部12が部分的に突出するように折れ曲がっているため、その蓋部12が部分的に窪んでいる。すなわち、蓋部12の一部は、その蓋部12の中心に向かって段差を形成するように折れ曲がっているため、その蓋部12は、窪み部12Uを有している。上記した貫通口12Kは、窪み部12Uの内部において蓋部12に設けられている。

【 0 0 3 2 】

ここで、外装缶10は、2つの部材(収納部11および蓋部12)が互いに溶接されている缶であり、いわゆる溶接缶である。これにより、溶接後の外装缶10は、全体として

50

物理的に１個の部材であるため、事後的には２個の部材（収納部１１および蓋部１２）に容易に分離できない状態である。

【００３３】

溶接缶である外装缶１０は、互いに折り重なった部分を有していないと共に、２つ以上の部材が互いに重なった部分を有していない。

【００３４】

「互いに折り重なった部分を有していない」とは、その外装缶１０の一部が互いに折り重なるように加工（折り曲げ加工）されていないことを意味している。また、「２つ以上の部材が互いに重なった部分を有していない」とは、二次電池の完成後において外装缶１０が物理的に１個の部材であるため、その外装缶１０が２つ以上の部材に容易に分離できないことを意味している。すなわち、完成後の二次電池における外装缶１０の状態は、事後的に容易に分離できるように２つ以上の部材が互いに重なりながら組み合わされている状態でない。

【００３５】

溶接缶である外装缶１０は、加締め加工を用いて形成された加締め缶（いわゆるクリンプ缶）とは異なる缶であり、いわゆるクリンプレス缶である。外装缶１０の内部において素子空間体積が増加するため、体積当たりのエネルギー密度が増加するからである。この「素子空間体積」とは、電池素子４０を収納するために利用可能である外装缶１０の内部空間の体積（有効体積）である。

【００３６】

外装缶１０が溶接缶（クリンプレス缶）であるのは、後述する外装缶８０が加締め缶（クリンプ缶）である場合（図５参照）と比較して、安全弁機構９２およびＰＴＣ素子９３などの一連の構成部品（特殊な機構および素子）が不要になるからである。これにより、二次電池の高さＨを一定とした場合において、上記した特殊な機構および素子が不要になる分だけ素子空間体積が増加するため、体積当たりのエネルギー密度が増加する。

【００３７】

この外装缶１０（収納部１１および蓋部１２）は、導電性を有している。ここでは、外装缶１０のうちの収納部１１は、電池素子４０のうちの後述する負極４２に負極リード６０を介して接続されている。これにより、外装缶１０は、負極４２に電氣的に接続されているため、その負極４２の外部接続用端子として機能する。二次電池が外装缶１０とは別個に負極４２の外部接続用端子を備えていなくてもよい、その負極４２の外部接続用端子の存在に起因した素子空間体積の減少が抑制されるからである。これにより、素子空間体積が増加するため、単位体積当たりのエネルギー密度が増加する。

【００３８】

具体的には、外装缶１０は、金属材料および合金材料などの導電性材料のうちのいずれか１種類または２種類以上を含んでおり、その導電性材料は、鉄、ステンレス（ＳＵＳ）、アルミニウムおよびアルミニウム合金などである。外装缶１０の表面には、ニッケルなどの金属材料が鍍金されていてもよい。ただし、収納部１１の材質と蓋部１２の材質とは、互いに同じでもよいし、互いに異なってもよい。

【００３９】

なお、蓋部１２は、電池素子４０のうちの後述する正極４１の外部接続用端子として機能する電極端子２０からガスケット３０を介して絶縁されている。外装缶１０（負極４２の外部接続用端子）と電極端子２０（正極４１の外部接続用端子）との接触（短絡）が防止されるからである。

【００４０】

[電極端子]

電極端子２０は、二次電池が電子機器に搭載される際に、その電子機器に接続される板状の端子部材であり、図１に示したように、ガスケット３０を介して外装缶１０（蓋部１２）により支持されている。すなわち、電極端子２０は、ガスケット３０を介して蓋部１２から絶縁されながら、その蓋部１２により支持されている。

【 0 0 4 1 】

これにより、電極端子 2 0 は、ガスケット 3 0 を介して蓋部 1 2 に固定されている。また、電極端子 2 0 は、貫通口 1 2 K を遮蔽しているため、その電極端子 2 0 の一部は、貫通口 1 2 K において露出している。

【 0 0 4 2 】

ここでは、電極端子 2 0 は、上記したように、正極リード 5 0 を介して正極 4 1 に接続されている。これにより、電極端子 2 0 は、正極 4 1 に電氣的に接続されているため、その正極 4 1 の外部接続用端子として機能する。よって、二次電池の使用時には、電極端子 2 0 (正極 4 1 の外部接続用端子) および外装缶 1 0 (負極 4 2 の外部接続用端子) を介して二次電池が電子機器に接続されるため、その電子機器が二次電池を電源として用いて動作可能になる。

10

【 0 0 4 3 】

また、電極端子 2 0 は、外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇した際に、その内圧を開放するための開放弁として機能する。この内圧が上昇する要因は、充放電時における電解液の分解反応に起因したガスの発生などであると共に、その電解液の分解反応を促進させる要因は、二次電池の内部短絡、二次電池の加熱および大電流条件による二次電池の放電などである。

【 0 0 4 4 】

具体的には、正常時には、電極端子 2 0 がガスケット 3 0 を介して蓋部 1 2 に固定されているため、貫通口 1 2 K が電極端子 2 0 により遮蔽されている。これにより、外装缶 1 0 が密閉されているため、その外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 が封入されている。

20

【 0 0 4 5 】

一方、異常発生時、すなわち外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇した際には、貫通口 1 2 K における電極端子 2 0 の露出面が内圧に応じて外側(上側)に向かって強く押される。この場合には、蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度(いわゆるシール強度)を内圧が上回ると、その電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から部分的または全体的に分離される。これにより、蓋部 1 2 と電極端子 2 0 との間に隙間(内圧の開放経路)が形成されるため、その隙間を利用して内圧が開放される。

【 0 0 4 6 】

この電極端子 2 0 は、ガスケット 3 0 を介して窪み部 1 2 U の内部に配置されているため、上記したように、そのガスケット 3 0 を介して蓋部 1 2 から絶縁されている。ここでは、電極端子 2 0 は、蓋部 1 2 よりも上方に突出しないように窪み部 1 2 U の内部に収納されている。電極端子 2 0 が蓋部 1 2 よりも上方に突出している場合と比較して、二次電池の高さ H が小さくなるため、体積当たりのエネルギー密度が増加するからである。

30

【 0 0 4 7 】

また、電極端子 2 0 は、蓋部 1 2 の外側に配置されているため、上記したように、窪み部 1 2 U の内部に配置されている。電極端子 2 0 が蓋部 1 2 の内側に配置されている場合と比較して、外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇した際に、その内圧に応じて電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から分離されやすくなるため、その内圧が解放されやすくなるからである。

【 0 0 4 8 】

なお、電極端子 2 0 の外径は、窪み部 1 2 U の内径よりも小さくなっているため、その電極端子 2 0 は、周囲において蓋部 1 2 から離隔されている。これにより、ガスケット 3 0 は、窪み部 1 2 U の内部において電極端子 2 0 と蓋部 1 2 との間の隙間に配置されており、より具体的には、ガスケット 3 0 が存在しなければ電極端子 2 0 と蓋部 1 2 とが互いに接触し得る箇所に配置されている。

40

【 0 0 4 9 】

また、電極端子 2 0 は、金属材料および合金材料などの導電性材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでおり、その導電性材料は、アルミニウムおよびアルミニウム合金などである。ただし、電極端子 2 0 は、クラッド材料により形成されていてもよい。このクラッド材料は、ガスケット 3 0 に近い側から順にアルミニウム層およびニッケル

50

層を含んでおり、そのクラッド材料では、アルミニウム層とニッケル層とが互いに圧延接合されている。

【 0 0 5 0 】

ここで、上記したように、蓋部 1 2 は収納部 1 1 に溶接されているのに対して、電極端子 2 0 はガスケット 3 0 を介して蓋部 1 2 に固定されている。この場合において、蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度は、収納部 1 1 に対する蓋部 1 2 の溶接強度よりも小さくなっている。言い換えれば、電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から分離される際の圧力である電極端子 2 0 の開封圧 (kgf/cm^2) は、その蓋部 1 2 が収納部 1 1 から分離される際の圧力である外装缶 1 0 の開封圧 (kgf/cm^2) よりも小さくなっている。

【 0 0 5 1 】

外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇した際に、蓋部 1 2 が収納部 1 1 から分離される前に、電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から分離されやすくなるからである。これにより、二次電池 (外装缶 1 0) が破裂する前に電極端子 2 0 が開放弁としての機能を発揮しやすくなるため、意図せずに外装缶 1 0 の内部から外部に高温の電池素子 4 0 が放出されることは防止される。

【 0 0 5 2 】

この場合には、特に、アスペクト比が 0 . 1 以上であると、そのアスペクト比が 0 . 1 未満である場合とは異なり、内圧の上昇時において電極端子 2 0 の露出面が外側に向かって十分に押されやすくなるため、その電極端子 2 0 が開放弁として安定に機能しやすくなる。

【 0 0 5 3 】

蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度は、ガスケット 3 0 の材質および蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定面積などの条件に基づいて調整可能である。一方、収納部 1 1 に対する蓋部 1 2 の溶接強度は、溶接方法、溶接時間および溶接面積などの条件に基づいて調整可能である。

【 0 0 5 4 】

固定強度は、常温環境中 (温度 = 2 3) において外装缶 1 0 の内圧を測定しながら二次電池の内部を加圧することにより、特定可能である。この場合には、電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から分離された際の内圧、すなわち外装缶 1 0 が電極端子 2 0 を利用して開封される圧力 (開封圧) を特定することにより、その開封圧を固定強度とする。

【 0 0 5 5 】

溶接強度は、上記した固定強度を特定する手順と同様の手順により、特定可能である。すなわち、常温環境中において外装缶 1 0 の内圧を測定しながら二次電池の内部を加圧したのち、蓋部 1 2 が収納部 1 1 から分離される際の内圧、すなわち外装缶 1 0 が蓋部 1 2 を利用して開封される圧力 (開封圧) を特定することにより、その開封圧を溶接強度とする。

【 0 0 5 6 】

なお、貫通口 1 2 K の内径に対する電極端子 2 0 の外径の比、すなわち蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定面積を決定する固定比は、特に限定されないが、中でも、1 . 1 3 ~ 3 . 3 7 であることが好ましい。蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度に関与する連結比が適正化されるため、外装缶 1 0 および蓋部 1 2 に関する封止性と開放性とのバランスが適正化されるからである。すなわち、正常時には蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が担保されながら、異常発生時には電極端子 2 0 が開放弁として機能しやすくなる。ただし、固定比の値は、小数点第三位の値を四捨五入した値とする。

【 0 0 5 7 】

[ガスケット]

ガスケット 3 0 は、図 1 に示したように、外装缶 1 0 (蓋部 1 2) と電極端子 2 0 との間に介在している絶縁性の封止部材であり、その電極端子 2 0 は、ガスケット 3 0 を介して蓋部 1 2 に固定されている。具体的には、ガスケット 3 0 は、蓋部 1 2 および電極端子 2 0 のそれぞれに熱融着されているため、その電極端子 2 0 は、ガスケット 3 0 を利用し

10

20

30

40

50

て蓋部 12 に熱的に固定されている。ここでは、ガスケット 30 は、貫通口 12 K に対応する箇所に貫通孔を有するリング状の平面形状を有している。

【0058】

このガスケット 30 は、絶縁性の高分子化合物などの絶縁性材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでおり、その絶縁性材料の具体例は、ポリプロピレンおよびポリエチレンなどである。

【0059】

中でも、ガスケット 30 は、ポリプロピレンを含んでおり、そのポリプロピレンの融点は、130 ~ 250 であることが好ましい。ガスケット 30 の物性が適正化されるため、外装缶 10 および電極端子 20 に関する封止性と開放性とのバランスが適正化されるからである。これにより、正常時には、蓋部 12 に対する電極端子 20 の固定強度が担保されるため、外装缶 10 が封止されやすくなると共に、異常発生時には、電極端子 20 が蓋部 12 から分離されやすくなるため、その内圧が開放されやすくなる。

【0060】

なお、大電流で二次電池が放電された場合には、二次電池の温度が 80 程度まで上昇する可能性がある。そこで、外装缶 10 が破裂し得る程度まで内圧が過度に上昇していない場合、すなわち二次電池の温度が 80 程度までしか上昇していない場合において、電極端子 20 が意図せずに蓋部 12 から分離されることを防止するためには、ガスケット 30 の融点は、上記した適正な範囲であることが好ましい。

【0061】

ガスケット 30 の設置範囲は、特に限定されないため、任意に設定可能である。ここでは、ガスケット 30 は、窪み部 12 U の内部において、蓋部 12 の上面と電極端子 20 の下面との間に配置されている。

【0062】

[電池素子]

電池素子 40 は、充放電反応を進行させる発電素子であり、図 1 および図 2 に示したように、外装缶 10 の内部に収納されている。この電池素子 40 は、正極 41、負極 42 およびセパレータ 43 と共に、液状の電解質である電解液（図示せず）を含んでいる。

【0063】

ここで説明する電池素子 40 は、いわゆる巻回電極体である。すなわち、電池素子 40 では、正極 41 および負極 42 がセパレータ 43 を介して互いに積層されていると共に、その正極 41、負極 42 およびセパレータ 43 が巻回されている。

【0064】

これにより、正極 41 および負極 42 は、セパレータ 43 を介して互いに対向しながら巻回されているため、電池素子 40 は、正極 41 および負極 42 が巻回されている中心に巻回中心空間 40 S を有している。この巻回中心空間 40 S は、高さ方向において電池素子 40 を貫通する空間であり、その巻回中心空間 40 S の内部には、正極 41、負極 42 およびセパレータ 43 などが存在していない。

【0065】

巻回中心空間 40 S の内径は、特に限定されないが、中でも、貫通口 12 K の内径よりも小さいことが好ましく、できるだけ小さいことがより好ましい。二次電池の外径 D を一定とした場合において、正極 41 および負極 42 のそれぞれの巻回数が増加するため、体積当たりのエネルギー密度が増加するからである。

【0066】

この巻回中心空間 40 S は、外装缶 10 の内圧が過度に上昇した際に、貫通口 12 K を経由して電極端子 20 まで内圧を伝達させる経路として機能する。これにより、貫通口 12 K は、巻回中心空間 40 S のうちの一部または全体と重なる位置に配置されていることが好ましい。電極端子 20 まで内圧が伝達されやすくなるため、その電極端子 20 が開放弁としての機能を発揮しやすくなるからである。図 1 では、貫通口 12 K が巻回中心空間 40 S の全体と重なるように配置されている場合を示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

なお、「貫通口 1 2 K が巻回中心空間 4 0 S の全体と重なる」とは、二次電池を上方から見た際に、貫通口 1 2 K の一部と巻回中心空間 4 0 S の全体とが互いに重なるように貫通口 1 2 K および巻回中心空間 4 0 S が配置されていることを意味している。

【 0 0 6 8 】

ここでは、正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3 は、そのセパレータ 4 3 が最外周および最内周のそれぞれに配置されるように巻回されている。正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3 のそれぞれの巻回数は、特に限定されないため、任意に設定可能である。

【 0 0 6 9 】

この電池素子 4 0 は、外装缶 1 0 の立体的形状と同様の立体的形状を有しているため、円筒状の立体的形状を有している。電池素子 4 0 が外装缶 1 0 の立体的形状とは異なる立体的形状を有している場合と比較して、その外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 が収納された際にデッドスペース（外装缶 1 0 と電池素子 4 0 との間の余剰空間）が発生しにくくなるため、その外装缶 1 0 の内部空間が有効に利用されるからである。これにより、素子空間体積が増加するため、体積当たりのエネルギー密度が増加する。

【 0 0 7 0 】

（正極）

正極 4 1 は、図 2 に示したように、正極集電体 4 1 A および正極活物質層 4 1 B を含んでいる。

【 0 0 7 1 】

正極集電体 4 1 A は、正極活物質層 4 1 B が設けられる一対の面を有している。この正極集電体 4 1 A は、金属材料などの導電性材料を含んでおり、その金属材料は、アルミニウムなどである。

【 0 0 7 2 】

ここでは、正極活物質層 4 1 B は、正極集電体 4 1 A の両面に設けられており、リチウムを吸蔵放出可能である正極活物質のうちのいずれか 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 4 1 B は、正極 4 1 が負極 4 2 に対向する側において正極集電体 4 1 A の片面だけに設けられていてもよい。また、正極活物質層 4 1 B は、さらに、正極結着剤および正極導電剤などを含んでいてもよい。正極活物質層 4 1 B の形成方法は、特に限定されないが、具体的には、塗布法などである。

【 0 0 7 3 】

正極活物質は、リチウム化合物を含んでいる。このリチウム化合物は、リチウムを構成元素として含む化合物であり、より具体的には、リチウムと共に 1 種類または 2 種類以上の遷移金属元素を構成元素として含む化合物である。高いエネルギー密度が得られるからである。ただし、リチウム化合物は、さらに、他元素（リチウムおよび遷移金属元素のそれぞれ以外の元素）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。リチウム化合物の種類は、特に限定されないが、具体的には、酸化物、リン酸化合物、ケイ酸化合物およびホウ酸化合物などである。酸化物の具体例は、 LiNiO_2 、 LiCoO_2 および LiMn_2O_4 などであると共に、リン酸化合物の具体例は、 LiFePO_4 および LiMnPO_4 などである。

【 0 0 7 4 】

正極結着剤は、合成ゴムおよ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、スチレンブタジエン系ゴムなどであると共に、高分子化合物は、ポリフッ化ビニリデンなどである。正極導電剤は、炭素材料などの導電性材料のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでおり、その炭素材料は、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、導電性材料は、金属材料および高分子化合物などでもよい。

【 0 0 7 5 】

（負極）

負極 4 2 は、図 2 に示したように、負極集電体 4 2 A および負極活物質層 4 2 B を含ん

10

20

30

40

50

でいる。

【 0 0 7 6 】

負極集電体 4 2 A は、負極活物質層 4 2 B が設けられる一対の面を有している。この負極集電体 4 2 A は、金属材料などの導電性材料を含んでおり、その金属材料は、銅などである。

【 0 0 7 7 】

ここでは、負極活物質層 4 2 B は、負極集電体 4 2 A の両面に設けられており、リチウムを吸蔵放出可能である負極活物質のうちのいずれか 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 4 2 B は、負極 4 2 が正極 4 1 に対向する側において負極集電体 4 2 A の片面だけに設けられていてもよい。また、負極活物質層 4 2 B は、さらに、負極結着剤および負極導電剤などを含んでいてもよい。負極結着剤および負極導電剤のそれぞれに関する詳細は、正極結着剤および正極導電剤のそれぞれに関する詳細と同様である。負極活物質層 4 2 B の形成方法は、特に限定されないが、具体的には、塗布法、気相法、液相法、溶射法および焼成法（焼結法）などのうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上である。

【 0 0 7 8 】

負極活物質は、炭素材料および金属系材料のうちの一方または双方などを含んでいる。高いエネルギー密度が得られるからである。炭素材料は、易黒鉛化性炭素、難黒鉛化性炭素および黒鉛（天然黒鉛および人造黒鉛）などである。金属系材料は、リチウムと合金を形成可能である金属元素および半金属元素のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を構成元素として含む材料であり、その金属元素および半金属元素は、ケイ素およびスズのうちの一方または双方などである。ただし、金属系材料は、単体でもよいし、合金でもよいし、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 2 種類以上の相を含む材料でもよい。金属系材料の具体例は、 $TiSi_2$ および SiO_x （ $0 < x \leq 2$ または $0.2 < x < 1.4$ ）などである。

【 0 0 7 9 】

ここでは、負極 4 2 の高さは、正極 4 1 の高さよりも大きくなっている。この場合において、負極 4 2 は、正極 4 1 よりも上方に突出していると共に、その正極 4 1 よりも下方に突出している。正極 4 1 から放出されたリチウムが負極 4 2 の表面において析出することを防止するためである。

【 0 0 8 0 】

（セパレータ）

セパレータ 4 3 は、図 2 に示したように、正極 4 1 と負極 4 2 との間に介在している絶縁性の多孔質膜であり、その正極 4 1 と負極 4 2 との短絡を防止しながらリチウムイオンを通過させる。このセパレータ 4 3 は、ポリエチレンなどの高分子化合物を含んでいる。

【 0 0 8 1 】

ここでは、セパレータ 4 3 の高さは、負極 4 2 の高さよりも大きくなっている。この場合において、セパレータ 4 3 は、負極 4 2 よりも上方に突出していると共に、その負極 4 2 よりも下方に突出している。正極 4 1 と外装缶 1 0（収納部 1 1 および蓋部 1 2）とが互いに接触することを防止するためである。

【 0 0 8 2 】

（電解液）

電解液は、正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3 のそれぞれに含浸されており、溶媒および電解質塩を含んでいる。溶媒は、炭酸エステル系化合物、カルボン酸エステル系化合物およびラクトン系化合物などの非水溶媒（有機溶剤）のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでおり、その非水溶媒を含んでいる電解液は、いわゆる非水電解液である。電解質塩は、リチウム塩などの軽金属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。

【 0 0 8 3 】

〔正極リード〕

正極リード５０は、図１に示したように、外装缶１０の内部に収納されており、電池素子４０のうちの正極４１と電極端子２０とを互いに接続させる配線部材である。具体的には、正極リード５０は、正極４１のうちの正極集電体４１Ａに接続されていると共に、蓋部１２に設けられている貫通口１２Ｋを経由して電極端子２０に接続されている。

【００８４】

ここでは、二次電池は、１本の正極リード５０を備えている。ただし、二次電池は、２本以上の正極リード５０を備えていてもよい。正極リード５０の本数が増加すると、電池素子４０の電気抵抗が低下する。

【００８５】

正極リード５０の材質に関する詳細は、正極集電体４１Ａの材質に関する詳細と同様である。ただし、正極リード５０の材質と正極集電体４１Ａの材質とは、互いに同じでもよいし、互いに異なってもよい。

【００８６】

正極４１に対する正極リード５０の接続位置は、特に限定されないため、任意に設定可能である。すなわち、正極リード５０は、最外周において正極４１に接続されていてもよいし、最内周において正極４１に接続されていてもよいし、最外周と最内周との間の巻回途中において正極４１に接続されていてもよい。図１では、正極リード５０が最外周において正極４１に接続されている場合を示している。

【００８７】

ここでは、正極リード５０は、正極集電体４１Ａから物理的に分離されているため、その正極集電体４１Ａとは別体化されている。これにより、正極リード５０は、溶接法などを用いて正極集電体４１Ａに接続されている。ただし、正極リード５０は、正極集電体４１Ａと物理的に連続しているため、その正極集電体４１Ａと一体化されていてもよい。

【００８８】

なお、正極４１と電極端子２０との間における正極リード５０の引き回し方は、特に限定されない。中でも、正極リード５０は、正極４１と電極端子２０との間において撓んでいることが好ましく、その正極４１と電極端子２０との間の途中において１回以上折り返されていることがより好ましい。

【００８９】

すなわち、正極リード５０は、正極４１と電極端子２０との間の最短ルートにおいて正極４１から電極端子２０まで延在しているのではなく、その正極４１と電極端子２０との間の途中において最短ルートを迂回しながら正極４１から電極端子２０まで延在していることが好ましい。

【００９０】

正極リード５０の余剰部分が確保され、すなわち正極リード５０の長さに関するマージンが生じるからである。これにより、外装缶１０の内圧が過度に上昇した際に、その正極リード５０により意図せずに引っ張られることに起因して電極端子２０が蓋部１２から分離されにくくなることは抑制されるため、その電極端子２０が開放弁としての機能を発揮しやすくなる。図１では、正極リード５０が正極４１と電極端子２０との間の途中において１回だけ折り返されている場合を示している。ここでは、正極リード５０は、巻回中心空間４０Ｓを越えた位置まで延在したのち、電極端子２０に接続されるために折り返されている。

【００９１】

[負極リード]

負極リード６０は、図１に示したように、外装缶１０の内部に収納されており、電池素子４０のうちの負極４２と外装缶１０と互いに接続させる部材である。具体的には、すなわち、負極リード６０は、負極４２のうちの負極集電体４２Ａに接続されていると共に、外装缶１０のうちの収納部１１に接続されている。

【００９２】

ここでは、二次電池は、１本の負極リード６０を備えている。ただし、二次電池は、２

10

20

30

40

50

本以上の負極リード 6 0 を備えていてもよい。負極リード 6 0 の本数が増加すると、電池素子 4 0 の電気抵抗が低下する。

【 0 0 9 3 】

負極リード 6 0 の材質に関する詳細は、負極集電体 4 2 A の材質に関する詳細と同様である。ただし、負極リード 6 0 の材質と負極集電体 4 2 A の材質とは、互いに同じでもよいし、互いに異なってもよい。

【 0 0 9 4 】

負極 4 2 に対する負極リード 6 0 の接続位置は、特に限定されないため、任意に設定可能である。すなわち、負極リード 6 0 は、最外周において負極 4 2 に接続されていてもよいし、最内周において負極 4 2 に接続されていてもよいし、最外周と最内周との間の巻回途中において負極 4 2 に接続されていてもよい。図 1 では、負極リード 6 0 が最外周において負極 4 2 に接続されている場合を示している。

【 0 0 9 5 】

ここでは、負極リード 6 0 は、負極集電体 4 2 A から物理的に分離されているため、その負極集電体 4 2 A とは別体化されている。これにより、負極リード 6 0 は、溶接法などを用いて負極集電体 4 2 A に接続されている。ただし、負極リード 6 0 は、負極集電体 4 2 A と物理的に連続しているため、その負極集電体 4 2 A と一体化されていてもよい。

【 0 0 9 6 】

なお、負極 4 2 と収納部 1 1 との間における負極リード 6 0 の引き回し方は、特に限定されないため、任意に設定可能である。

【 0 0 9 7 】

[一対の絶縁板]

絶縁板 7 1 , 7 2 は、高さ方向において電池素子 4 0 を挟むように配置されているため、その電池素子 4 0 を介して互いに対向している。絶縁板 7 1 , 7 2 のそれぞれは、ポリイミドなどの絶縁性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。なお、絶縁板 7 1 は、巻回中心空間 4 0 S のうちの一部または全体と重なる位置に貫通口 7 1 K を有している。図 1 では、貫通口 7 1 K の内径が巻回中心空間 4 0 S の内径よりも大きいと共に、その貫通口 7 1 K が巻回中心空間 4 0 S の全体と重なっている場合を示している。

【 0 0 9 8 】

[シーラント]

シーラント 7 3 は、正極リード 5 0 の周囲を保護する部材であり、いわゆる保護テープである。このシーラント 7 3 は、正極リード 5 0 の周囲を被覆するチューブ状の構造を有しており、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレートおよびポリイミドなどの絶縁性の高分子化合物のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでいる。これにより、正極リード 5 0 は、外装缶 1 0 (蓋部 1 2) および電池素子 4 0 (負極 4 2) からシーラント 7 3 を介して絶縁されている。なお、シーラント 7 3 による正極リード 5 0 の被覆範囲は、特に限定されないため、任意に設定可能である。

【 0 0 9 9 】

< 1 - 2 . 動作 >

図 3 は、二次電池の動作を説明するために、図 1 に対応する断面構成を表している。以下では、充放電時の動作に関して説明したのち、異常発生時の動作に関して説明する。

【 0 1 0 0 】

[充放電時の動作]

充電時には、電池素子 4 0 において、正極 4 1 からリチウムが放出されると共に、そのリチウムが電解液を介して負極 4 2 に吸蔵される。一方、放電時には、電池素子 4 0 において、負極 4 2 からリチウムが放出されると共に、そのリチウムが電解液を介して正極 4 1 に吸蔵される。これらの充電時および放電時には、リチウムがイオン状態で吸蔵および放出される。

【 0 1 0 1 】

[異常発生時の動作]

外装缶 10 の内圧が過度に上昇すると、上記したように、その内圧に応じて電極端子 20 が外側に向かって強く押されるため、図 3 に示したように、その電極端子 20 が蓋部 12 から分離される。これにより、電極端子 20 と蓋部 12 との間に発生した隙間を経由して内圧が開放されるため、外装缶 10 の破裂などが抑制される。図 3 では、電極端子 20 が蓋部 12 から部分的に分離された場合を示している。

【 0 1 0 2 】

< 1 - 3 . 製造方法 >

図 4 は、二次電池の製造工程を説明するために、図 1 に対応する断面構成を表している。ただし、図 4 では、収納部 11 および蓋部 12 が互いに分離されている状態を示している。以下の説明では、随時、図 4 と共に、既に説明した図 1 および図 2 を参照する。

【 0 1 0 3 】

二次電池を製造する場合には、以下で説明する手順により、正極 41 および負極 42 を作製すると共に電解液を調製したのち、その正極 41、負極 42 および電解液を用いて二次電池を組み立てる。

【 0 1 0 4 】

ここでは、図 4 に示したように、外装缶 10 を形成するために、互いに物理的に分離されている収納部 11 および蓋部 12 を用いる。この収納部 11 は、上記したように、開口部 11K を有している。窪み部 12U を有する蓋部 12 には、上記したように、あらかじめ電極端子 20 がガasket 30 を介して固定されている。

【 0 1 0 5 】

[正極の作製]

最初に、正極活物質、正極結着剤および正極導電剤などが互いに混合された正極合剤を溶媒に投入することにより、ペースト状の正極合剤スラリーを調製する。この溶媒は、水性溶媒でもよいし、有機溶剤でもよい。ここで説明した溶媒に関する詳細は、以降においても同様である。続いて、正極集電体 41A の両面に正極合剤スラリーを塗布することにより、正極活物質層 41B を形成する。最後に、ロールプレス機などを用いて正極活物質層 41B を圧縮成型する。この場合には、正極活物質層 41B を加熱してもよいと共に、圧縮成型を複数回繰り返してもよい。これにより、正極集電体 41A の両面に正極活物質層 41B が形成されるため、正極 41 が作製される。

【 0 1 0 6 】

[負極の作製]

最初に、負極活物質、負極結着剤および負極導電剤などが互いに混合された負極合剤を溶媒に投入することにより、ペースト状の負極合剤スラリーを調製する。続いて、負極集電体 42A の両面に負極合剤スラリーを塗布することにより、負極活物質層 42B を形成する。最後に、ロールプレス機などを用いて負極活物質層 42B を圧縮成型する。負極活物質層 42B の圧縮成型に関する詳細は、正極活物質層 41B の圧縮成型に関する詳細と同様である。これにより、負極集電体 42A の両面に負極活物質層 42B が形成されるため、負極 42 が作製される。

【 0 1 0 7 】

[電解液の調製]

溶媒に電解質塩を投入する。これにより、溶媒中において電解質塩が分散または溶解されるため、電解液が調製される。

【 0 1 0 8 】

[二次電池の組み立て]

最初に、溶接法などを用いて、正極 41 のうちの正極集電体 41A に、シーラント 73 により周囲を部分的に被覆された正極リード 50 を接続させる。また、溶接法などを用いて、負極 42 のうちの負極集電体 42A に負極リード 60 を接続させる。溶接法は、抵抗溶接法およびレーザ溶接法などのうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上である。ここで説明した溶接法に関する詳細は、以降においても同様である。

【 0 1 0 9 】

続いて、セパレータ 4 3 を介して、正極リード 5 0 が接続された正極 4 1 と、負極リード 6 0 が接続された負極 4 2 とを互いに積層させる。続いて、正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3 を巻回させることにより、巻回中心空間 4 0 S を有する巻回体（図示せず）を作製する。この巻回体は、正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3 のそれぞれに電解液が含浸されていないことを除いて、電池素子 4 0 の構成と同様の構成を有している。

【 0 1 1 0 】

続いて、巻回体を介して互いに対向するように絶縁板 7 1、7 2 を配置したのち、開口部 1 1 K から収納部 1 1 の内部に巻回体と共に絶縁板 7 1、7 2 を収納する。この場合には、溶接法などを用いて、収納部 1 1 に負極リード 6 0 を接続させる。

【 0 1 1 1 】

続いて、開口部 1 1 K から収納部 1 1 の内部に電解液を注入する。これにより、巻回体（正極 4 1、負極 4 2 およびセパレータ 4 3）に電解液が含浸されるため、電池素子 4 0 が作製される。この場合には、電解液の一部が巻回中心空間 4 0 S の内部に供給されるため、その電解液が巻回中心空間 4 0 S の内部から巻回体に含浸される。

【 0 1 1 2 】

続いて、電極端子 2 0 がガスケット 3 0 を介して固定されている蓋部 1 2 を用いて開口部 1 1 K を遮蔽したのち、溶接法を用いて収納部 1 1 に蓋部 1 2 を溶接する。この場合には、溶接法などを用いて、貫通口 1 2 K を経由して電極端子 2 0 に正極リード 5 0 を接続させる。

【 0 1 1 3 】

これにより、収納部 1 1 および蓋部 1 2 が互いに溶接されるため、外装缶 1 0 が形成されると共に、その外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 などが収納されるため、二次電池が組み立てられる。

【 0 1 1 4 】

[二次電池の安定化]

組み立て後の二次電池を充放電させる。環境温度、充放電回数（サイクル数）および充放電条件などの条件は、任意に設定可能である。これにより、負極 4 2 などの表面に被膜が形成されるため、二次電池の状態が電気化学的に安定化する。

【 0 1 1 5 】

よって、外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 などが封入されるため、二次電池が完成する。

【 0 1 1 6 】

< 1 - 4 . 作用および効果 >

この二次電池によれば、アスペクト比（外径 D / 高さ H）が 0 . 1 以上 1 未満である外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 が収納されていると共に、その外装缶 1 0 では貫通口 1 2 K を有する蓋部 1 2 が収納部 1 1 に溶接されている。また、蓋部 1 2 にガスケット 3 0 を介して電極端子 2 0 が固定されていると共に、その蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が収納部 1 1 に対する蓋部 1 2 の溶接強度よりも小さくなっている。よって、以下で説明する理由により、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることができる。

【 0 1 1 7 】

図 5 は、第 1 比較例の二次電池の断面構成を表しており、図 1 に対応している。図 6 は、第 2 比較例の二次電池の断面構成を表しており、図 1 に対応している。

【 0 1 1 8 】

第 1 比較例の二次電池は、図 5 に示したように、以下で説明することを出いて、図 1 に示した本実施形態の二次電池の構成と同様の構成を有している。

【 0 1 1 9 】

この第 1 比較例の二次電池は、溶接缶（クリンプレス缶）である外装缶 1 0 を備えている本実施形態の二次電池とは異なり、加締め缶（クリンプ缶）である外装缶 8 0 を備えている。また、第 1 比較例の二次電池は、新たに、電池蓋 9 1、安全弁機構 9 2、熱感抵抗素子（PTC 素子）9 3 およびガスケット 9 4 を備えている。

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

外装缶 80 は、一端部が閉塞されていると共に他端部が開放されている中空の円筒状の立体的形状を有している。なお、外装缶 80 の材質は、外装缶 10 の材質と同様である。

【0121】

開放されている外装缶 80 の一端部（開放端部）には、電池蓋 91、安全弁機構 92 および PTC 素子 93 がガasket 94 を介して加締められている。これにより、電池蓋 91、安全弁機構 92 および PTC 素子 93 のそれぞれは、外装缶 80 に固定されていると共に、その外装缶 80 の開放端部は、電池蓋 91 により密閉されている。電池蓋 91 の材質は、外装缶 80 の材質と同様である。安全弁機構 92 および PTC 素子 93 のそれぞれは、電池蓋 91 の内側に設けられていると共に、その安全弁機構 92 は、PTC 素子 93 を介して電池蓋 91 と電氣的に接続されている。ガasket 94 は、ポリプロピレンなどの絶縁性材料を含んでいる。

10

【0122】

この安全弁機構 92 では、外装缶 80 の内圧が過度に上昇すると、ディスク板 92A が反転するため、その内圧が開放されると共に、電池蓋 91 と電池素子 40 との電氣的接続が切断される。大電流に起因する異常な発熱を防止するために、PTC 素子 93 の電気抵抗は、温度の上昇に応じて増加する。

【0123】

第 2 比較例の二次電池は、図 6 に示したように、以下で説明することを除いて、図 1 に示した本実施形態の二次電池の構成と同様の構成を有している。

【0124】

この第 2 比較例の二次電池は、蓋部 12 に窪み部 12U が設けられていないことを除いて本実施形態の二次電池と同様に、溶接缶（クリンプレス缶）である外装缶 10 を備えている。また、第 2 比較例の二次電池は、電極端子 20 およびガasket 30 の代わりに、電極端子 110 およびガasket 120 を備えている。

20

【0125】

電極端子 110 は、ガasket 120 を介して蓋部 12 に固定されており、いわゆるリベット状の立体的形状を有している。具体的には、電極端子 110 は、小外径部分と、その小外径部分に連結された一対の大外径部分とを含んでいる。小外径部分は、貫通口 12K に挿入されており、その貫通口 12K の内径よりも小さい外径を有している。一方の大外径部分は、蓋部 12 の外側に配置されており、貫通口 12K の内径よりも大きい外径を有している。他方の大外径部分は、蓋部 12 の内側に配置されており、貫通口 12K の内径よりも大きい外径を有している。これにより、蓋部 12 に対する一対の大外径部分の押圧力を利用して、電極端子 110 はガasket 120 を介して蓋部 12 に固定されている。

30

【0126】

ガasket 120 は、蓋部 12 と電極端子 110 との間に介在しているため、その電極端子 110 は、ガasket 120 を介して蓋部 12 から絶縁されている。ガasket 120 の材質に関する詳細は、ガasket 30 の材質に関する詳細と同様である。

【0127】

第 1 比較例の二次電池は、図 5 に示したように、安全弁機構 92 を備えている。この場合には、外装缶 80 の内圧が過度に上昇すると、上記したように、安全弁機構 92 を利用して圧力が開放される。これにより、外装缶 80 の破裂などが抑制されるため、優れた安全性が得られる。

40

【0128】

しかしながら、第 1 比較例の二次電池では、外装缶 80 の内部に、電池素子 40 だけでなく、安全弁機構 92 および PTC 素子 93 などの特殊な機構および素子が収納されている。この場合には、二次電池の高さ H を一定にした場合において、上記した特殊な機構および素子が外装缶 80 の内部に収納されている分だけ素子空間体積が減少し、より具体的には電池素子 40 の高さが減少するため、素子空間体積が減少する。これにより、体積エネルギー密度の減少に起因して電池容量が減少するため、電池容量特性が低下する。

【0129】

50

これらのことから、第 1 比較例の二次電池では、優れた安全性が得られる反面、電池容量特性が低下するため、その電池容量特性と安全性とが両立されない。よって、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることが困難である。

【 0 1 3 0 】

第 2 比較例の二次電池は、図 6 に示したように、安全弁機構 9 2 および P T C 素子 9 3 などの特殊な機構および素子を備えていないため、その特殊な機構および素子が外装缶 1 0 の内部に収納されていなくてもよい。この場合には、二次電池の高さ H を一定にした場合において、特殊な機構および素子が外装缶 1 0 の内部に収納されていない分だけ素子空間体積が増加し、より具体的には電池素子 4 0 の高さが増加するため、素子空間体積が増加する。これにより、体積エネルギー密度の増加に応じて電池容量が増加するため、優れた電池容量特性が得られる。

10

【 0 1 3 1 】

しかしながら、第 2 比較例の二次電池では、外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇しても、その内圧を開放することができない。これにより、外装缶 1 0 の破裂などが発生するため、安全性が低下する。

【 0 1 3 2 】

これらのことから、第 2 比較例の二次電池では、優れた電池容量特性が得られる反面、安全性が低下するため、その電池容量特性と安全性とが両立されない。よって、第 1 比較例の二次電池と同様に、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることが困難である。

【 0 1 3 3 】

20

これに対して、本実施形態の二次電池では、図 1 に示したように、安全弁機構 9 2 および P T C 素子 9 3 などの特殊な機構および素子を備えていないため、その特殊な機構および素子が外装缶 1 0 の内部に収納されていなくてもよい。この場合には、上記したように、二次電池の高さ H を一定にした場合において、特殊な機構および素子が外装缶 1 0 の内部に収納されていない分だけ素子空間体積が増加するため、素子空間体積が増加する。これにより、体積エネルギー密度の増加に応じて電池容量が増加するため、優れた電池容量特性が得られる。

【 0 1 3 4 】

しかも、外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇すると、上記したように、電極端子 2 0 が安全弁として機能するため、その電極端子 2 0 を利用して内圧が開放される。この場合には、特に、蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が収納部 1 1 に対する蓋部 1 2 の溶接強度よりも小さいため、上記したように、外装缶 1 0 が破裂する前に電極端子 2 0 が開放弁としての機能を発揮しやすくなる。また、アスペクト比が 0 . 1 以上 1 未満であるため、上記したように、体積エネルギー密度が担保されながら、電極端子 2 0 が開放弁として安定に機能しやすくなる。これにより、外装缶 1 0 の破裂などが抑制されるため、優れた安全性も得られる。

30

【 0 1 3 5 】

これらのことから、本実施形態の二次電池では、優れた電池容量特性が得られるだけでなく、優れた安全性も得られるため、その電池容量特性と安全性とが両立される。よって、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることができる。

40

【 0 1 3 6 】

特に、本実施形態の二次電池では、アスペクト比が 0 . 6 以下であれば、体積エネルギー密度がより増加することに応じて電池容量特性がより向上するため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 3 7 】

また、固定比が 1 . 1 3 ~ 3 . 3 7 であれば、外装缶 1 0 および電極端子 2 0 に関する封止性と開放性とのバランスが適正化される。よって、正常時には蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が担保されながら、異常発生時には電極端子 2 0 が開放弁として機能しやすくなるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 3 8 】

50

また、電極端子 2 0 が蓋部 1 2 の外側に配置されていれば、外装缶 1 0 の内圧が過度に上昇した際に電極端子 2 0 が蓋部 1 2 から分離されやすくなるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 3 9 】

また、ガasket 3 0 がポリプロピレン（融点 = 1 3 0 ~ 2 5 0 ）を含んでいれば、外装缶 1 0 および電極端子 2 0 に関する封止性と開放性とのバランスが適正化される。よって、正常時には蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が担保されながら、異常発生時には電極端子 2 0 が開放弁として機能しやすくなるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 0 】

また、電池素子 4 0 が巻回中心空間 4 0 S を有しており、貫通口 1 2 K が巻回中心空間 4 0 S のうちの一部または全体と重なる位置に配置されていれば、電極端子 2 0 まで内圧が伝達されやすくなる。よって、電極端子 2 0 が開放弁としての機能を発揮しやすくなるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 1 】

この場合には、貫通口 1 2 K の内径が巻回中心空間 4 0 S の内径よりも大きくなっていれば、その貫通口 1 2 K における電極端子 2 0 の露出面積が増加する。よって、電極端子 2 0 が開放弁としての機能をより発揮しやすくなるため、さらに高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 2 】

また、正極リード 5 0 が正極 4 1 と電極端子 2 0 との間において 1 回以上折り返されていれば、その正極リード 5 0 の長さに関するマージンが生じる。よって、正極リード 5 0 の影響を受けずに電極端子 2 0 が開放弁としての機能を発揮しやすくなるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 3 】

また、蓋部 1 2 が収納部 1 1 の内部に向かって部分的に突出した窪み部 1 2 U を有しており、電極端子 2 0 が窪み部 1 2 U の内部に配置されていれば、二次電池の高さ H が小さくなることに応じて体積当たりのエネルギー密度が増加するため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 4 】

また、正極 4 1 が電極端子 2 0 に電氣的に接続されていると共に、負極 4 2 が外装缶 1 0 に電氣的に接続されていれば、二次電池が正極 4 1 の外部接続用端子および負極 4 2 の外部接続用端子を別途備えていなくてもよい。よって、素子空間体積の増加に応じて体積エネルギー密度が増加するため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 5 】

また、二次電池が円筒型の二次電池であれば、アスペクト比が十分に小さくなることに応じて体積エネルギー密度が十分に増加するため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 6 】

また、二次電池がリチウムイオン二次電池であれば、リチウムの吸蔵放出を利用して十分な電池容量が安定に得られるため、より高い効果を得ることができる。

【 0 1 4 7 】

< 2 . 変形例 >

上記した二次電池の構成は、以下で説明するように、適宜、変更可能である。ただし、以下で説明する一連の変形例に関しては、任意の 2 種類以上が互いに組み合わせられてもよい。

【 0 1 4 8 】

[変形例 1]

図 1 では、蓋部 1 2 が収納部 1 1 の内部（下方）に向かって部分的に突出するように折り曲げられることにより、窪み部 1 2 U が形成されている。しかしながら、図 1 に対応する図 7 に示したように、蓋部 1 2 が収納部 1 1 の外部（上方）に向かって部分的に突出す

10

20

30

40

50

るように折り曲げられることにより、窪み部 12U が形成されていてもよい。この場合においても、図 1 に示した場合と同様に、体積エネルギー密度が増加することに応じて優れた電池容量特性が得られると共に、電極端子 20 が開放弁として機能することに応じて優れた安全性も得られるため、同様の効果を得ることができる。

【0149】

ただし、二次電池の高さ H を一定とすると、窪み部 12U が収納部 11 の外部に向かって突出している場合（図 7）には、その窪み部 12U が収納部 11 の内部に向かって突出している場合（図 1）と比較して、素子空間体積が減少することに起因して体積エネルギー密度は減少する可能性がある。よって、素子空間体積の増加に応じて体積エネルギー密度を増加させるためには、窪み部 12U が収納部 11 の外部に向かって突出している場合よりも、その窪み部 12U は収納部 11 の内部に向かって突出している場合が好ましい。

10

【0150】

[変形例 2]

図 1 では、蓋部 12 に窪み部 12U が設けられていると共に、その蓋部 12 の外側に電極端子 20 が配置されているため、その電極端子 20 が窪み部 12U の内部に収納されている。しかしながら、図 1 に対応する図 8 に示したように、蓋部 12 に窪み部 12U が設けられておらずに、その蓋部 12 の外側に電極端子 20 が配置されていてもよい。この場合においても、図 1 に示した場合と同様に、優れた電池容量特性が得られると共に優れた安全性も得られるため、同様の効果を得ることができる。

【0151】

20

[変形例 3]

図 1 では、正極 41 が正極リード 50 を介して電極端子 20 に接続されていると共に、負極 42 が負極リード 60 を介して外装缶 10（収納部 11）に接続されている。これにより、電極端子 20 が正極 41 の外部接続用端子として機能していると共に、外装缶 10 が負極 42 の外部接続用端子として機能している。

【0152】

しかしながら、ここでは具体的に図示しないが、正極 41 が正極リード 50 を介して外装缶 10（収納部 11）に接続されていると共に、負極 42 が負極リード 60 を介して電極端子 20 に接続されていてもよい。これにより、電極端子 20 が負極 42 の外部接続用端子として機能していると共に、外装缶 10 が正極 41 の外部接続用端子として機能していてもよい。

30

【0153】

この場合においても、図 1 に示した場合と同様に、二次電池が正極 41 の外部接続用端子および負極 42 の外部接続用端子のそれぞれを別途備えていなくてもよい。よって、素子空間体積の増加に応じて体積エネルギー密度が増加するため、同様の効果を得ることができる。

【0154】

この場合には、特に、負極リード 60 は巻回中心空間 40S を経由して電極端子 20 に接続されていることが好ましい。負極リード 60 の引き回し方に起因して正極 41 および負極 42 のそれぞれの巻回数が減少することは防止されるため、電池容量が担保されるからである。なお、巻回中心空間 40S の内部に負極リード 60 を誘導するために、その負極リード 60 を通過させるための貫通口が絶縁板 72 に設けられていてもよい。

40

【0155】

[変形例 4]

多孔質膜であるセパレータ 43 を用いた。しかしながら、ここでは具体的に図示しないが、高分子化合物層を含む積層型のセパレータを用いてもよい。

【0156】

具体的には、積層型のセパレータは、一对の面を有する多孔質膜と、その多孔質膜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る。正極 41 および負極 42 のそれぞれに対するセパレータの密着性が向上するため、電池素子 40 の位置ずれ（巻きずれ

50

）が抑制されるからである。これにより、電解液の分解反応などが発生しても、二次電池が膨れにくくなる。高分子化合物層は、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。ポリフッ化ビニリデンなどは、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。

【 0 1 5 7 】

なお、多孔質膜および高分子化合物層のうちの一方または双方は、複数の絶縁性粒子のうちのいずれか 1 種類または 2 種類以上を含んでもよい。二次電池の発熱時において複数の絶縁性粒子が放熱するため、その二次電池の安全性（耐熱性）が向上するからである。絶縁性粒子は、無機材料および樹脂材料のうちの一方または双方を含んでいる。無機材料の具体例は、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、ペーマイト、酸化ケイ素、酸化チタン、酸化マグネシウムおよび酸化ジルコニウムなどである。樹脂材料の具体例は、アクリル樹脂およびスチレン樹脂などである。

10

【 0 1 5 8 】

積層型のセパレータを作製する場合には、高分子化合物および溶媒などを含む前駆溶液を調製したのち、多孔質膜の片面または両面に前駆溶液を塗布する。この場合には、必要に応じて、前駆溶液に複数の絶縁性粒子を添加してもよい。

【 0 1 5 9 】

この積層型のセパレータを用いた場合においても、正極 4 1 と負極 4 2 との間においてリチウムイオンが移動可能になるため、同様の効果を得ることができる。この場合には、特に、上記したように、二次電池の安全性が向上するため、より高い効果を得ることができる。

20

【 0 1 6 0 】

[変形例 5]

液状の電解質である電解液を用いた。しかしながら、ここでは具体的に図示しないが、ゲル状の電解質である電解質層を用いてもよい。

【 0 1 6 1 】

電解質層を用いた電池素子 4 0 では、セパレータ 4 3 および電解質層を介して正極 4 1 および負極 4 2 が互いに積層されていると共に、その正極 4 1、負極 4 2、セパレータ 4 3 および電解質層が巻回されている。この電解質層は、正極 4 1 とセパレータ 4 3 との間に介在していると共に、負極 4 2 とセパレータ 4 3 との間に介在している。

30

【 0 1 6 2 】

具体的には、電解質層は、電解液と共に高分子化合物を含んでおり、その電解液は、高分子化合物により保持されている。電解液の漏液が防止されるからである。電解液の構成は、上記した通りである。高分子化合物は、ポリフッ化ビニリデンなどを含んでいる。電解質層を形成する場合には、電解液、高分子化合物および溶媒などを含む前駆溶液を調製したのち、正極 4 1 および負極 4 2 のそれぞれの片面または両面に前駆溶液を塗布する。

【 0 1 6 3 】

この電解質層を用いた場合においても、正極 4 1 と負極 4 2 との間において電解質層を介してリチウムイオンが移動可能になるため、同様の効果を得ることができる。この場合には、特に、上記したように、電解液の漏液が防止されるため、より高い効果を得ることができる。

40

【 実施例 】

【 0 1 6 4 】

本技術の実施例に関して説明する。

【 0 1 6 5 】

< 実験例 1 ～ 4 および比較例 1 ～ 5 >

以下で説明するように、二次電池を作製したのち、その二次電池の電池特性を評価した。

【 0 1 6 6 】

[二次電池の作製]

以下の手順により、図 1 および図 2 に示した円筒型のリチウムイオン二次電池を作製し

50

た。

【 0 1 6 7 】

(正極の作製)

最初に、正極活物質（リチウム含有化合物（酸化物）である $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$ ）91質量部と、正極結着剤（ポリフッ化ビニリデン）3質量部と、正極導電剤（黒鉛）6質量部とを互いに混合させることにより、正極合剤とした。続いて、溶媒（有機溶剤であるN - メチル - 2 - ピロリドン）に正極合剤を投入したのち、その溶媒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41A（アルミニウム，厚さ = 15 μm ）の両面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41Bを形成した。最後に、ロールプレス機を用いて正極活物質層41Bを圧縮成型した。これにより、正極41が作製された。

10

【 0 1 6 8 】

(負極の作製)

最初に、負極活物質（炭素材料である天然黒鉛および金属系材料である酸化ケイ素（ SiO ））93質量部と、負極結着剤（ポリフッ化ビニリデン）7質量部とを互いに混合させることにより、負極合剤とした。この場合には、負極活物質の混合比（重量比）を天然黒鉛：酸化ケイ素 = 93：7とした。続いて、溶媒（有機溶剤であるN - メチル - 2 - ピロリドン）に負極合剤を投入したのち、その溶媒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42A（銅，厚さ = 12 μm ）の両面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42Bを形成した。最後に、ロールプレス機を用いて負極活物質層42Bを圧縮成型した。これにより、負極42が作製された。

20

【 0 1 6 9 】

(電解液の調製)

溶媒（炭酸エステル系化合物である炭酸エチレンおよび炭酸ジエチル）に電解質塩（リチウム塩である LiPF_6 ）を添加したのち、その溶媒を攪拌した。この場合には、溶媒の混合比（重量比）を炭酸エチレン：炭酸ジエチル = 30：70としたと共に、電解質塩の含有量を溶媒に対して1mol/kgとした。これにより、電解液が調製された。

【 0 1 7 0 】

(二次電池の組み立て)

最初に、抵抗溶接法を用いて、正極41のうちの正極集電体41Aに、シーラント73（ポリイミドテープ）により周囲を部分的に被覆されている正極リード50を溶接した。また、抵抗溶接法を用いて、負極42のうちの負極集電体42Aに負極リード60を溶接した。

30

【 0 1 7 1 】

続いて、セパレータ43（ポリエチレン，厚さ = 16 μm ）を介して正極41および負極42を互いに積層させたのち、その正極41、負極42およびセパレータ43を巻回させることにより、巻回中心空間40S（内径 = 3mm）を有する巻回体を作製した。

【 0 1 7 2 】

続いて、巻回体を介して互いに対向するように絶縁板71，72（ポリイミド，厚さ = 50 μm ）を配置したのち、開口部11Kから円筒状の収納部11（ニッケル鍍金された鉄，厚さ = 0.2mm，外径 = 18.2mm）の内部に巻回体と共に絶縁板71，72を収納した。この場合には、抵抗溶接法を用いて収納部11に負極リード60を溶接した。

40

【 0 1 7 3 】

続いて、開口部11Kから収納部11の内部に電解液を注入した。これにより、巻回体に電解液が含浸されたため、巻回中心空間40Sを有する電池素子40（外径 = 17.5mm，高さ = 60mm）が作製された。

【 0 1 7 4 】

続いて、板状（円盤状）の電極端子20（アルミニウム，厚さ = 0.3mm，外径 = 1

50

5.85 mm) がガスケット 30 (ポリプロピレン, 厚さ = 0.07 mm) を介して固定 (熱融着) されている板状 (略円盤状) の蓋部 12 (SUS, 厚さ = 0.15 mm, 円形の窪み部 12U の内径 = 16.2 mm, 貫通口 12K の内径 = 13 mm) を用いて開口部 11K を遮蔽したのち、レーザ溶接法を用いて収納部 11 に蓋部 12 を溶接した。この場合には、抵抗溶接法を用いて貫通口 12K を経由して電極端子 20 に正極リード 50 を溶接した。

【0175】

これにより、収納部 11 および蓋部 12 を用いて外装缶 10 (固定比 = 1.13) が形成されたと共に、その外装缶 10 の内部に電池素子 40 などが収納されたため、二次電池が組み立てられた。

【0176】

この二次電池を組み立てる場合には、外径 D (= 18.2 mm) を一定にしながら高さ H (mm) を変化させることにより、アスペクト比を変更した。アスペクト比に関する詳細は、表 1 に示した通りである。

【0177】

(二次電池の安定化)

常温環境中 (温度 = 23) において、組み立て後の二次電池を 1 サイクル充放電させた。充電時には、0.1 C の電流で電圧が 4.2 V に到達するまで定電流充電したのち、その 4.2 V の電圧で電流が 0.05 C に到達するまで定電圧充電した。放電時には、0.1 C の電流で電圧が 2.5 V に到達するまで定電流放電した。0.1 C とは、電池容量 (理論容量) を 10 時間で放電しきる電流値であると共に、0.05 C とは、電池容量を 20 時間で放電しきる電流値である。

【0178】

これにより、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いた円筒型のリチウムイオン二次電池が完成した。

【0179】

なお、蓋部 12 に対する電極端子 20 の固定強度 (kgf/cm^2) と、収納部 11 に対する蓋部 12 の溶接強度 (kgf/cm^2) とは、表 1 に示した通りである。

【0180】

[他の二次電池の作製]

比較のために、主に、溶接缶である外装缶 10 の代わりに加締め缶である外装缶 80 を用いたことを除いて同様の手順により、図 5 に示した円筒型の二次電池 (リチウムイオン二次電池) を作製した。

【0181】

この場合には、開放端部を有する外装缶 80 (ニッケル鍍金された鉄, 厚さ = 0.2 mm) の内部に電池蓋 91 (ニッケル鍍金された鉄, 厚さ = 0.3 mm)、安全弁機構 92 および PTC 素子 93 を収納したのち、ガスケット 94 (ポリプロピレン, 厚さ = 0.45 mm) を介して外装缶 80 の開放端部を加締めることにより、その電池蓋 91、安全弁機構 92 および PTC 素子 93 を外装缶 80 に固定した (電池蓋 91 の上端から安全弁機構 92 の下端までの距離 = 3.4 mm)。この場合には、抵抗溶接法を用いて安全弁機構 92 に正極リード 50 を溶接した。

【0182】

また、比較のために、主に、窪み部 12U が設けられていない外装缶 10 を用いたと共に、板状の電極端子 20 およびガスケット 30 の代わりにリベット状の電極端子 110 (アルミニウム, 大外径部分の外径 = 5 mm, 小外径部分の外径 = 2 mm) およびガスケット 120 (パーフルオロアルコキシアルカン (PFA), 厚さ = 0.3 mm) を用いたことを除いて同様の手順により、図 6 に示した円筒型の二次電池 (リチウムイオン二次電池) を作製した。この場合には、抵抗溶接法を用いて電極端子 110 に正極リード 50 を溶接した。

【0183】

10

20

30

40

50

〔電池特性の評価〕

二次電池の電池特性（電池容量特性および安全性）を評価したところ、表 1 に示した結果が得られた。

【0184】

（電池容量特性）

二次電池を充放電させることにより、電池容量特性を評価するための指標である放電容量（電池容量（mA h））を測定した。充放電条件は、上記した二次電池の安定化時の充放電条件と同様にした。

【0185】

この場合には、外装缶 10、80 のそれぞれの容積（ $L = d m^3$ ）と、電池素子 40 の容量（mA h）とに基づいて、電池容量に影響を及ぼす体積エネルギー密度（体積 E 密度（ $Wh / L = Wh / d m^3$ ））も算出した。

【0186】

（安全性）

ここでは、安全性を評価するために、2 種類の試験（加熱試験および連続放電試験）を行った。

【0187】

加熱試験では、最初に、常温環境中において二次電池を充電させた。充電条件は、上記した二次電池の安定化時の充電条件と同様にした。続いて、ホットプレートの上に充電状態の二次電池を置いた。この場合には、二次電池の下部（電極端子 20 および電池蓋 91 などが配置されている側とは反対側における二次電池の端部）がホットプレートの表面に接触するように、その二次電池の向きを調整した。最後に、ホットプレートを用いて二次電池を加熱（加熱温度 = 200）することにより、安全性（加熱試験）を評価するための指標である二次電池の状態（加熱後状態）を目視で確認した。

【0188】

これにより、電極端子 20 が開放弁として機能したため、外装缶 10 が破裂（蓋部 12 が収納部 11 から分離）しなかった場合を「A」と判定した。電極端子 20 が開放弁として機能しただけでなく、外装缶 10 が破裂した（ただし、外装缶 10 の内部から外部に電池素子 40 が放出されなかった）場合を「B」と判定した。電極端子 20 が開放弁として機能せずに、外装缶 10 が破裂した（特に、外装缶 10 の内部から外部に電池素子 40 が放出された）場合を「C」と判定した。

【0189】

また、連続放電試験では、最初に、加熱試験を行った場合と同様の手順により、二次電池を充電させた。続いて、常温環境中において、二次電池の温度を測定しながら、その二次電池を連続放電させる工程を 30 回繰り返すことにより、安全性（連続放電試験）を評価するための指標である二次電池の状態（連続放電後状態）を目視で確認した。放電条件は、放電時の電流を 5 C に変更したことを除いて、上記した二次電池の安定化時の放電条件と同様にした。5 C とは、電池容量を 0.2 時間で放電しきる電流値である。

【0190】

これにより、電極端子 20 が開放弁として機能せずに、二次電池の温度が 60 以下であった場合を「A」と判定した。電極端子 20 が開放弁として機能せずに、二次電池の温度が 120 以下であった場合を「B」と判定した。電極端子 20 が開放弁として機能してしまい、二次電池の温度が 130 以上であった場合を「C」と判定した。

【0191】

10

20

30

40

【表 1】

	外装缶	電極端子	固定強度 (kgf/cm ²)	溶接強度 (kgf/cm ²)	アスペクト比	固定比	電池 容量 (mAh)	体積 E 密度 (Wh/dm ³)	加熱後 状態	連続 放電後 状態
実施例 1	溶接缶	板状	60	150	0.10	1.13	9295	707	A	B
実施例 2	溶接缶	板状	60	150	0.28	1.13	3158	669	A	B
実施例 3	溶接缶	板状	60	150	0.40	1.13	2111	642	A	B
実施例 4	溶接缶	板状	60	150	0.60	1.13	1311	599	A	B
比較例 1	加締め缶	—	—	—	0.28	—	3000	635	A	B
比較例 2	溶接缶	リベット状	—	—	0.28	—	3158	669	C	B
比較例 3	溶接缶	板状	60	150	1.00	1.13	674	512	A	A
比較例 4	溶接缶	板状	60	20	0.28	1.13	3158	669	B	B
比較例 5	溶接缶	板状	60	150	0.08	1.13	11689	711	B	C

表 1

【 0 1 9 2 】

[考察]

表 1 に示したように、電池容量特性および安全性のそれぞれは、二次電池の構成に応じて大きく変動した。

【 0 1 9 3 】

具体的には、加締め缶である外装缶 8 0 を用いた場合（比較例 1 ）には、加熱後状態および連続放電後状態のそれぞれは良好であったが、体積エネルギー密度の減少に起因して電池容量が減少した。

【 0 1 9 4 】

また、溶接缶である外装缶 10 を用いたが、リベット状の電極端子 110 を用いた場合（比較例 2）には、体積エネルギー密度の増加に応じて電池容量が増加したと共に、連続放電後状態も良好であったが、加熱後状態が悪化した。

【0195】

さらに、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いたが、アスペクト比が 1 である場合（比較例 3）には、加熱後状態および連続放電後状態のそれぞれは良好であったが、体積エネルギー密度の大幅な減少に起因して電池容量が大幅に減少した。これにより、放電時および異常発生時の発熱量が根本的に減少した。

【0196】

なお、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いたと共にアスペクト比は 1 未満であるが、固定強度が溶接強度よりも大きい場合（比較例 4）には、体積エネルギー密度の増加に応じて電池容量が増加したと共に、連続放電後状態も良好であったが、加熱後状態が悪化した。

【0197】

また、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いたと共に固定強度は溶接強度よりも小さいが、アスペクト比が 0.1 未満である場合（比較例 5）には、体積エネルギー密度の著しい増加に応じて電池容量も著しく増加したが、加熱後状態および連続放電後状態のそれぞれが悪化した。

【0198】

これに対して、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いたと共にアスペクト比が 0.1 以上 1 未満である上、固定強度が溶接強度よりも小さい場合（実施例 1～4）には、良好な加熱後状態および良好な連続放電後状態のそれぞれが担保されながら、体積エネルギー密度の増加に応じて電池容量が増加した。

【0199】

すなわち、アスペクト比が一定（＝0.28）である実施例 2 および比較例 1, 2, 4, 5 を互いに比較すると、溶接缶である外装缶 10 および板状の電極端子 20 を用いてアスペクト比が 0.1 以上 1 未満であると共に固定強度が溶接強度よりも小さい場合（実施例 2）には、それらの全ての条件が満たされていない場合（比較例 1, 2, 4, 5）とは異なり、加熱後状態および連続放電後状態のそれぞれが良好になるだけでなく、電池容量（体積エネルギー密度）も増加した。

【0200】

特に、上記した全ての条件が満たされている場合には、アスペクト比が 0.60 以下であると（実施例 1～4）、良好な加熱後状態および良好な連続放電後状態のそれぞれが得られながら、十分な電池容量（体積エネルギー密度）が得られた。

【0201】

<実施例 5～8>

表 2 に示したように、固定比を変更したことを除いて同様の手順により、二次電池を作製したのち、その二次電池の安全性を評価した。この場合には、電極端子 20 の外径（＝15.85 mm）を一定にしながら、貫通口 12K の内径を変化させることにより、固定比を変更した。また、安全性を評価するために、加熱試験と共に、連続放電試験の代わりに高温保存試験を行った。

【0202】

高温保存試験では、加熱試験を行った場合と同様の手順により、二次電池を充電させたのち、恒温槽の内部において充電状態の二次電池を保存（保存時間＝1 時間）した。この場合には、恒温槽の内部の温度を上昇させると共に二次電池の温度を測定しながら、その二次電池の状態を目視で確認することにより、安全性（加熱試験）を評価するための指標である二次電池の開放温度、すなわち電極端子 20 が開放弁として機能した最低温度（）を調べた。

【0203】

10

20

30

40

50

【表 2】

表 2	外装缶	電極端子	固定強度 (kgf/cm ²)	溶接強度 (kgf/cm ²)	アスペクト比	固定比	加熱後 状態	開放温度 (°C)
実施例 5	溶接缶	板状	20	150	0.28	1.06	A	120
実施例 2	溶接缶	板状	60	150	0.28	1.13	A	130
実施例 6	溶接缶	板状	90	150	0.28	1.22	A	150
実施例 7	溶接缶	板状	140	150	0.28	3.37	A	150
実施例 8	溶接缶	板状	150	150	0.28	3.52	A	160

【0204】

表 2 に示したように、固定比を変更しても、良好な加熱後状態が得られた。この場合には、特に、固定比が 1.13 ~ 3.37 であると（実施例 2, 6, 7）、開放温度が適正な範囲内（= 130 ~ 150）になった。

【0205】

詳細には、開放温度が 130 よりも低いと、二次電池の放電時および高温環境中における二次電池の保管時などにおいて、内圧の増加量（ガスの発生量）によっては意図せずに電極端子 20 が開放弁として機能する可能性がある。また、開放温度が 150 よりも高いと、内圧の急激な増加時において、電極端子 20 が開放弁として機能する前に、意図せずに外装缶 10 が破裂する可能性がある。これにより、開放温度が適正な範囲内であると、外装缶 10 および蓋部 12 に関する封止性と開放性とのバランスが適正化された。

【 0 2 0 6 】

[ま と め]

表 1 および表 2 に示した結果から、アスペクト比（外径 D / 高さ H）が 0 . 1 以上 1 未満である外装缶 1 0 の内部に電池素子 4 0 が収納されており、その外装缶 1 0 では貫通口 1 2 K を有する蓋部 1 2 が収納部 1 1 に溶接されており、その蓋部 1 2 にガスケット 3 0 を介して電極端子 2 0 が固定されており、その蓋部 1 2 に対する電極端子 2 0 の固定強度が収納部 1 1 に対する蓋部 1 2 の溶接強度よりも小さいと、安全性（加熱後状態および連続放電後状態）が担保されながら、電池容量特性（電池容量および体積エネルギー密度）が改善された。よって、優れた電池容量特性および優れた安全性を得ることができた。

【 0 2 0 7 】

以上、一実施形態および実施例を挙げながら本技術に関して説明したが、その本技術の構成は、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ないため、種々に変形可能である。

【 0 2 0 8 】

具体的には、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、その電極反応物質の種類は、特に限定されない。具体的には、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。

【 0 2 0 9 】

本明細書中に記載された効果は、あくまで例示であるため、本技術の効果は、本明細書中に記載された効果に限定されない。よって、本技術に関して、他の効果が得られてもよい。

10

20

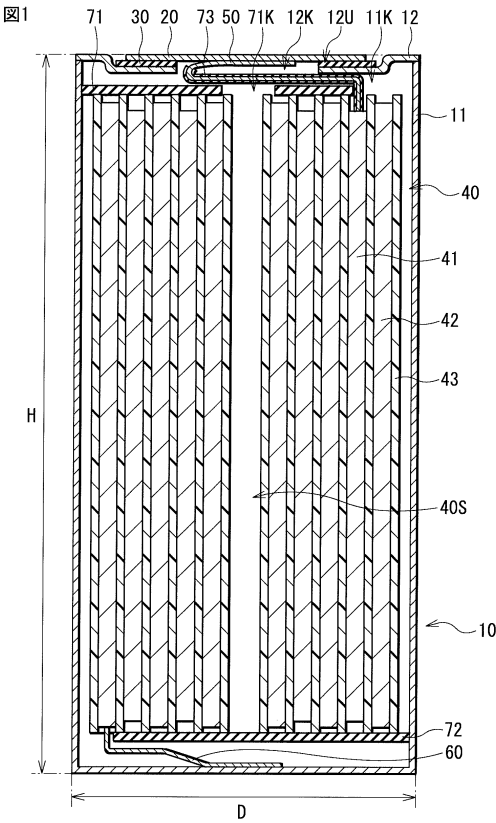
30

40

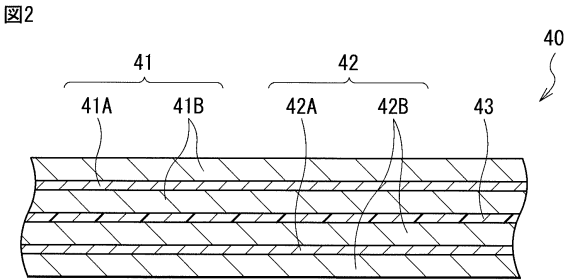
50

【図面】

【図 1】



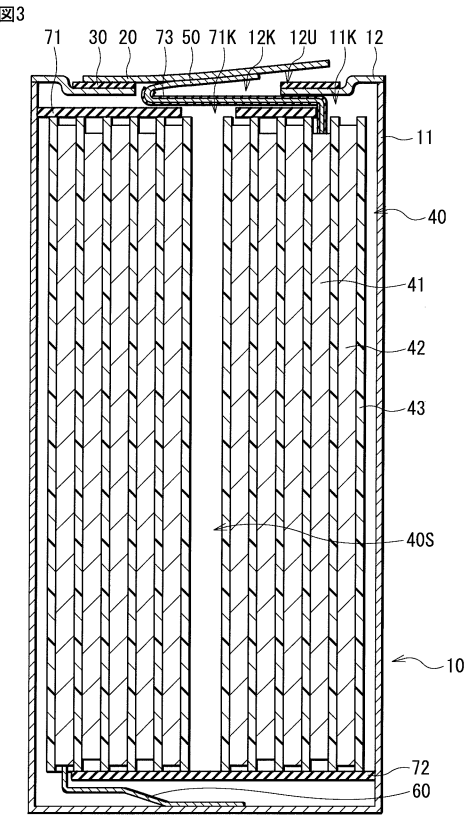
【図 2】



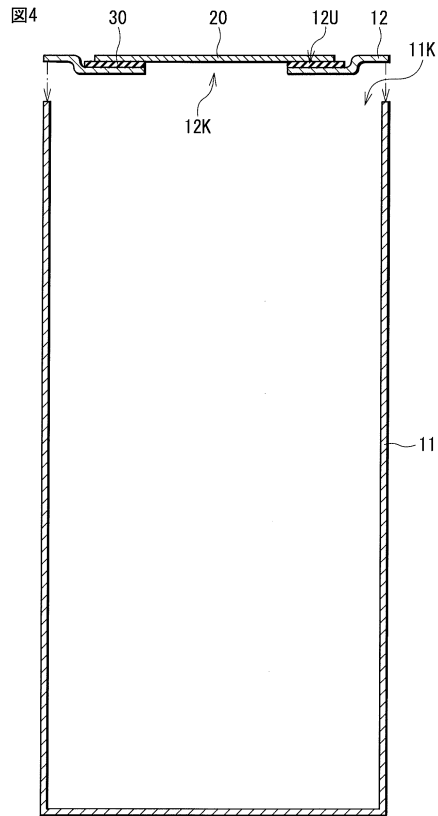
10

20

【図 3】



【図 4】

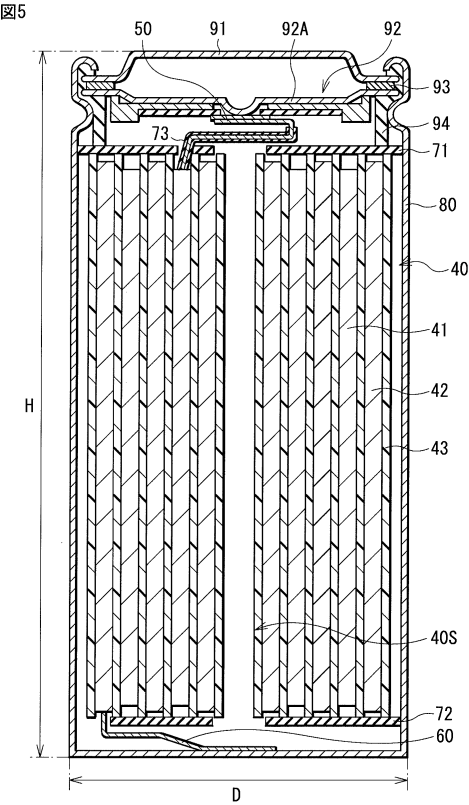


30

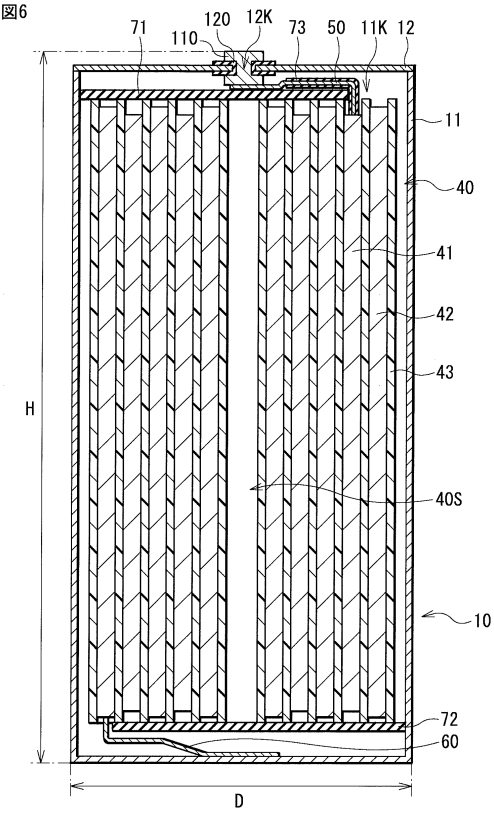
40

50

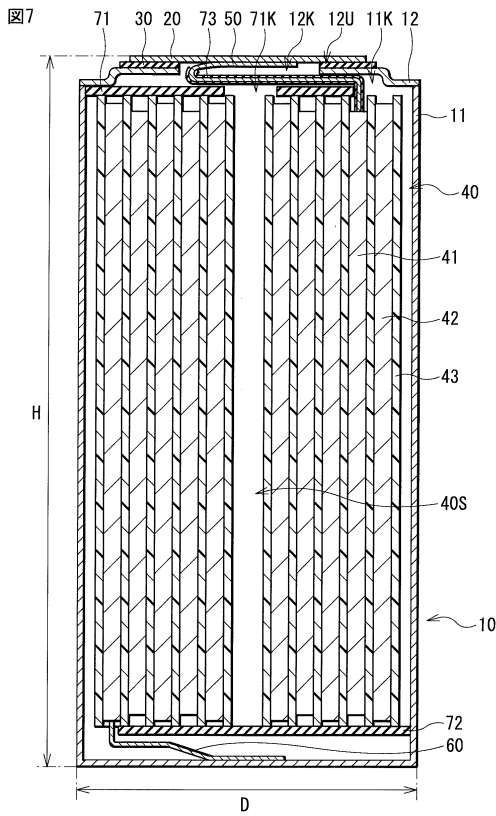
【図 5】



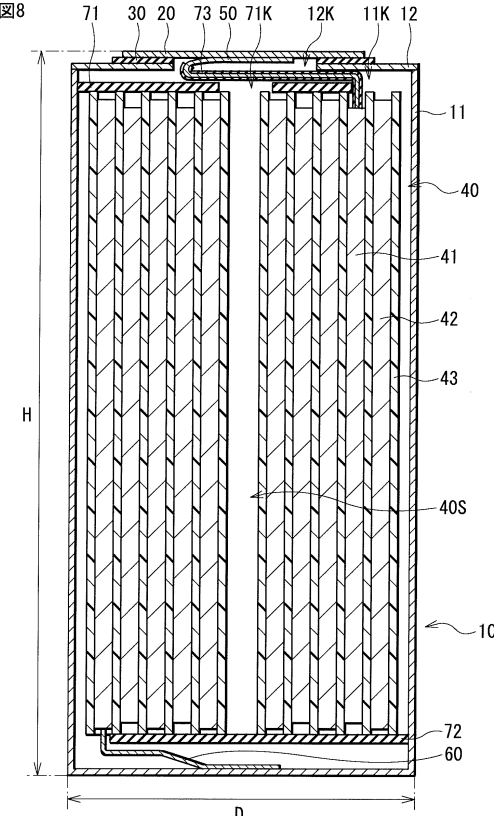
【図 6】



【図 7】



【図 8】



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	50/152 (2021.01)	H 0 1 M	50/152
H 0 1 M	50/169 (2021.01)	H 0 1 M	50/169
H 0 1 M	50/188 (2021.01)	H 0 1 M	50/188
H 0 1 M	50/193 (2021.01)	H 0 1 M	50/193
H 0 1 M	50/531 (2021.01)	H 0 1 M	50/531
H 0 1 M	50/545 (2021.01)	H 0 1 M	50/545
H 0 1 M	50/547 (2021.01)	H 0 1 M	50/547
H 0 1 M	50/56 (2021.01)	H 0 1 M	50/56

株式会社村田製作所内

審査官 森 透

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 7 / 1 6 3 9 9 9 (W O , A 1)

特開 2 0 1 8 - 0 2 8 9 6 2 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 0 0 3 3 0 (J P , A)

実開昭 6 0 - 0 5 3 1 6 1 (J P , U)

特開 2 0 0 5 - 2 6 8 0 7 2 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 2 4 1 1 7 1 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 3 5 1 5 1 2 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 M 5 0 / 3 4 2

H 0 1 M 1 0 / 0 4

H 0 1 M 1 0 / 0 5 2

H 0 1 M 1 0 / 0 5 8 7

H 0 1 M 5 0 / 1 0 7

H 0 1 M 5 0 / 1 5 2

H 0 1 M 5 0 / 1 6 9

H 0 1 M 5 0 / 1 8 8

H 0 1 M 5 0 / 1 9 3

H 0 1 M 5 0 / 5 3 1

H 0 1 M 5 0 / 5 4 5

H 0 1 M 5 0 / 5 4 7

H 0 1 M 5 0 / 5 6