

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6933771号
(P6933771)

(45) 発行日 令和3年9月8日(2021.9.8)

(24) 登録日 令和3年8月23日(2021.8.23)

(51) Int.Cl.		F I
HO 1 M 4/131 (2010.01)		HO 1 M 4/131
HO 1 M 10/0525 (2010.01)		HO 1 M 10/0525
HO 1 M 4/505 (2010.01)		HO 1 M 4/505
HO 1 M 4/525 (2010.01)		HO 1 M 4/525
HO 1 M 4/48 (2010.01)		HO 1 M 4/48

請求項の数 6 (全 28 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2020-508896 (P2020-508896)	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(86) (22) 出願日	平成30年3月30日(2018.3.30)	(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/013924	(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(87) 国際公開番号	W02019/187131	(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司
(87) 国際公開日	令和1年10月3日(2019.10.3)	(74) 代理人	100153051 弁理士 河野 直樹
審査請求日	令和2年7月21日(2020.7.21)	(74) 代理人	100162570 弁理士 金子 早苗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電極群、電池及び電池パック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正極活物質含有層を含む正極と、

単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも1種のチタン含有複合酸化物を含む負極活物質含有層を含む負極とを具備し、

前記負極活物質含有層の少なくとも一部が、前記正極活物質含有層の少なくとも一部に向き合っており、

以下の式を満たす電極群：

$$6500 \text{ A} / \text{B} \quad 18500 :$$

ここで、Aは、前記負極活物質含有層のうち前記正極活物質含有層に向き合った部分の面積 [cm^2] であり、Bは、前記電極群の厚さ [cm] である。

【請求項2】

前記少なくとも1種のチタン含有酸化物は、前記単斜晶型ニオブチタン複合酸化物を含む請求項1に記載の電極群。

【請求項3】

前記正極活物質含有層が、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物を含む請求項1又は2に記載の電極群。

【請求項4】

請求項1～3の何れか1項に記載の電極群と、

電解質と
を具備する電池。

【請求項 5】

定格容量が 25 Ah 以上 150 Ah 以下である請求項 4 に記載の電池。

【請求項 6】

請求項 4 又は 5 に記載の電池を具備する電池パック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、電極群、電池及び電池パックに関する。

10

【背景技術】

【0002】

非水電解質電池は、エネルギー密度の向上、及び長寿命化が求められている。エネルギー密度を向上させる方策としては、例えば、電極における電極活物質の充填密度を上げること、単位面積当りの電極の塗布量を増加することが考えられる。

【0003】

一方、長寿命化の方策としては、例えば、活物質の表面に無機物などを被覆することや、活物質表面に被膜を形成するような物質を非水電解質に含ませることが挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献 1】特許第 6189549 号明細書

【特許文献 2】特開 2014 - 167890 号公報

【特許文献 3】特開 2016 - 58264 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる電池を実現できる電極群、この電極群を具備した電池、及びこの電池を具備した電池パックを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態によると、電極群が提供される。この電極群は、正極活物質含有層を含む正極と、負極活物質含有層を含む負極とを具備する。負極活物質含有層は、単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも 1 種のチタン含有複合酸化物を含む。負極活物質含有層の少なくとも一部が、正極活物質含有層の少なくとも一部に向き合っている。この電極群は、式： $6500 \frac{A}{B} 18500$ を満たす。ここで、A は、負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分の面積 [cm^2] である。B は、電極群の厚さ [cm] である。

【0007】

40

実施形態によると、電池が提供される。この電池は、実施形態に係る電極群と、電解質とを具備する。

【0008】

実施形態によると、電池パックが提供される。この電池パックは、実施形態に係る電池を具備する。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】図 1 は、実施形態に係る第 1 の例の電極群の概略斜視図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示す電極群の一部展開斜視図である。

【図 3】図 3 は、図 1 及び図 2 に示す電極群の展開断面図である。

50

【図4】図4は、実施形態に係る一例の電極群における負極活物質含有層と正極活物質含有層とが向き合った部分を概略的に示す図である。

【図5】図5は、実施形態に係る第2の例の電極群の概略斜視図である。

【図6】図6は、図5に示す電極群の線分VI-VIに沿った概略断面図である。

【図7】図7は、図5及び図6に示す電極群における負極活物質含有層と正極活物質含有層とが向き合った部分を概略的に示す図である。

【図8】図8は、実施形態に係る第1の例の非水電解質電池の概略断面図である。

【図9】図9は、図8に示す非水電解質電池のA部の拡大断面図である。

【図10】図10は、実施形態に係る第2の例の非水電解質電池の一部切欠概略斜視図である。

10

【図11】図11は、図10に示す非水電解質電池のB部の拡大断面図である。

【図12】図12は、実施形態に係る一例の電池パックの概略分解斜視図である。

【図13】図13は、図12の電池パックの電気回路を示すブロック図である。

【実施形態】

【0010】

以下に、実施の形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施の形態を通して共通の構成には同一の符号を付すものとし、重複する説明は省略する。また、各図は実施の形態の説明とその理解を促すための模式図であり、その形状や寸法、比などは実際の装置と異なる個所があるが、これらは以下の説明と公知の技術とを参酌して、適宜設計変更することができる。

20

【0011】

(第1の実施形態)

第1の実施形態によると、電極群が提供される。この電極群は、正極活物質含有層を含む正極と、負極活物質含有層を含む負極とを具備する。負極活物質含有層は、単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも1種のチタン含有複合酸化物を含む。負極活物質含有層の少なくとも一部が、正極活物質含有層の少なくとも一部に向き合っている。この電極群は、式： $6500 \text{ A} / \text{B} \cdot 18500$ を満たす。ここで、Aは、負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分の面積 [cm^2] である。Bは、電極群の厚さ [cm] である。

【0012】

30

単斜晶型 (monoclinic) ニオブチタン含有酸化物は、スピネル型チタン酸リチウムよりも高い理論容量を示すことができる。また、直方晶型 (Orthorhombic) チタン含有複合酸化物は、スピネル型チタン酸リチウムよりも低いリチウム吸蔵放出電位を示すことができる。しかしながら、鋭意研究の結果、チタン酸化物を含んだ電極を具備する電池の中で、単斜晶型ニオブチタン含有酸化物又は直方晶型チタン含有複合酸化物を含んだ電極を具備する電池は、何の対策を講じない場合、サイクル寿命の点で、スピネル型チタン酸リチウムを含んだ電極を具備する電池に劣ることが分かった。

【0013】

本発明者らは、単斜晶型ニオブチタン含有酸化物又は直方晶型チタン含有複合酸化物を含んだ電極を具備する電池の寿命を延ばすために鋭意研究を重ねている中で、以下の知見を得た。

40

【0014】

電池の寿命は、電池内の熱の影響を受ける。電池内の熱は、電極内での発熱と、電池外部への放熱との熱収支に依存する。電池の寿命を高めるためには、これらの発熱と放熱との熱収支において、放熱の方を大きくし、電極群に含まれる材料の熱劣化を防ぐことが有効である。そのためには、電池内での発熱を抑えることも重要である。

【0015】

電池内での発熱は、主に、充電及び放電の際の、電極群からのジュール発熱である。このジュール発熱の量は、電極群における負極活物質含有層と正極活物質含有層とが向き合った部分の見かけの面積 (面積A) に依存する。具体的には、この面積Aが大きいほど、

50

電極群の抵抗が小さくなる。電極群の抵抗が小さいほど、電極群で生じるジュール熱の量は小さくなる。

【0016】

また、例えば、電極群における面積 A が大きいほど、電極群からの熱をより放散しやすくなる。一方、電極群の高さ、幅及び奥行きに対応する3つの寸法のうち最も小さな寸法（厚さ B ）が小さいほど、電極群からの熱をより放散しやすくなる。

【0017】

以上を鑑みると、比 A/B が大きい方が、発熱と放熱との熱収支において放熱の方をより大きくすることができるため、より有利であると考えられる。

【0018】

しかしながら、電池の厚さ B の減少は、電池容量の減少に繋がる。また、同じ内容積の電池を作製する際、負極活物質含有層と正極活物質含有層とが向き合った部分の面積（面積 A ）を増やすためには、負極活物質含有層及び正極活物質含有層の体積を減らす必要がある。更に、この場合には、必要な集電体及びセパレータの量が増加する。そのため、この場合には、電池の単位体積当たりの容量が減少する。例えばこれらの場合のように電池容量が減少すると、電池の抵抗が大きくなる場合がある。特に、大電流が印加された際、この抵抗上昇は顕著となる。抵抗値が上昇すると、ジュール発熱量も上昇する

また、鋭意研究の結果、単斜晶型ニオブチタン含有酸化物又は直方晶型チタン含有複合酸化物を含んだ負極を具備する電池において、充電の際に電池内部の温度を上げると、急速充電性能を高めることができることを発見した。

【0019】

これらの知見に基づいて更に研究した結果、第1の実施形態に係る電極群を実現した。

【0020】

第1の実施形態に係る電極群が具備する負極は、単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも1種のチタン含有複合酸化物を含む負極活物質含有層を含む。また、この電極群は、式： $6500 A/B$
 18500 を満たす。ここで、 A は、負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分の面積 [cm^2]である。 B は、電極群の厚さ [cm]である。

【0021】

第1の実施形態に係る電極群は、比 A/B が 6500 以上であることにより、電極群からの発熱を十分に抑えることができると共に、電極群からの放熱を十分に行うことができる。加えて、第1の実施形態に係る電極群は、比 A/B が 18500 以下であることにより、十分な容量を示すことができ、それにより、大きな電圧が印加された際にも抵抗値の上昇を十分に抑えることができる。更に、第1の実施形態に係る電極群は、上記少なくとも1種のチタン含有複合酸化物を含む負極活物質含有層を含み且つ比 A/B が 18500 以下であることにより、低温環境下での充電の際に、電池の急速充電性能を高めるのに十分な熱を生じさせることができる。これらの結果、第1の実施形態に係る電極群は、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる電池を実現できる。

【0022】

比 A/B が 6500 未満である電極群の1つの例としては、例えば、厚さ B に対して面積 A が小さ過ぎる電極群が挙げられる。このような電極群は、抵抗値が高いだけでなく、十分な放熱をすることができない。比 A/B が 6500 未満である電極群の他の例としては、例えば、面積 A に対して厚さ B が大き過ぎる電極群が挙げられる。このような電極群は、電極群で生じた熱を十分に放散できない。

【0023】

比 A/B が 18500 を越える電極群の1つの例としては、例えば、面積 A に対して厚さ B が小さ過ぎる電極群が挙げられる。このような電極群は、容量が低過ぎ、それにより高い抵抗値を示す。従って、このような電極群は、発熱を十分に抑えることができない。比 A/B が 18500 を越える電極群の他の例としては、例えば、面積 A が大き過ぎる電

10

20

30

40

50

極群が挙げられる。このような電極群は、充電の際に発生し得る熱量が低過ぎ、低温環境下での充電の際に電池の急速充電性能を高めることができない。

【0024】

比A/Bは、8000 A/B 13000の範囲内にあることが好ましく、9000 A/B 11000の範囲内にあることがより好ましい。

【0025】

負極活物質含有層が単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物の何れも含んでいない電極群では、電極群の発熱を利用した低温環境下での急速充電性能の向上が望めない。例えば、負極活物質含有層がスピネル型チタン酸リチウムを含んでおり且つ比A/Bが18500以下である電極群は、比A/Bが18500を超える点以外はこの電極群と同様の構成を有する電極群のそれと同程度の、低温環境下での急速充電性能を示す。

10

【0026】

次に、第1の実施形態に係る電極群をより詳細に説明する。

第1の実施形態に係る電極群は、正極と、負極とを具備する。正極は、正極活物質含有層を含む。負極は、負極活物質含有層を含む。

【0027】

正極は、例えば、正極集電体を含むことができる。正極集電体は、例えば、2つの表面を有する帯状である。正極活物質含有層は、正極集電体の両方の表面上に形成されていてもよいし、又は片方の表面上に形成されていてもよい。正極集電体は、片方の表面上のみに正極活物質含有層を担持している部分と、両方の表面に正極活物質含有層を担持している部分とを含むこともできる。正極集電体は、何れの表面にも正極活物質含有層を担持していない部分を含むこともできる。この部分は、例えば、正極集電タブとして用いることができる。或いは、正極は、正極集電体とは別体の正極集電タブを含むこともできる。

20

【0028】

正極活物質含有層は、例えば、正極活物質を含むことができる。正極活物質含有層は、導電剤及び結着剤を更に含むこともできる。

【0029】

負極は、例えば、負極集電体を含むことができる。負極集電体は、例えば、2つの表面を有する帯状である。負極活物質含有層は、負極集電体の両方の表面上に形成されていてもよいし、又は片方の表面上に形成されていてもよい。負極集電体は、片方の表面上のみに負極活物質含有層を担持している部分と、両方の表面に負極活物質含有層を担持している部分とを含むこともできる。負極集電体は、何れの表面にも負極活物質含有層を担持していない部分を含むこともできる。この部分は、例えば、負極集電タブとして用いることができる。或いは、負極は、負極集電体とは別体の負極集電タブを含むこともできる。

30

【0030】

負極活物質含有層は、少なくとも1種のチタン含有酸化物を含む。少なくとも1種のチタン含有酸化物は、単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される。少なくとも1種のチタン含有酸化物は、負極活物質として、負極活物質含有層に含まれ得る。負極活物質含有層は、導電剤及び結着剤を更に含んでいてもよい。

40

【0031】

第1の実施形態に係る電極群は、セパレータを更に具備していてもよい。セパレータは、例えば、正極活物質含有層と負極活物質含有層との間に配置される。言い換えると、負極活物質含有層は、セパレータを介して、正極活物質含有層に向き合うことができる。

【0032】

第1の実施形態に係る電極群の構造は、特に限定されない。

例えば、第1の実施形態に係る電極群は、スタック型の構造を有することができる。スタック型の構造を有する電極群では、複数の正極と複数の負極とが積層されており、各正極の正極活物質含有層と各負極の負極活物質含有層と向き合っている。正極活物質含有層

50

と負極活物質含有層との間には、セパレータが配置されていてもよい。スタック型の構造を有する電極群において、面積 A [cm^2] は、各負極の負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分の面積の合計である。また、スタック型の構造を有する電極群の厚さ B [cm] は、正極と負極とが積層された方向における電極群の寸法である。

【0033】

或いは、第1の実施形態に係る電極群は、例えば、捲回型の構造を有することができる。捲回型の構造を有する電極群は、正極と負極との積層体が捲回された捲回体である。捲回型の構造を有する電極群では、負極活物質含有層の少なくとも一部と正極活物質含有層の少なくとも一部とが向き合っている。正極活物質含有層と負極活物質含有層との間には、セパレータが配置されていてもよい。捲回型の構造を有する電極群において、面積 A [cm^2] は、捲回されている状態の電極群において、負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分の面積の合計である。

10

【0034】

捲回型の構造を有する電極群は、扁平形状の捲回型電極群でもよいし、又は円筒形状の電極群でもよい。扁平形状の捲回型電極群の厚さ B [cm] は、電極群の互いに直行する三方向 (x 方向、 y 方向及び z 方向) における寸法のうち最も小さい寸法である。円筒形状の電極群の厚さ B [cm] は、円筒の直径の長さである。

【0035】

電極群における面積 A は、例えば、負極活物質含有層の面積、正極活物質含有層の面積、及び負極活物質含有層と正極活物質含有層との重なり方を調整することで調整できる。負極活物質含有層の面積は、例えば、負極活物質を含んだスラリーの塗布幅及び塗布長を変更することで調整できる。正極活物質含有層の面積は、例えば、正極活物質を含んだスラリーの塗布幅及び塗布長を変更することで調整できる。また、例えば、スラリーの塗布幅又は塗布長を小さくすることで、電極の抵抗値を上げることができる及び/又は電極の容量を下げることもできる。反対に、スラリーの塗布幅又は塗布長を大きくすることで、電極の抵抗値を下げることもできる及び/又は電極の容量を上げることができる。

20

【0036】

電極群の厚さ B は、例えば、負極活物質含有層の厚さ、負極集電体の厚さ、正極活物質含有層の厚さ、正極集電体の厚さ及び/又はセパレータの厚さを調整することによって調整できる。また、例えば、各電極の活物質含有層の厚さを大きくすることで、各電極の抵抗値を上げることができ、且つ電極の容量を上げることができる。しかしながら、電極の容量が高くなれば、電極群の容量が高くなり、電池全体としては低い抵抗値を示すことができる。逆に、例えば、各電極の活物質含有層の厚さを小さくすることで、各電極の抵抗値を下げることもでき、且つ各電極の容量を下げることもできる。また、例えば、セパレータの厚さを大きくすることで、電極群の抵抗を上げることができ、且つ電極群の容量を下げることもできる。逆に、セパレータの厚さを小さくすることで、電極群の抵抗を下げることもでき、且つ電極群の容量を上げることができる。

30

【0037】

また、スタック型構造の電極群では、例えば、正極及び負極の積層数を変更することにより、厚さ B を変更することができる。また、捲回型の構造を有する電極群では、例えば、捲回数を変更することにより、厚さ B を変更することができる。また、扁平形状の捲回型電極群では、プレス条件等を変更して扁平率を変更することにより、厚さ B を変更することができる。

40

【0038】

次に、第1の実施形態に係る電極群の各構成部材をより詳細に説明する。

【0039】

(1) 正極

正極集電体は、アルミニウム箔、又は、 Mg 、 Ti 、 Zn 、 Mn 、 Fe 、 Cu 、及び Si から選択される一以上の元素を含むアルミニウム合金箔であることが好ましい。正極集電体の厚さは、 $8\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\ \mu\text{m}$ 以上 $17\ \mu\text{m}$ 以

50

下であることがより好ましく、 $12\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下であることが特に好ましい。

【0040】

正極活物質としては、例えば、層状構造を有し且つ Li_uMeO_2 ($\text{Me} = \text{Ni}$ 、 Co 及び Mn から選択される少なくとも1種)の一般式で表される複合酸化物が挙げられる。この複合酸化物は、上記 Me 以外の金属元素を含んだ複合酸化物も包含する。この複合酸化物の具体例としては、例えばリチウムニッケル複合酸化物(例えば、 Li_uNiO_2)、リチウムコバルト複合酸化物(例えば、 Li_uCoO_2)、リチウムニッケルコバルト複合酸化物(例えば、 $\text{Li}_u\text{Ni}_{1-s}\text{Co}_s\text{O}_2$)、リチウムマンガンコバルト複合酸化物(例えば、 $\text{Li}_u\text{Mn}_s\text{Co}_{1-s}\text{O}_2$)、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物(例えば、 $\text{Li}_u\text{Ni}_{1-s-t}\text{Co}_s\text{Mn}_t\text{O}_2$)、リチウムニッケルコバルトアルミニウム複合酸化物(例えば、 $\text{Li}_u\text{Ni}_{1-s-t}\text{Co}_s\text{Al}_t\text{O}_2$)。を挙げることができる。正極活物質の他の例としては、スピネル型構造を有するリチウムマンガン複合酸化物(例えば、 $\text{Li}_u\text{Mn}_2\text{O}_4$ 及び $\text{Li}_u\text{Mn}_{2-s}\text{Al}_s\text{O}_4$)及びオリビン構造を有するリチウムリン酸化物(例えば、 Li_uFePO_4 、 Li_uMnPO_4 、 $\text{Li}_u\text{Mn}_{1-s}\text{Fe}_s\text{PO}_4$ 、 Li_uCoPO_4)を挙げることができる。上記において、 $0 < u \leq 1$ であり、 $0 \leq s \leq 1$ であり、 $0 \leq t \leq 1$ であることが好ましい。これらの化合物は、 Li を吸蔵及び放出することができる。活物質として、上記化合物のうちの1種を単独で用いてもよいし、又は複数の化合物の混合物を用いることもできる。

10

【0041】

高い入出力特性及び優れた寿命特性を得やすいため、中でもスピネル型構造を有するリチウムマンガン複合酸化物($\text{Li}_u\text{Mn}_2\text{O}_4$ や $\text{Li}_u\text{Mn}_{2-s}\text{Al}_s\text{O}_4$)、リチウムコバルト複合酸化物(Li_uCoO_2)、リチウムニッケルコバルト複合酸化物($\text{Li}_u\text{Ni}_{1-s}\text{Co}_s\text{O}_2$)、リチウムマンガンコバルト複合酸化物($\text{Li}_u\text{Mn}_s\text{Co}_{1-s}\text{O}_2$)、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物(例えば $\text{Li}_u\text{Ni}_{1-s-t}\text{Co}_s\text{Mn}_t\text{O}_2$)、又はオリビン構造を有するリチウムリン酸化物(例えば、 Li_uFePO_4 、 Li_uMnPO_4 、 $\text{Li}_u\text{Mn}_{1-s}\text{Fe}_s\text{PO}_4$ 、 Li_uCoPO_4)を含むことが好ましい。上記において、 $0 < u \leq 1$ であり、 $0 \leq s \leq 1$ であり、 $0 \leq t \leq 1$ であることが好ましい。

20

【0042】

正極活物質は、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物を含むことが特に好ましい。正極活物質は、リチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物を、70質量%以上の割合で含むことが好ましく、90質量%以上の割合で含むことがより好ましい。

30

【0043】

正極が含むことができる導電剤は、集電性能を高め、また、活物質と集電体との接触抵抗を抑える作用を有することができる。導電剤の例には、カーボンブラック(例えば、アセチレンブラック)、黒鉛、カーボンナノファイバー、及びカーボンナノチューブのような炭素質物が含まれる。炭素質物としては、これらのうちの1種を単独で用いてもよいし、或いは複数の炭素質物を用いてもよい。

【0044】

結着剤は、活物質、導電剤及び集電体を結着させる作用を有することができる。結着剤の例には、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、ポリフッ化ビニリデン(PVdF)、及びフッ素系ゴム、スチレンブタジエンゴム、アクリル樹脂またはその共重合体、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリルなどが挙げられる。

40

【0045】

正極活物質含有層中の正極活物質、導電剤及び結着剤は、それぞれ80質量%以上95質量%以下、3質量%以上18質量%以下、及び2質量%以上17質量%以下の割合で配合することが好ましい。導電剤は、3質量%以上の量にすることにより上述した効果を発揮することができる。導電剤は、18質量%以下の量にすることにより高温保存下での導電剤表面での電解質の分解を低減することができる。結着剤は、2質量%以上の量にすることにより十分な電極強度が得られる。結着剤は、17質量%以下の量にすることにより、正極中の絶縁材料である結着剤の配合量を減少させ、内部抵抗を減少できる。

50

【0046】

正極活物質含有層の厚さは、25 μm以上60 μm以下であることが好ましく、30 μm以上50 μm以下であることがより好ましい。また、正極活物質含有層は、1 m²の面積当りの重さが40 g以上150 g以下であることが好ましく、50 g以上100 g以下であることがより好ましい。なお、これらの厚さ及び重さは、正極集電体上の一方の表面に形成された正極活物質含有層についてのパラメータである。

【0047】

(2) 負極

負極集電体は、アルミニウム箔、又はMg、Ti、Zn、Mn、Fe、Cu及びSiのような元素を含むアルミニウム合金箔から形成されることが好ましい。負極集電体の厚さは、8 μm以上20 μm以下であることが好ましく、10 μm以上17 μm以下であることがより好ましく、12 μm以上15 μmであることが特に好ましい。

10

【0048】

単斜晶型ニオブチタン複合酸化物は、いわゆる、単斜晶型の結晶構造を有するニオブチタン複合酸化物である。単斜晶型ニオブチタン複合酸化物としては、例えば、 $Li_xTi_{1-y}M_1N_{1-y}Nb_{2-z}M_2O_{7+}$ の一般式で表される組成を有する複合酸化物を挙げることができる。ここで、M1は、Zr、Si、及びSnからなる群より選択される少なくとも1つである。M2は、V、Ta、及びBiからなる群より選択される少なくとも1つである。各添字は、 $0 < x < 5$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 2$ 、及び $-0.3 < 0.3$ のそれぞれの範囲内にある。単斜晶型ニオブチタン複合酸化物の具体例としては、 $Li_xNb_2TiO_7$ ($0 < x < 5$) の一般式で表される組成を有する複合酸化物が挙げられる。

20

【0049】

単斜晶型ニオブチタン複合酸化物の他の例としては、 $Li_xTi_{1-y}M_3N_{y+z}Nb_{2-z}O_{7-}$ の一般式で表される組成を有する複合酸化物を挙げることができる。ここで、M3は、Mg、Fe、Ni、Co、W、Ta及びMoより選択される少なくとも1つである。また、各添字は、 $0 < x < 5$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 2$ 及び $-0.3 < 0.3$ のそれぞれの範囲内にある。

【0050】

直方晶型チタン含有複合酸化物の例としては、 $Li_{2+a}M(I)_{2-b}Ti_{6-c}M(II)_dO_{14+}$ で表される化合物が挙げられる。ここで、M(I)は、Sr、Ba、Ca、Mg、Na、Cs、Rb及びKからなる群より選択される少なくとも1つである。M(II)は、Zr、Sn、V、Nb、Ta、Mo、W、Y、Fe、Co、Cr、Mn、Ni及びAlからなる群より選択される少なくとも1つである。組成式中のそれぞれの添字は、 $0 < a < 6$ 、 $0 < b < 2$ 、 $0 < c < 6$ 、 $0 < d < 6$ 、 $-0.5 < 0.5$ である。直方晶型チタン含有複合酸化物の具体例として、 $Li_{2+a}Na_2Ti_6O_{14}$ ($0 < a < 6$) が挙げられる。

30

【0051】

負極が含むことができる導電剤は、集電性能を高め、また、活物質と集電体との接触抵抗を抑える作用を有することができる。導電剤の例には、カーボンブラック（例えば、アセチレンブラック）、黒鉛、カーボンナノファイバー、及びカーボンナノチューブのような炭素質物が含まれる。炭素質物としては、これらのうちの1種を単独で用いてもよいし、或いは複数の炭素質物を用いてもよい。

40

【0052】

結着剤は、活物質、導電剤及び集電体を結着させる作用を有することができる。結着剤の例には、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリフッ化ビニリデン（PVdF）、及びフッ素系ゴム、スチレンブタジエンゴム、アクリル樹脂またはその共重合体、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリルなどが挙げられる。

【0053】

負極活物質含有層における負極活物質、導電剤及び結着剤の配合比は、負極活物質は70質量%以上96質量%以下、負極導電剤は2質量%以上28質量%以下、結着剤は2質量%以上28質量%以下の範囲であることが好ましい。導電剤が2質量%未満であると、

50

負極活物質層の集電性能が低下し、大電流特性が低下する恐れがある。また、結着剤が2質量%未満であると、負極活物質層と負極集電体の結着性が低下し、サイクル特性が低下する恐れがある。一方、高容量化の観点から、導電剤及び結着剤は各々28質量%以下であることが好ましい。

【0054】

負極活物質含有層の厚さは、20 μm 以上70 μm 以下であることが好ましく、25 μm 以上65 μm 以下であることがより好ましく、30 μm 以上45 μm であることが特に好ましい。また、負極活物質含有層は、1 m^2 の面積当りの重さが35 g以上150 g以下であることが好ましく、50 g以上100 g以下であることがより好ましい。なお、これらの厚さ及び重さは、負極集電体上の一方の表面に形成された負極活物質含有層についての

10

【0055】

(3) セパレータ

セパレータとしては、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、セルロース及びポリフッ化ビニリデン(PVDF)のような材料から形成された多孔質フィルム、合成樹脂製不織布等を用いることができる。さらに多孔質フィルムに無機化合物を塗布したセパレータも使用できる。

【0056】

セパレータの厚さは、8 μm 以上25 μm 以下であることが好ましく、10 μm 以上15 μm 以下であることがより好ましい。

20

【0057】

次に、図面を参照しながら、第1の実施形態に係る電極群の例を具体的に説明する。

【0058】

図1は、実施形態に係る第1の例の電極群の概略斜視図である。図2は、図1に示す電極群の一部展開斜視図である。図3は、図1及び図2に示す電極群の展開断面図である。なお、図3は、図1及び図2に示す電極群を図2の状態から更に展開して得られた積層体を、図2の一部を示す線分IIIに沿った断面で観察した概略断面図である。

【0059】

図1～図3に示す電極群1は、扁平形状の捲回型の構造を有している。電極群1は、捲回軸wを軸として捲回されている。電極群1には、その捲回状態を保持するために、絶縁テープ11が巻かれている。電極群1は厚さB [cm]を有する。厚さB [cm]は、電極群1の互いに直行する三方向における寸法のうち最も小さい寸法である。

30

【0060】

電極群1は、図2及び図3に示す負極2及び正極3を具備する。

負極2は、図2及び図3に示すように、負極集電体2aと、負極集電体2aの両面上に形成された負極活物質含有層2b₁及び2b₂とを具備する。図2に示すように、負極集電体2aは、負極活物質含有層2b₁及び2b₂を担持していない部分2cを含む。この部分2cは、負極集電タブとして働く。

【0061】

正極3は、図2及び図3に示すように、正極集電体3aと、正極集電体3aの両面上に担持された正極活物質含有層3b₁及び3b₂とを具備する。図2に示すように、正極集電体3aは、正極活物質含有層3b₁及び3b₂を担持していない部分3cを含む。この部分3cは、正極集電タブとして働く。

40

【0062】

電極群1は、図2及び図3に示す2枚のセパレータ4を更に具備する。一枚のセパレータ4、負極2、もう一枚のセパレータ4及び正極3が、図2及び図3に示すように、この順で積層されている。また、図2に示すように、負極集電タブ2cは、正極3と向き合わないよう配置されており、正極集電タブ3cは、負極2と向き合わないよう配置されている。また、図1及び図2に示すように、電極群1の捲回軸wに平行な方向における一方の端部に負極集電タブ2cが配置されており、他方の端部に正極集電タブ3cが配置され

50

ている。

【 0 0 6 3 】

図 3 に示すように、負極 2 は、方向 T - T ' において、正極 3 よりも大きな寸法を有する。そのため、負極活物質含有層 2 b₁ の一部のみが、正極活物質含有層 3 b₂ に向き合っている。図 1 ~ 図 3 に示す電極群 1 では、負極活物質含有層 2 b₁ のうち正極活物質含有層 3 b₂ に向き合った部分は、図 2 に示す幅 C [c m] 及び図 3 に示す長さ L [c m] にわたって拡がっている。また、捲回された状態の電極群 1 では、負極活物質含有層 2 b₂ のうち正極活物質含有層 3 b₁ に向き合った部分も、図 2 に示す幅 C [c m] にわたって拡がっている。ただし、図 3 に示すように、電極群 1 の最も外側に位置する部分（図 3 において s で示す部分）では、負極集電体 2 a の一方の表面は、負極活物質含有層 2 b₂ を担持していない。そのため、負極活物質含有層 2 b₂ のうち正極活物質含有層 3 b₁ に向き合った部分は、図 3 に示す方向 T - T ' において、長さ (L - s) [c m] にわたって拡がっている。すなわち、図 1 ~ 図 4 に示す電極群 1 では、負極活物質含有層 2 b₁ 及び 2 b₂ のうち正極活物質含有層 3 b₁ 及び 3 b₂ に向き合った部分の面積 A [c m²] は以下の式で得ることができる。

10

【 0 0 6 4 】

$$A [c m^2] = (L [c m] \times C [c m]) + \{ (L - s) [c m] \times C [c m] \}$$

なお、例えば図 3 に示す視点 V 1 から観察した場合に図 4 に模式的に示すように負極活物質含有層 2 b（実線）と正極活物質含有層 3 b（点線）との形状が異なっている場合、一方の負極活物質含有層 2 b のうち正極活物質含有層 3 b と向き合った部分は、斜線部分 1 2 となる。

20

【 0 0 6 5 】

次に、第 1 の実施形態に係る他の例の電極群を図 5 ~ 図 7 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 6 】

図 5 は、実施形態に係る第 2 の例の電極群の概略斜視図である。図 6 は、図 5 に示す電極群の線分 V I - V I に沿った概略断面図である。図 7 は、図 5 及び図 6 に示す電極群における負極活物質含有層と正極活物質含有層とが向き合った部分を概略的に示す図である。

【 0 0 6 7 】

図 5 ~ 図 7 に示す電極群 1 は、図 6 に示すように、スタック型の構造を有する。電極群 1 は、複数（例えば 2 枚）の負極 2₁ 及び 2₂ と、複数（例えば 2 枚）の正極 3₁ 及び 3₂ と、複数（例えば 5 枚）のセパレータ 4 とを具備する。

30

【 0 0 6 8 】

1 つの負極 2₁ は、負極集電体 2 a と、負極集電体 2 a の両面上に形成された負極活物質含有層 2 b とを含む。もう 1 つの負極 2₁ は、負極集電体 2 a と、負極集電体 2 a の片面上に形成された負極活物質含有層 2 b とを含む。負極 2₁ 及び 2₂ のそれぞれの負極集電体 2 a は、表面に負極活物質含有層 2 b を担持していない部分 2 c を含む。この部分 2 c は、負極集電体 2 a のうち表面に負極活物質含有層 2 b を担持している部分の幅よりも小さい幅を有する。この部分 2 c は負極集電タブとして働く。

【 0 0 6 9 】

40

1 つの正極 3₁ は、正極集電体 3 a と、正極集電体 3 a の片面上に形成された正極活物質含有層 3 b とを含む。もう 1 つの正極 3₁ は、正極集電体 3 a と、正極集電体 3 a の両面上に形成された正極活物質含有層 3 b とを含む。正極 3₁ 及び 3₂ のそれぞれの正極集電体 3 a は、表面に正極活物質含有層 3 b を担持していない部分 3 c を含む。この部分 3 c は、正極集電体 3 a のうち表面に正極活物質含有層 3 b を担持している部分の幅よりも小さな幅を有する。この部分 3 c は正極集電タブとして働く。

【 0 0 7 0 】

図 6 に示すように、この例の電極群 1 では、下から、セパレータ 4、負極 2₂、セパレータ 4、正極 3₂、セパレータ 4、負極 2₁、セパレータ 4、正極 3₁ 及びセパレータ 4 の順で積層されている。負極 2₁ の一方の負極活物質含有層 2 b の一部は、セパレータ 4 を

50

介して、正極 3_1 の正極活物質含有層 $3b$ と向き合っている。負極 2_1 の他方の負極活物質含有層 $2b$ の一部は、セパレータ 4 を介して、正極 3_2 の一方の正極活物質含有層 $3b$ と向き合っている。負極 2_2 の負極活物質含有層 $2b$ の一部は、セパレータ 4 を介して、正極 3_2 の他方の正極活物質含有層 $3b$ と向き合っている。

【0071】

また、負極集電タブ $2c$ は、重なり合って接続されている。同様に、正極集電タブ $3c$ は、重なり合って接続されている。図5に示すように、負極集電タブ $2c$ の先端と正極集電タブ $3c$ の先端とは、互いに反対の向きを向いている。

【0072】

図7は、図5及び6に示す電極群1を図6の視点V2から観察した際の、負極 2_1 (点線)の負極活物質含有層 $2b$ と正極 3_1 (実線)の正極活物質含有層 $3b$ とが向き合っている部分12(斜線)を概略的に示している。

10

【0073】

図5～図7に示す電極群1において負極活物質含有層 $2b$ のうち正極活物質含有層 $3b$ に向き合った部分の面積 A [cm^2]は、負極 2_1 の負極活物質含有層 $2b$ のうち正極 3_1 の正極活物質含有層 $3b$ と向き合った部分の面積と、負極 2_1 の負極活物質含有層 $2b$ のうち正極 3_2 の正極活物質含有層 $3b$ と向き合った部分の面積と、負極 2_2 の負極活物質含有層 $2b$ のうち正極 3_2 の正極活物質含有層 $3b$ と向き合った部分の面積との和である。また、図5～図7に示す電極群1は、厚さ B [cm]を有する。

【0074】

20

[各種測定方法]

[前処理]

まず、測定対象の電極群を準備する。測定対象の電極群が電池に組み込まれている場合は、以下の手順で、測定対象の電極群を取り出す。まず、測定対象の電極群を含んだ電池を準備する。この電池を、 25 恒温槽内で、 0.2C 相当の電流値 $[A]$ にて、電池電圧が 1.5V に達するまで定電流放電する。その後、この電池を、 1.5V にて1時間にわたって定電圧放電する。定電圧放電後、電池をアルゴングローブボックスに入れ、電池を解体する。グローブボックス内で外装材から電極群を取り出す。この際、正極活物質含有層及び負極活物質含有層が損傷しないように、電極端子及び/又は電極リード留意する。取り出した電極群を、エチルメチルカーボネートに10分間浸漬させる。次いで、電極群をエチルメチルカーボネートから取り出し、乾燥させる。かくして、測定対象の電極群を得ることができる。

30

【0075】

[面積Aの測定]

捲回型の電極群の場合、正極活物質含有層及び負極活物質含有層を損傷しないように留意しながら、電極群の捲回を解く。展開した電極群(積層体)において、負極活物質含有層と正極活物質含有層とが重なり合った部分の面積を測定する。積層体から、正極、負極及び/又はセパレータを剥がす際にも、正極活物質含有層及び負極活物質含有層を損傷しないように留意する。また、負極活物質含有層のうち、捲回された状態において正極活物質含有層と向き合った部分の面積も測定する。

40

【0076】

スタック型構造の電極群の場合は、先のように取り出した電極群において、負極活物質含有層と正極活物質含有層とが重なり合った部分の面積を測定する。積層体から、正極、負極及び/又はセパレータを剥がす際には、正極活物質含有層及び負極活物質含有層を損傷しないように留意する。

【0077】

負極活物質含有層と正極活物質含有層とが重なり合った部分の長さは、定規、巻尺など、長さに応じて測定手段を使い分けて測定する。

【0078】

なお、面積 A は、負極活物質含有層のうち正極活物質含有層に向き合った部分のマクロ

50

的な面積であり、例えば負極活物質含有層の細孔の面積を含まない。

【 0 0 7 9 】

[厚さ B の測定]

電極群の厚さ B は、電極群の表面のうち最大面積を有する面に 1 cm^2 あたり 15 g 以上 20 g 以下の荷重をかけて測定した厚さとする。厚さの測定の際には、このような荷重をかけることができる機能と、このように荷重をかけた状態での長さを測定できる機能とを備えた測定装置を用いる。

【 0 0 8 0 】

[断面 SEM 観察]

測定対象の電極群についてイオンミリング装置を用いて、断面ミリングを行う。得られた断面を、エネルギー分散型 X 線分析装置を備えた走査型電子顕微鏡 (SEM-EDX) で観察する。この観察により、負極活物質含有層及び負極活物質含有層のそれぞれに含まれている成分の組成 (周期表における B ~ U の各元素) を知ることができる。

10

【 0 0 8 1 】

[活物質の同定]

活物質に含まれている化合物の組成及び結晶構造は、上記 SEM-EDX による元素分析の結果と、以下に説明する誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma: ICP) 発光分析の結果と、以下に説明する粉末 X 線回折 (X-ray Diffraction: XRD) 分析の結果とを組み合わせることにより、同定することができる。

【 0 0 8 2 】

[SEM-EDX による元素分析]

上記 SEM-EDX による元素分析によると、活物質に含まれている元素のうち、周期表における B ~ U までの元素の組成を知ることができる。

20

【 0 0 8 3 】

[ICP による元素分析]

電極群から、測定対象の活物質を含んでいる電極を取り出す。次いで、取り出した電極の一部を適切な溶媒中に入れて超音波を照射する。例えば、ガラスビーカー中に入れたエチルメチルカーボネートに電極を入れ、超音波洗浄機中で振動させることで、集電体から活物質を含む活物質含有層を剥離することができる。次に、減圧乾燥を行い、剥離した活物質含有層を乾燥する。得られた活物質含有層を乳鉢などで粉碎することで、測定対象たる活物質、導電剤、結着剤などを含む粉末が得られる。この粉末を、酸で溶解することで、活物質を含む液体サンプルを作成できる。酸としては、塩酸、硝酸、硫酸、フッ化水素などを使用できる。この液体サンプルを ICP 発光分光分析に供することで、活物質における金属元素 (Li を含む) の濃度を知ることができる。

30

[活物質粒子に含まれる化合物の組成の同定]

SEM-EDX による元素分析結果及び ICP 発光分光分析結果に基づいて、活物質に含まれていた化合物の組成を同定することができる。活物質が複数種類ある場合は、各活物質に固有の元素の含有比率からその質量比を推定する。固有の元素と活物質質量の比率とは EDX により求めた構成元素の組成から判断することができる。

【 0 0 8 4 】

[結晶構造の同定]

活物質に含まれている化合物の結晶構造は、X 線回折 (XRD) 測定により特定することができる。

40

【 0 0 8 5 】

測定は、CuK 線を線源として、 $2\theta = 10 \sim 90^\circ$ の測定範囲で行う。この測定により、活物質粒子に含まれる化合物の X 線回折パターンを得ることができる。

【 0 0 8 6 】

粉末 X 線回折測定装置としては、Rigaku 社製 SmartLab を用いる。測定条件は以下の通りとする: Cu ターゲット; 45 kV 200 mA ; ソーラスリット: 入射及び受光共に 5° ; ステップ幅: 0.02 deg ; スキャン速度: 20 deg/分 ; 半導体検出器: D/

50

teX Ultra 250 ; 試料板ホルダ : 平板ガラス試料板ホルダ (厚さ 0 . 5 mm) ; 測定範囲 : 1 0 ° ~ 9 0 ° の範囲。その他の装置を使用する場合は、粉末 X 線回折用標準 S i 粉末を用いた測定を行って、上記装置によって得られる結果と同等のピーク強度、半値幅及び回折角の測定結果が得られる条件を見つけ、その条件で試料の測定を行う。

【 0 0 8 7 】

電極についての X R D 測定は、測定対象の電極を、広角 X 線回折装置のホルダの面積と同程度切り出し、直接ガラスホルダーに貼り付けて測定することによって行うことができる。この際、集電体についての X R D を測定しておき、どの位置に集電体由来のピークが現れるかを把握しておく。また、導電剤や結着剤といった合剤のピークの有無もあらかじめ把握しておく。集電体のピークと活物質のピークとが重なる場合、集電体から活物質含有層を剥離して測定することが望ましい。これは、ピーク強度を定量的に測定する際、重なったピークを分離するためである。もちろん、これらを事前に把握できているのであれば、この操作を省略することができる。活物質含有層を物理的に剥離しても良いが、溶媒中で超音波をかけると剥離しやすい。このようにして回収した活物質含有層を測定することで、活物質の広角 X 線回折測定を行うことができる。

10

【 0 0 8 8 】

以上の手順により、活物質に含まれる化合物の X R D パターンを得ることができる。得られた X R D パターンから、活物質に含まれる化合物の結晶構造を同定することができる。

【 0 0 8 9 】

20

第 1 の実施形態によると、電極群が提供される。この電極群は、正極活物質含有層を含む正極と、負極活物質含有層を含む負極とを具備する。負極活物質含有層は、単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも 1 種のチタン含有複合酸化物を含む。負極活物質含有層の少なくとも一部が、正極活物質含有層の少なくとも一部に向き合っている。この電極群は、式 : $6.500 \text{ A} / 1.8500 \text{ B}$ を満たす。この電極群は、電極群からの発熱を十分に抑えることができると共に、電極群からの放熱を十分に行うことができる。また、この電極群は、大きな電圧が印加された際にも抵抗値の上昇を十分に抑えることができる。そして、この電極群は、低温環境下での充電の際に、電池の急速充電性能を高めるのに十分な熱を生じさせることができる。これらの結果、第 1 の実施形態に係る電極群は、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる電池を実現できる。

30

【 0 0 9 0 】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態によると、電池が提供される。この電池は、実施形態に係る電極群と、電解質とを具備する。

【 0 0 9 1 】

第 2 の実施形態に係る電池は、第 1 の実施形態に係る電極群を具備するので、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる。

【 0 0 9 2 】

第 2 の実施形態に係る電池は、充電及び放電を繰り返し行うことができる。そのため、第 2 の実施形態に係る電池は、二次電池ということもできる。

40

【 0 0 9 3 】

第 2 の実施形態に係る電池は、例えば非水電解質電池である。非水電解質電池は非水電解質を含み、非水電解質は電解質を含む。或いは、第 2 の実施形態に係る電池は、水系溶媒と、水系溶媒に溶解した電解質とを含んだ電解液を含んだ電池であってもよい。

【 0 0 9 4 】

次に、第 2 の実施形態に係る電池をより詳細に説明する。

【 0 0 9 5 】

第 2 の実施形態に係る電池の一例である非水電解質電池において、非水電解質は、例えば電極群に含浸された状態で保持され得る。或いは、第 2 の実施形態に係る他の例の電池

50

では、電解質を含んだ電解液が、例えば電極群に含浸された状態で保持され得る。

【0096】

第2の実施形態に係る電池は、負極端子及び正極端子を更に含むことができる。負極端子は、その一部が負極の一部に電氣的に接続されることによって、負極と外部端子との間で電子が移動するための導体として働くことができる。負極端子は、例えば、負極集電体、特に負極集電タブに接続することができる。同様に、正極端子は、その一部が正極の一部に電氣的に接続されることによって、正極と外部回路との間で電子が移動するための導体として働くことができる。正極端子は、例えば、正極集電体、特に正極集電タブに接続することができる。

【0097】

第2の実施形態に係る電池は、外装部材を更に具備することができる。外装部材は、電極群及び電解質を収容することができる。非水電解質電池の場合、非水電解質は、外装部材内で、電極群に含浸され得る。正極端子及び負極端子のそれぞれの一部は、外装部材から延出させることができる。

【0098】

第2の実施形態に係る電池の定格容量は、25Ah以上150Ah以下であることが好ましく、30Ah以上100Ah以下であることがより好ましい。電池の定格容量は、以下の手順で測定する。まず、測定対象の電池を、25℃環境下において、5Aの定電流にて3.2Vまで充電する。次いで、電池を、3.2Vの低電圧で、1時間にわたって放電する。その後、電池を、30分間開回路状態で放置する。次いで、電池を、5Aの定電流で、1.5Vまで放電する。この放電で得られた容量を、定格容量[Ah]とする。

【0099】

次に、第2の実施形態に係る電池の一例である非水電解質電池が含むことができる各部材をより詳細に説明する。

【0100】

(電極群)

第2の実施形態に係る電池が具備する電極群は、第1の実施形態に係る電極群である。

【0101】

(非水電解質)

非水電解質としては、例えば、液状非水電解質又はゲル状非水電解質を用いることができる。

【0102】

液状非水電解質は、電解質を有機溶媒に溶解することにより調製することができる。電解質の濃度は、0.5~2.5mol/lの範囲であることが好ましい。ゲル状非水電解質は、液状電解質と高分子材料とを複合化することにより調製される。

【0103】

電解質の例には、過塩素酸リチウム(LiClO₄)、六フッ化リン酸リチウム(LiPF₆)、四フッ化ホウ酸リチウム(LiBF₄)、六フッ化ヒ酸リチウム(LiAsF₆)、トリフルオロメタンスルホン酸リチウム(LiCF₃SO₃)、及び、ビストリフルオロメチルスルホニルイミドリチウム[LiN(CF₃SO₂)₂]のようなりチウム塩が含まれる。電解質としては、これらの電解質のうちの1種を単独で用いてもよいし、又は2種類以上の電解質を組合せて用いることもできる。電解質は、LiPF₆を含むことが好ましい。

【0104】

有機溶媒の例には、プロピレンカーボネート(PC)、エチレンカーボネート(EC)、ビニレンカーボネートのような環状カーボネート；ジエチルカーボネート(DEC)、ジメチルカーボネート(DMC)、メチルエチルカーボネート(MEC)のような鎖状カーボネート；テトラヒドロフラン(THF)、2-メチルテトラヒドロフラン(2MeTHF)、ジオキソラン(DOX)のような環状エーテル；ジメトキシエタン(DME)、ジエトキシエタン(DEE)のような鎖状エーテル；アセトニトリル(AN)、及び、ス

10

20

30

40

50

ルホラン (S L) が含まれる。有機溶媒としては、これらの溶媒のうちの 1 種を単独で用いてもよいし、又は 2 種類以上の溶媒を組合せて用いることもできる。

【 0 1 0 5 】

より好ましい有機溶媒の例には、プロピレンカーボネート (P C)、エチレンカーボネート (E C)、ジエチルカーボネート (D E C)、ジメチルカーボネート (D M C)、及びメチルエチルカーボネート (M E C) よりなる群から選択される 2 種以上を混合した混合溶媒が含まれる。このような混合溶媒を用いることによって、充放電サイクル特性の優れた非水電解質電池を得ることができる。また、電解液には添加剤を加えることもできる。

【 0 1 0 6 】

(外装部材)

外装部材としては、例えば、ラミネートフィルム製の袋状容器又は金属製容器を用いることができる。

【 0 1 0 7 】

形状としては、特に限定されないが、扁平型、角型、円筒型、コイン型、ボタン型、シート型、積層型等が挙げられる。なお、無論、携帯用電子機器等に積載される小型電池の他、二輪乃至四輪の自動車等に積載される大型電池でも良い。

【 0 1 0 8 】

ラミネートフィルムとしては、例えば、樹脂フィルム間に金属層を挟み込んだ多層フィルムを用いることができる。或いは、金属層と、金属層を被覆する樹脂層とからなる多層フィルムを用いることもできる。

【 0 1 0 9 】

金属層は、軽量化のためにアルミニウム箔もしくはアルミニウム合金箔が好ましい。樹脂フィルムには、例えばポリプロピレン (P P)、ポリエチレン (P E)、ナイロン、及びポリエチレンテレフタレート (P E T) のような高分子材料を用いることができる。ラミネートフィルムは、熱融着によりシールを行って外装部材の形状に成形することができる。ラミネートフィルムは、肉厚が 0 . 2 m m 以下であることが好ましい。

【 0 1 1 0 】

金属製容器は、アルミニウム又はアルミニウム合金から形成されることができる。アルミニウム合金は、マグネシウム、亜鉛及びケイ素のような元素を含むことが好ましい。一方、鉄、銅、ニッケル、クロム等の遷移金属の含有量は 1 0 0 p p m 以下にすることが好ましい。これにより、高温環境下での長期信頼性、放熱性を飛躍的に向上させることが可能となる。金属製容器は、肉厚が 0 . 5 m m 以下であることが好ましく、肉厚が 0 . 2 m m 以下であることがより好ましい。

【 0 1 1 1 】

(正極端子)

正極端子は、例えばリチウムの酸化還元電位に対する電位が 3 . 0 V 以上 4 . 5 V 以下の範囲において電氣的に安定であり、且つ導電性を有する材料から形成される。アルミニウム、又は M g、T i、Z n、M n、F e、C u 及び S i のような元素を含むアルミニウム合金から形成されることが好ましい。正極端子は、正極集電体との接触抵抗を低減するために、正極集電体と同様の材料から形成されることが好ましい。

【 0 1 1 2 】

(負極端子)

負極端子は、リチウムの酸化還元電位に対する電位が 0 . 8 V 以上 3 . 0 V 以下の範囲において電氣的に安定であり、かつ導電性を有する材料から形成される。アルミニウム、又は、M g、T i、Z n、M n、F e、C u、S i のような元素を含むアルミニウム合金から形成されることが好ましい。負極端子は、負極集電体との接触抵抗を低減するために、負極集電体と同様の材料から形成されることが好ましい。

【 0 1 1 3 】

次に、第 2 の実施形態に係る幾つかの例の非水電解質電池を、図面を参照しながら具体

10

20

30

40

50

的に説明する。

【0114】

図8は、第2の実施形態に係る一例の扁平型非水電解質電池の概略断面図である。図9は、図8のA部の拡大断面図である。

【0115】

図8及び図9に示す非水電解質電池10は、図8に示す扁平状の捲回型電極群1を具備している。扁平状の捲回電極群1は、ラミネートフィルムからなる袋状外装部材5内に収納されている。ラミネートフィルムは、金属層と、これを挟む2枚の樹脂フィルムとを含んでいる。

【0116】

扁平状の捲回電極群1は、図9に示すように、外側から負極2、セパレータ4、正極3、セパレータ4の順で積層した積層物を渦巻状に捲回し、プレス成型することにより形成されている。負極2のうち最も外側に位置する部分は、図9に示すように負極集電体2aの内面側の片面上に負極活物質含有層2bを形成している。負極2のその他の部分では、負極集電体2aの両面上に負極活物質含有層2bが形成されている。正極3については、正極集電体3aの両面に正極活物質含有層3bが形成されている。

【0117】

捲回型の電極群1の外周端近傍において、負極端子7が、負極2の最外層の部分の負極集電体2aに接続されており、正極端子6が、内側に位置する正極3の正極集電体3aに接続されている。これらの負極端子7および正極端子6は、袋状外装部材5の開口部から外部に延出されている。

【0118】

図8及び図9に示す非水電解質電池10は、図示しない非水電解質を更に具備する。非水電解質は、電極群1に含浸された状態で、外装部材5内に收容されている。

【0119】

非水電解質は、例えば、袋状外装部材5の開口部から注入することができる。非水電解質注入後、袋状外装部材5の開口部を負極端子7及び正極端子6を挟んでヒートシールすることにより、捲回型電極群1及び非水電解質を完全密封することができる。

【0120】

図8に示す電極群1は、第1の実施形態に係る電極群の一例である。

【0121】

第2の実施形態に係る非水電解質電池は、前述した図8及び図9に示す構成を有するものに限らず、例えば図10及び図11に示す構成を有することができる。

【0122】

図10は、第2の実施形態に係る他の一例の非水電解質電池の概略部分切欠き斜視図である。図11は、図10のB部の拡大断面図である。

【0123】

図10及び図11に示す非水電解質電池10は、スタック型電極群1を具備する。スタック型電極群1は、ラミネートフィルムからなる外装部材5内に収納されている。ラミネートフィルムは、金属層と、これを間に挟んだ2枚の樹脂フィルムとを含んでいる。

【0124】

スタック型電極群1は、図11に示すように、正極3と負極2とをその間にセパレータ4を介在させながら交互に積層した構造を有する。正極3は複数枚存在し、それぞれが集電体3aと、集電体3aの両面に担持された正極活物質含有層3bとを備える。負極2は複数枚存在し、それぞれが負極集電体2aと、負極集電体2aの両面に担持された負極活物質含有層2bとを備える。各負極2の負極集電体2aは、一辺が正極3から突出している。負極集電体2aのうち正極3から突出した部分2cは、帯状の負極端子7に電氣的に接続されている。帯状の負極端子7の先端は、外装部材5から外部に引き出されている。また、図示しないが、正極3の正極集電体3aは、負極集電体2aの突出辺2cと反対側に位置する辺が負極2から突出している。正極集電体3aのうち負極2から突出した部分

10

20

30

40

50

は、帯状の正極端子 6 に電氣的に接続されている。帯状の正極端子 6 の先端は、負極端子 8 とは反対側に位置し、外装部材 2 の辺から外部に引き出されている。

【 0 1 2 5 】

図 1 0 及び 1 1 に示す電極群 1 は、第 1 の実施形態に係る電極群の一例である。

【 0 1 2 6 】

第 2 の実施形態に係る電池は、第 1 の実施形態に係る電極群を含むので、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる。

【 0 1 2 7 】

(第 3 の実施形態)

第 3 の実施形態によると、電池パックが提供される。この電池パックは、第 2 の実施形態に係る電池を具備する。

【 0 1 2 8 】

第 3 の実施形態に係る電池パックは、複数の電池を備えることもできる。複数の電池は、電氣的に直列に接続することもできるし、又は電氣的に並列に接続することもできる。或いは、複数の電池を、直列及び並列の組み合わせで接続することもできる。

【 0 1 2 9 】

例えば、第 3 の実施形態に係る電池パックは、第 2 の実施形態に係る電池を 5 つ具備することもできる。これらの電池は、直列に接続されることができる。また、直列に接続された電池は、組電池を構成することができる。すなわち、第 3 の実施形態に係る電池パックは、組電池を具備することもできる。

【 0 1 3 0 】

第 3 の実施形態に係る電池パックは、複数の組電池を具備することができる。複数の組電池は、直列、並列、又は直列及び並列の組み合わせで接続することができる。

【 0 1 3 1 】

第 3 の実施形態に係る電池パックを図 1 2 及び図 1 3 を参照して詳細に説明する。単電池には、図 8 及び図 9 に示す扁平型電池を使用することができる。

【 0 1 3 2 】

前述した図 8 及び図 9 に示す扁平型非水電解質電池から構成される複数の単電池 2 1 は、外部に延出した負極端子 7 及び正極端子 6 が同じ向きに揃えられるように積層され、粘着テープ 2 2 で締結することにより組電池 2 3 を構成している。これらの単電池 2 1 は、図 1 3 に示すように互いに電氣的に直列に接続されている。

【 0 1 3 3 】

プリント配線基板 2 4 は、負極端子 7 及び正極端子 6 が延出する単電池 2 1 側面と対向して配置されている。プリント配線基板 2 4 には、図 1 3 に示すようにサーミスタ 2 5、保護回路 2 6 及び外部機器への通電用端子 2 7 が搭載されている。なお、組電池 2 3 と対向するプリント配線基板 2 4 の面には組電池 2 3 の配線と不要な接続を回避するために絶縁板 (図示せず) が取り付けられている。

【 0 1 3 4 】

正極側リード 2 8 は、組電池 2 3 の最下層に位置する正極端子 6 に接続され、その先端はプリント配線基板 2 4 の正極側コネクタ 2 9 に挿入されて電氣的に接続されている。負極側リード 3 0 は、組電池 2 3 の最上層に位置する負極端子 7 に接続され、その先端はプリント配線基板 2 4 の負極側コネクタ 3 1 に挿入されて電氣的に接続されている。これらのコネクタ 2 9 及び 3 1 は、プリント配線基板 2 4 に形成された配線 3 2 及び 3 3 を通して保護回路 2 6 に接続されている。

【 0 1 3 5 】

サーミスタ 2 5 は、単電池 2 1 の温度を検出し、その検出信号は保護回路 2 6 に送信される。保護回路 2 6 は、所定の条件で保護回路 2 6 と外部機器への通電用端子 2 7 との間、プラス側配線 3 4 a 及びマイナス側配線 3 4 b を遮断できる。所定の条件とは、例えばサーミスタ 2 5 の検出温度が所定温度以上になったときである。また、所定の条件とは単電池 2 1 の過充電、過放電、過電流等を検出したときである。この過充電等の検出は、個

10

20

30

40

50

々の単電池 2 1 若しくは組電池 2 3 全体について行われる。個々の単電池 2 1 を検出する場合、電池電圧を検出してよいし、正極電位もしくは負極電位を検出してよい。後者の場合、個々の単電池 2 1 中に参照極として用いるリチウム電極が挿入される。図 1 2 及び図 1 3 の場合、単電池 2 1 それぞれに電圧検出のための配線 3 5 を接続し、これら配線 3 5 を通して検出信号が保護回路 2 6 に送信される。

【 0 1 3 6 】

正極端子 6 及び負極端子 7 が突出する側面を除く組電池 2 3 の三側面には、ゴムもしくは樹脂からなる保護シート 3 6 がそれぞれ配置されている。

【 0 1 3 7 】

組電池 2 3 は、各保護シート 3 6 およびプリント配線基板 2 4 と共に収納容器 3 7 内に収納される。すなわち、収納容器 3 7 の長辺方向の両方の内側面と短辺方向の内側面それぞれに保護シート 3 6 が配置され、短辺方向の反対側の内側面にプリント配線基板 2 4 が配置される。組電池 2 3 は、保護シート 3 6 およびプリント配線基板 2 4 で囲まれた空間内に位置する。蓋 3 8 は、収納容器 3 7 の上面に取り付けられている。

【 0 1 3 8 】

なお、組電池 2 3 の固定には粘着テープ 2 2 に代えて、熱収縮テープを用いてもよい。この場合、組電池の両側面に保護シートを配置し、熱収縮テープを周回させた後、熱収縮テープを熱収縮させて組電池を結束させる。

【 0 1 3 9 】

図 1 2 及び図 1 3 では単電池 2 1 を直列接続した形態を示したが、電池容量を増大させるためには並列に接続してもよい。組み上がった電池パックを直列及び / 又は並列に接続することもできる。

【 0 1 4 0 】

また、第 3 の実施形態に係る電池パックは、様々な形態の第 1 の実施形態に係る電池を具備することができる。

【 0 1 4 1 】

第 3 の実施形態に係る電池パックの態様は、用途により適宜変更される。第 3 の実施形態に係る電池パックは、大電流を取り出したときにサイクル特性が優れていることが要求される用途に好適に用いられる。具体的には、デジタルカメラの電源として、又は、例えば列車、二輪乃至四輪のハイブリッド電気自動車、二輪乃至四輪の電気自動車、及び、アシスト自転車等の車両の車載用電池として用いられる。特に、車載用電池として好適に用いられる。

【 0 1 4 2 】

第 3 の実施形態に係る電池パックは、第 2 の実施形態に係る電池を含むので、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる。

【 0 1 4 3 】

[実施例]

以下に実施例を説明するが、本発明の主旨を超えない限り、本発明は以下に掲載される実施例に限定されるものでない。

【 0 1 4 4 】

(実施例 1)

実施例 1 では、以下の手順で電極群を作製した。

【 0 1 4 5 】

[負極の作製]

負極活物質として、式 $TiNb_2O_7$ で表される組成を有する単斜晶型ニオブチタン複合酸化物の粒子を準備した。この粒子は、平均粒径が $15 \mu m$ であり、表面に炭素が付着された二次粒子形状であった。また、導電剤としてのアセチレンブラックと、結着剤としてのポリフッ化ビニリデン (PVdF) とを準備した。これらを、負極活物質 : 導電剤 : 結着剤の質量比が $80 : 10 : 10$ となるように N - メチルピロリドン中で混合し、スラリーを得た。このスラリーを厚さが $12 \mu m$ であるアルミニウム箔の集電体の両面上に塗布

10

20

30

40

50

し、塗膜を乾燥させた。かくして、集電体と、集電体の両面上に形成された負極活物質含有層とを含んだ複合体を得た。次いで、得られた複合体を、厚さが119.6 μmになるようにロールプレスに供した。次いで、この複合体を更に真空乾燥に供した。次いで、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が190 mmとなるように裁断した。かくして、負極を得た。

【0146】

[正極の作製]

正極活物質として、式 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ で表されるリチウムニッケルコバルトマンガン複合酸化物の粒子を準備した。また、導電剤としてのアセチレンブラックと、結着剤としてポリフッ化ビニリデン (PVdF) とを用意した。これらを、正極活物質 : 導電剤 : 結着剤の質量比が90 : 5 : 5となるように混合して混合物を得た。次に、得られた混合物をn-メチルピロリドン (NMP) 溶媒中に分散して、正極スラリーを調製した。このスラリーを、厚さが15 μmであるアルミニウム箔の集電体の両面上に塗布し、塗膜を乾燥させた。かくして、集電体と、集電体の両面上に形成された正極活物質含有層とを含んだ複合体を得た。次いで、得られた複合体を、厚さが117.9 μmとなるようにロールプレスに供した。次いで、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が189 mmとなるように裁断した。かくして、正極を得た。

【0147】

[電池の組み立て]

厚さが10 μmであるセルローズ繊維不織布の2枚のセパレータを用意した。次いで、負極、セパレータ、正極及びセパレータの順で積層し、積層体を得た。次いで、この積層体を、負極の一部が最も外側に位置するように渦巻き状に捲回し、捲回体を得た。次いで、この捲回体をプレスした。かくして、電極群を製造した。捲回数及びプレス圧は、得られた電極群の厚さBが1.67 cmとなるように調整した。この電極群を、ラミネートフィルム製の容器に挿入した。

【0148】

一方で、以下の手順で非水電解質を調製した。まず、プロピレンカーボネート (PC) とジエチルカーボネート (DEC) を体積比PC : DECが1 : 2となるように混合して、混合溶媒を得た。この混合溶媒に、六フッ化リン酸リチウム LiPF_6 を1 Mの濃度で溶解させ、液状非水電解質を得た。

【0149】

調製した液状非水電解質を、容器内に注入した。かくして、電極群が非水電解質を保持した。次いで、容器を封止することにより、厚さが17 mmであり、幅が88 mmであり、高さが240 mmである非水電解質電池を得た。

【0150】

(実施例2)

実施例2では、以下の点以外は実施例1と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが91.3 μmとなるように、ロールプレスを行った。また、正極作製の際、複合体の厚さが96.4 μmとなるように、ロールプレスを行った。プレスを実施した。そして、電極群の作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さBが1.67 cmとなるように調整した。具体的には、実施例2では、実施例1よりも捲回数を増やした。

【0151】

実施例2の電池は、厚さが17 mmであり、幅が88 mmであり、高さが240 mmである非水電解質電池であった。

【0152】

(実施例3)

実施例3では、以下の点以外は実施例1と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが91.3 μmとなるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が93 mmとなるように裁断し、負極を得た。

更に、正極作製の際、複合体の厚さが $96.4\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が $92\ \text{mm}$ となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が $2.0\ \text{cm}$ となるように調整した。得られた電極群を、アルミニウム製の容器に収容した。

【0153】

実施例3の電池は、厚さが $21\ \text{mm}$ であり、幅が $115\ \text{mm}$ であり、高さが $105\ \text{mm}$ である角形の非水電解質電池であった。

【0154】

(実施例4)

実施例4では、以下の点以外は実施例3と同様にして、非水電解質電池を作製した。

電極群作製の際、セパレータとして、厚さが $20\ \mu\text{m}$ であるセルローズ繊維不織布の2枚のセパレータを用意した。また、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が $2.0\ \text{cm}$ となるように調整した。

【0155】

実施例4の電池は、厚さが $21\ \text{mm}$ であり、幅が $115\ \text{mm}$ であり、高さが $105\ \text{mm}$ である角形の非水電解質電池であった。

【0156】

(実施例5)

実施例5では、以下の点以外は実施例1と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが $111.5\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、正極作製の際、複合体の厚さが $126.3\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。プレスを実施した。そして、電極群の作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が $3.47\ \text{cm}$ となるように調整した。

【0157】

実施例5の電池は、厚さが $35\ \text{mm}$ であり、幅が $88\ \text{mm}$ であり、高さが $240\ \text{mm}$ である非水電解質電池であった。

【0158】

(実施例6)

実施例6では、以下の点以外は実施例1と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが $91.3\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が $190\ \text{mm}$ となるように裁断し、負極を得た。更に、正極作製の際、複合体の厚さが $96.4\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が $189\ \text{mm}$ となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が $4.27\ \text{cm}$ となるように調整した。

【0159】

実施例6の電池は、厚さが $43\ \text{mm}$ であり、幅が $88\ \text{mm}$ であり、高さが $240\ \text{mm}$ である非水電解質電池であった。

【0160】

(比較例1)

比較例1では、以下の点以外は実施例1と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが $64.5\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が $190\ \text{mm}$ となるように裁断し、負極を得た。更に、正極作製の際、複合体の厚さが $69.0\ \mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が $189\ \text{mm}$ となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が $1.67\ \text{cm}$ となるように調整した。

【0161】

比較例1の電池は、厚さが $17\ \text{mm}$ であり、幅が $88\ \text{mm}$ であり、高さが $240\ \text{mm}$ である非水電解質電池であった。

10

20

30

40

50

【0162】

(比較例2)

比較例2では、以下の点以外は実施例1と同様の手順で、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが $121.6\mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が 93mm となるように裁断し、負極を得た。更に、正極作製の際、複合体の厚さが $131.9\mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が 92mm となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さBが 2.0cm となるように調整した。得られた電極群を、アルミニウム製の容器に収容した。

10

【0163】

比較例2の電池は、厚さが 21mm であり、幅が 115mm であり、高さが 105mm である角形の非水電解質電池であった。

【0164】

(比較例3)

比較例1では、以下の手順で電極群を作製した。

[負極の作製]

負極活物質として、式 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ で表される組成を有する粒子を準備した。この粒子は、平均粒径が $2\mu\text{m}$ である一次粒子形状であった。また、導電剤としてのアセチレンブラックと、結着剤としてのポリフッ化ビニリデン(PVDF)とを準備した。これらを、負極活物質：導電剤：結着剤の質量比が $80:10:10$ となるようにN-メチルピロリドン中で混合し、スラリーを得た。このスラリーを厚さが $15\mu\text{m}$ であるアルミニウム箔の集電体の両面上に塗布し、塗膜を乾燥させた。かくして、集電体と、集電体の両面上に形成された負極活物質含有層とを含んだ複合体を得た。次いで、得られた複合体を、厚さが $130.4\mu\text{m}$ になるようにロールプレスに供した。次いで、この複合体を更に真空乾燥に供した。次いで、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が 185mm となるように裁断した。かくして、負極を得た。

20

【0165】

[正極の作製]

以下の点以外は実施例1と同様の手順で、正極を作製した。

複合体の厚さが $96.0\mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が 184mm となるように裁断し、正極を得た。

30

【0166】

[電池の組み立て]

以下の点以外は実施例1と同様の手順で、電池を作製した。

まず、以上に説明した手順で作製した負極及び正極を用いた。また、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さBが 1.67cm となるように調整した。

【0167】

比較例3の電池は、厚さが 17mm であり、幅が 88mm であり、高さが 240mm である非水電解質電池であった。

40

【0168】

(比較例4)

比較例4では、以下の点以外は比較例3と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが $68.4\mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が 185mm となるように裁断し、負極を得た。更に、正極作製の際、複合体の厚さが $51.7\mu\text{m}$ となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が 184mm となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、捲回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さBが 1.67cm となるように調整した。

【0169】

50

比較例 4 の電池は、厚さが 1.7 mm であり、幅が 8.8 mm であり、高さが 240 mm である非水電解質電池であった。

【0170】

(比較例 5)

比較例 5 では、以下の点以外は比較例 3 と同様にして、非水電解質電池を作製した。

負極作製の際、複合体の厚さが 155.6 μm となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、負極活物質含有層の塗工幅が 9.3 mm となるように裁断し、負極を得た。更に、正極作製の際、複合体の厚さが 112.9 μm となるように、ロールプレスを行った。また、複合体を、正極活物質含有層の塗工幅が 9.2 mm となるように裁断し、正極を得た。そして、電極群作製の際、巻回数及びプレス圧を、得られた電極群の厚さ B が 2.0 cm となるように調整した。得られた電極群を、アルミニウム製の容器に収容した。

10

【0171】

比較例 5 の電池は、厚さが 2.1 mm であり、幅が 1.15 mm であり、高さが 105 mm である非水電解質電池であった。

【0172】

実施例 1 ~ 6、及び比較例 1 ~ 5 の各々の電池についての、電極群における負極活物質含有層のうち正極活物質含有層と向き合った部分の面積 (対向面積) A [cm^2] 及び電極群の厚さ B [cm] を以下の表 1 に示す。また、各電池の定格容量を、以下の表 1 に示す。対向面積、電極群の厚さ及び定格容量は、先に説明した手順で測定した。

20

【0173】

【表 1】

	対向面積 A [cm^2]	電極群の厚さ B [cm]	定格容量 [Ah]	比 A/B
実施例 1	19120	1.67	50.1	11449
実施例 2	23760	1.67	46.2	14226
実施例 3	15370	2.0	29.9	7685
実施例 4	13840	2.0	25.8	6920
実施例 5	46890	3.47	122	13513
実施例 6	76930	4.27	149	18016
比較例 1	32080	1.67	41.8	19209
比較例 2	11850	2.0	31.1	5925
比較例 3	18540	1.67	34.5	11102
比較例 4	32020	1.67	28.5	19174
比較例 5	11000	2.0	25.5	5500

30

【0174】

<低温での急速充電性能試験>

各電池の低温での急速充電性能を、以下の手順で評価した。

40

【0175】

まず、電池を、25 環境下において、5 A の定電流で、1.5 V の電圧に達するまで放電した。その後、電池を、充電状態 (State-of-Charge: SOC) が定格容量の 30% (SOC 30%) に達するまで、0.2 C の定電流で充電した。この状態の電池を、以下の手順で、0 での急速充電試験及び 25 での急速充電試験に供した。

【0176】

<0 での急速充電試験>

電池の表面温度が 0 ± 3 になるように環境温度を調整した。その後、この環境温度を 3 時間保持した。次いで、電池を開回路状態とした。次いで、電池を、1.0 C の定電流で、10 秒間充電した。

50

【0177】

この際の抵抗値を以下のようにして算出した。まず、電流印加前の電圧を V_0 とした。一方、10秒放電時の電圧を V_{10} とした。電圧 V_0 及び電圧 V_{10} のそれぞれの値、並びに10Cレートに相当する電流値 I_{10C} の値を、下記式(A)の V_0 、 V_{10} 及び I_{10C} のそれぞれに代入して、10秒抵抗 R_{10sec} を算出した。

【0178】

$$R_{10sec} = |V_{10} - V_0| / I_{10C} \quad (A)$$

このようにして算出した10秒抵抗 R_{10sec} を、0での10C充電抵抗 R_0 とした。

【0179】

<25での急速充電試験>

電池の表面温度が 25 ± 3 になるように環境温度を調整した。その後、この環境温度を3時間保持した。次いで、電池を開回路状態とした。次いで、電池を、10Cの定電流で、10秒間充電した。この際の抵抗値(25での10C充電抵抗 R_{25})を、先と同様の手順で算出した。

【0180】

各電池の比 R_0 / R_{25} (すなわち、0での10C充電抵抗 R_0 の25での10C充電抵抗 R_{25} に対する比)を、低温での急速充電性能の指標とした。比 R_0 / R_{25} が低い電池ほど、低温で急速充電を行った際の抵抗値が低く、低温での急速充電性能が優れていることを意味する。

【0181】

<充放電サイクル試験>

各電池のサイクル寿命を、以下の手順で評価した。

【0182】

まず、電池を、55の温度環境下においた。この温度環境下で、電池を、1000回の充放電サイクルに供した。1つのサイクルでは、まず、電池を、1Cの定電流で電池電圧が3.0Vに到達するまで充電した。次いで、電池を、3.0Vの定電圧で充電し続け、電流値が0.05Cに収束したところで充電をカットした。次いで、電池を、1Cの定電流で放電し、電池電圧が1.5Vに到達したときに放電をカットした。また、充放電サイクルの前後に、電池の放電容量を測定した。1000回の充放電サイクルに供した後の放電容量を、初回の充放電サイクルに供する前の放電容量で除して、1000サイクル後の放電容量維持率[%]とした。

【0183】

上記評価の結果を、以下の表2及び表3に示す。

【0184】

なお、表2では、実施例1、2、5及び6、並びに比較例1の電池の結果を、比較例1の結果を基準(1.000)とした相対値で示している。また、表3では、実施例3及び4、並びに比較例2の電池の結果を、比較例2の結果を基準(1.000)とした相対値で示している。また、表4では、比較例3~5の電池の結果を、比較例4を基準(1.000)とした相対値で示している。

【0185】

10

20

30

40

【表 2】

	比 R_0/R_{25} (相対値)	1000 サイクル後 放電容量維持率 (相対値)
実施例 1	0.769	1.103
実施例 2	0.731	1.128
実施例 5	0.769	1.038
実施例 6	0.846	1.026
比較例 1	1.000	1.000

10

【0186】

【表 3】

	比 R_0/R_{25} (相対値)	1000 サイクル後 放電容量維持率 (相対値)
実施例 3	0.697	1.065
実施例 4	0.727	1.065
比較例 2	1.000	1.000

20

【0187】

【表 4】

	比 R_0/R_{25} (相対値)	1000 サイクル後 放電容量維持率 (相対値)
比較例 3	0.952	0.989
比較例 4	1.000	1.000
比較例 5	0.952	0.989

30

【0188】

表 1 及び表 2 から明らかなように、比 A/B が $6500 < A/B < 18500$ の範囲にある実施例 1、2、5 及び 6 の各電池は、比 A/B がこの範囲外にある比較例 1 の電池よりも、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができたことが分かる。また、表 1 及び表 3 から明らかなように、比 A/B が $6500 < A/B < 18500$ の範囲にある実施例 3 及び 4 の各電池は、比 A/B がこの範囲外にある比較例 2 の電池よりも、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができたことが分かる。

【0189】

40

一方、表 1 及び表 4 から明らかなように、負極活物質含有層がスピネル型チタン酸リチウムを含んでいる負極を具備した電池に関しては、比 A/B が $6500 < A/B < 18500$ の範囲にある比較例 3 の電池も、比 A/B がこの範囲外にある比較例 4 及び 5 の電池も、同程度のサイクル寿命及び同程度の低温環境下での急速充電性能を示した。この結果から、負極活物質含有層が単斜晶型ニオブチタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物の何れも含んでいない電極群では、比 A/B を $6500 < A/B < 18500$ としても、実現できる電池性能を向上させることができないことが分かる。

【0190】

これらの少なくとも 1 つの実施形態又は実施例の電極群は、正極活物質含有層を含む正極と、負極活物質含有層を含む負極とを具備する。負極活物質含有層は、単斜晶型ニオブ

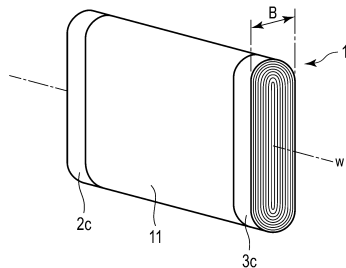
50

チタン複合酸化物及び直方晶型チタン含有複合酸化物からなる群より選択される少なくとも1種のチタン含有複合酸化物を含む。負極活物質含有層の少なくとも一部が、正極活物質含有層の少なくとも一部に向き合っている。この電極群は、式： $6500 \frac{A}{B} 18500$ を満たす。この電極群は、電極群からの発熱を十分に抑えることができると共に、電極群からの放熱を十分に行うことができる。また、この電極群は、大きな電圧が印加された際にも抵抗値の上昇を十分に抑えることができる。そして、この電極群は、低温環境下での充電の際に電池の急速充電性能を高めるのには十分な熱を生じさせることができる。これらの結果、この電極群は、優れたサイクル寿命及び低温環境下での優れた急速充電性能を示すことができる電池を実現できる。

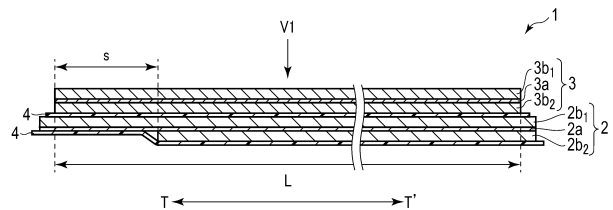
【0191】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

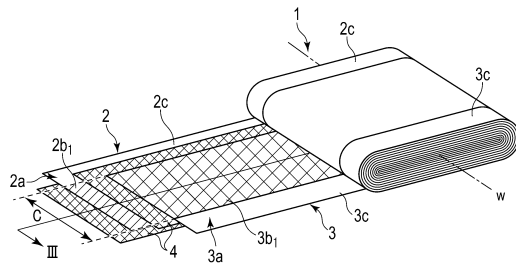
【図1】



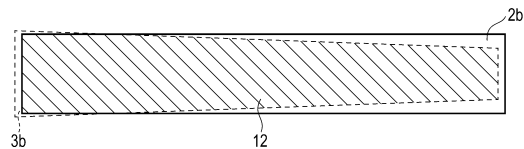
【図3】



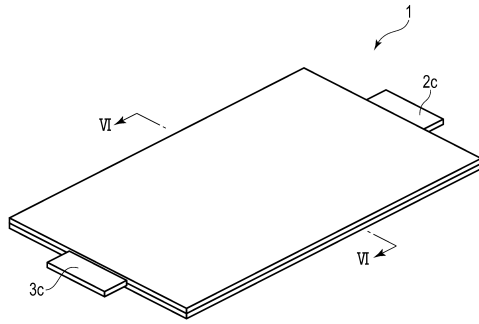
【図2】



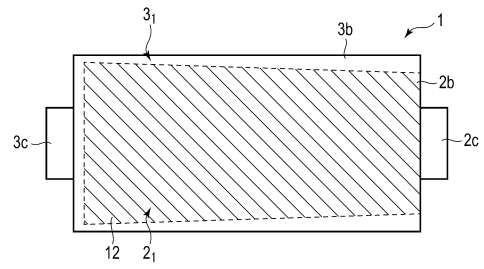
【図4】



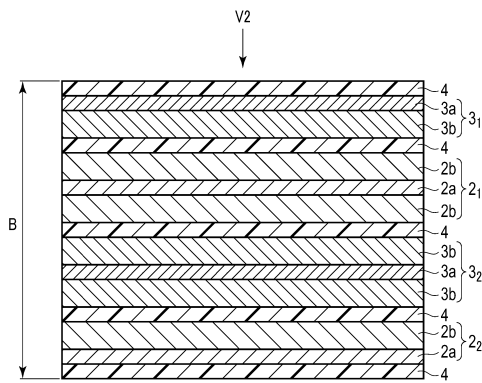
【図5】



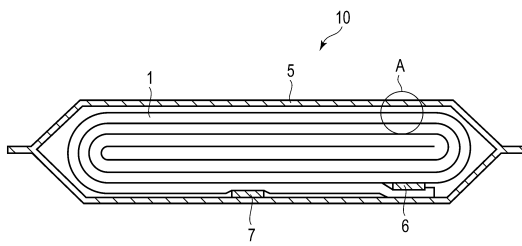
【図7】



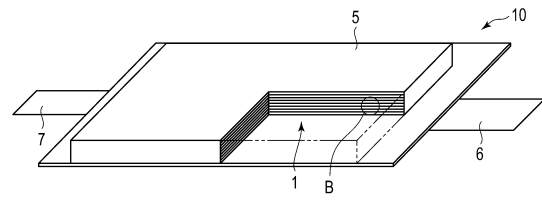
【図6】



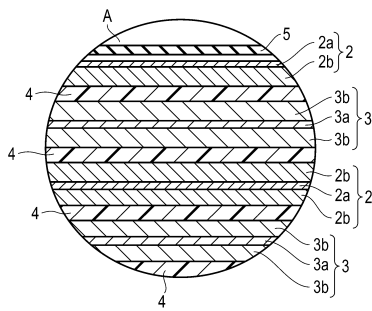
【図8】



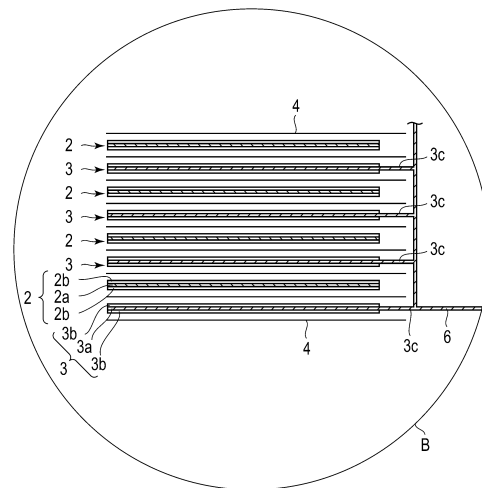
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 10/0587 (2010.01) H 0 1 M 10/0587

- (72)発明者 保科 圭吾
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内
- (72)発明者 田中 政典
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝インフラシステムズ株式会社内
- (72)発明者 原田 康宏
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 高見 則雄
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 富士 美香

- (56)参考文献 特開2016-066600(JP,A)
特開2017-168352(JP,A)
特開2017-168442(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 M 4 / 0 0 - 4 / 6 2
H 0 1 M 1 0 / 0 5 8 7