

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-533946

(P2010-533946A)

(43) 公表日 平成22年10月28日 (2010. 10. 28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 4/134 (2010.01)	HO 1 M 4/02 1 O 5	5 H O 1 7
HO 1 M 4/38 (2006.01)	HO 1 M 4/38 Z	5 H O 2 9
HO 1 M 4/66 (2006.01)	HO 1 M 4/66 A	5 H O 5 0
HO 1 M 4/1395 (2010.01)	HO 1 M 4/02 1 1 2	
HO 1 M 4/58 (2010.01)	HO 1 M 4/58 1 O 1	
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2010-516578 (P2010-516578)	(71) 出願人	509040226
(86) (22) 出願日	平成20年7月17日 (2008. 7. 17)		ネグゼオン・リミテッド
(85) 翻訳文提出日	平成22年3月18日 (2010. 3. 18)		N e x e o n L t d
(86) 国際出願番号	PCT/GB2008/002453		イギリス国、オーエックス14・3デービー、
(87) 国際公開番号	W02009/010759		オクソン、アビンドン、カルハム・サイエンス・センター、ビルディング・イー
(87) 国際公開日	平成21年1月22日 (2009. 1. 22)		1
(31) 優先権主張番号	0713896.9	(74) 代理人	100108855
(32) 優先日	平成19年7月17日 (2007. 7. 17)		弁理士 蔵田 昌俊
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 方法

(57) 【要約】

集電体に直接結合する活物質を含んでなる複合電極。前記直接の結合は、集電体と活物質との間の低い抵抗接触を提供する。前記活物質は、シリコンの繊維として提供されてよく、前記繊維は支持体がないか、支持体に付着している。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

集電体に直接結合する活物質を含む電極。

【請求項 2】

前記結合は、活物質と集電体との間に形成される化合物を介することを特徴とする請求項 1 に記載の電極。

【請求項 3】

前記活物質は、シリコン、アルミニウム、スズ、鉛、ビスマス、アンチモン、および銀の 1 以上を含んでなる請求項 1 または 2 に記載の電極。

【請求項 4】

前記集電体は、銅、ニッケル、アルミニウム、鉄、イリジウム、金、銀またはチタンの 1 以上を含んでなる請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電極。

【請求項 5】

前記活物質はシリコン含有繊維を含んでなる、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の電極。

【請求項 6】

前記繊維は単結晶繊維である請求項 5 に記載の電極。

【請求項 7】

前記繊維は、フェルト中に沈積される請求項 5 または 6 に記載の電極。

【請求項 8】

前記繊維は、複合物中に沈積される請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の電極。

【請求項 9】

前記繊維の少なくともいくらかはシリコン含有粒子から伸展される、請求項 5 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の電極。

【請求項 10】

前記電極はアノードである請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の電極。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の電極の製造方法であって、活物質を集電体と接触させることと、前記活物質および前記集電体の反応温度に加熱することを含んでなる方法。

【請求項 12】

前記活物質および前記集電体は、反応温度より高い温度に加熱される請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記活物質および前記集電体は、5 ポンド / 平方インチ以上の過剰な圧力下で接触させる請求項 11 または 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記化合物の形成は不活性雰囲気下で行われる、請求項 11 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の電極の製造方法であって、シリコンを含有する活物質と銅集電体を接触させることと、シリコン - 銅合金温度以上に加熱することを含んでなる方法。

【請求項 16】

充電可能なリチウム電池セルの製造方法であって、請求項 11 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の方法によりアノードを作製する工程と、カソードおよび電解質を加える工程とを含んでなる方法。

【請求項 17】

カソードとアノードとの間にセパレーターを加えることをさらに含んでなる、請求項 16 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

セルの周囲に容器を設けることをさらに含んでなる、請求項 16 または 17 に記載の方法。

【請求項 19】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のアノードを含む電気化学的セル。

【請求項 20】

前記カソードが、活物質としてのリチウムイオンを放出および再吸収することができるリチウム含有化合物を含んでなる請求項 19 に記載の電気化学的セル。

【請求項 21】

前記カソードは、リチウムベースの金属酸化物またはリン酸塩、好ましくは LiCoO_2 、 $\text{LiMn}_x\text{Ni}_x\text{Co}_{1-2x}\text{O}_2$ もしくは LiFePO_4 を活物質として含んでなる、請求項 19 または 20 に記載の電気化学的なセル。 10

【請求項 22】

集電体と直接結合する活物質を含んでなる充電可能なリチウム電池セルアノード。

【請求項 23】

請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載のアノードおよびカソードを含んでなるセル。

【請求項 24】

前記カソードは、リチウムベースの材料を含んでなる請求項 23 に記載のセル。

【請求項 25】

前記カソードは、リチウムコバルトジオキシドをベースとした材料を含んでなる請求項 24 に記載のセル。 20

【請求項 26】

請求項 23 ~ 25 のいずれか 1 項に記載のセルにより駆動される装置。

【請求項 27】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されている電極。

【請求項 28】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されている方法。

【請求項 29】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されている電気化学的セル。

【請求項 30】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されている充電可能なリチウム電池セル。 30

【請求項 31】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されているセル。

【請求項 32】

1 以上の実施例または図面を参照して実質的にここに記載されている装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の説明】

【0001】

本発明は、集電体に直接結合する活物質を含む複合電極を製造する方法および充電可能なリチウム電池セルにおけるアノード活物質としてのその使用に関する。 40

【0002】

図 1 に示すように、リチウム電池セルは当該分野で周知である。電池セルは、一般的に、アノード 10 としての銅集電体およびカソード 12 としてのアルミニウム集電体を備え、外部の抵抗または適切な場合には充電源に接続可能である。グラファイトをベースとした複合アノード層 14 は、集電体 10 の上に積層され、リチウム含有金属酸化物をベースとした複合カソード層 16 は、集電体 12 の上に積層される。多孔性プラスチックseparator またはセパレーター 20 は、グラファイトをベースとした複合アノード層 14 とリチウム含有金属酸化物をベースとした複合カソード層 16 との間に配置され、液体電解質材料が、前記多孔性プラスチックseparator またはセパレーター 20、前記複合アノード層 50

1 4 および前記複合カソード層 1 6 中に分散される。いくつかの場合において、前記多孔性プラスチックスペーサーまたはセパレーター 2 0 は、ポリマー電解質材料により置換されてよく、そのような場合には、前記ポリマー電解質材料は、前記複合アノード層 1 4 と前記複合カソード層 1 6 の両方に存在する。

【 0 0 0 3 】

多くの研究は、充電可能なりチウムイオン電気化学的電池のアノード活物質としてシリコンを使用して行われてきた（例えば、Insertion Electrode Materials for Rechargeable Lithium Batteries, M. Winter, J. O. Besenhard, M. E. Spahr, and P. Novak in Adv. Mater. 1998, 10, No. 10を参照されたい）。シリコンアノードは、図 1 に示した通常のリチウムイオン蓄電池セルにおいて、グラファイトをベースとしたアノード電極に置換可能である。前記電池セルは、単一のセルを含んでもよく、2 以上のセルを含んでもよい。

10

【 0 0 0 4 】

前記シリコン電極構造は、一般的に、粉末シリコン、乾燥シリコンまたはシリコンの繊維を利用し、複合電極構造を形成するための溶媒鑄造工程（solvent casting process）により、ポリマー結合剤および電気的な添加剤を用いて集電体上に配置される。

【 0 0 0 5 】

通常複合電極の形成は、複数の成分を必要とし、そのためコストが増大し、電極の作製が複雑化することが認識されるであろう。さらに、溶媒鑄造工程の使用は、結果として廃棄溶媒を生じ、処分費用が必要になる。電池が高レベルの電力を運搬することを可能にするために、活物質と集電体との間に低い抵抗接触を作ることが非常に重要であり、これは、複合フィルム電極構造において達成するのが困難である。さらに、低い抵抗接触は、電気化学的なセルにおける電極を充電または放電することにより生じる容量変化の間に保存されるであろう。

20

【 0 0 0 6 】

本発明は、複合電極の改善された製造方法を提供する。特に、本発明の第 1 の側面は、集電体に直接結合する活物質を含んでなる複合電極を提供する。前記直接の結合は、集電体と活物質との間の低い抵抗接触を提供する。

【 0 0 0 7 】

前記第 1 の側面の電極は、ポリマー結合剤および電気的な添加剤を使用する必要がないと認識されるであろう。その代わりに、前記活物質は、前記活物質と集電体との間に化合物を形成することにより、集電体に直接結合する。さらに、複合電極の作製は溶媒鑄造工程を使用して行われなため、溶媒の使用を避けられ、廃棄溶媒を処分する必要がない。

30

【 0 0 0 8 】

本発明の目的のために、活物質と集電体は直接結合し、活物質と集電体との間に物理的および/または化学的相互作用を生じる（すなわち、活物質と集電体との結合面において）。活物質と集電体の直接の結合は、持続性または一時的な連結を生じる。前記結合は、それ故、不可逆的または可逆的であってよい。前記結合により、活物質と集電体との間で、原子または分子レベルでの相互作用を結果として生じ得る。特に、前記相互作用は、活物質と集電体との間で、共有結合、イオン結合、ファンデルワールス結合または金属合金のような合金の形成等の化学結合を生じ得る。直接の結合は、活物質と集電体を相互に付着させる。直接の結合は、活物質および/または集電体の接触面において、物理的および/または化学的变化を引き起こすと解されるであろう。

40

【 0 0 0 9 】

活物質と集電体の直接の結合は、活物質と集電体との間に化合物の形成を生じ得る。この場合、活物質と集電体の直接の結合は、活物質と集電体との間に形成される化合物を介する。それ故、その化合物は 2 つの機能を有する。それは、集電体に対する活物質の付着を生じさせ、電子がそれを通して伝導されることを可能にする。それ故、前記化合物は、集電体と活物質との間で、高い伝導性且つ低い抵抗性の結合を提供する。

【 0 0 1 0 】

50

電極活物質は、好ましくは、シリコン、アルミニウム、スズ、鉛、ビスマス、アンチモンまたは銀の１以上を含んでなる。電極集電体は、好ましくは、銅、ニッケル、アルミニウム、鉄、イリジウム、金、銀またはチタンの１以上を含んでなる。それ故、第１の側面の電極は、例えば、シリコン - 銅化合物を介して銅集電体に直接的に結合するシリコンを含む活物質を含んでなる。

【００１１】

本発明の好ましい特徴において、前記活物質はシリコンを含み、より好ましくはシリコン含有繊維である。本発明の好ましい特徴において、前記シリコン含有繊維は単結晶繊維である。

【００１２】

前記シリコン含有繊維は、０．０８～０．５ミクロン、好ましくは０．２ミクロンの横断寸法、１２～３００ミクロン、好ましくは１００ミクロンの長さであってよい。前記繊維は、約２５０：１の縦横比であってよい。前記繊維は、実質的に環状の横断面または実質的に環状でない横断面を有してよい。

【００１３】

前記第１の側面の複合電極は、好ましくはアノードとして提供される。

【００１４】

本発明の第２の側面は、本発明の前記第１の側面による複合電極を製造する方法であって、活物質と集電体とを接触させることと、活物質および集電体の反応温度に加熱することを含んでなる方法を提供する。あるいは、前記活物質および集電体は、それらの反応温度より高い温度に加熱される。

【００１５】

本発明の目的のために、前記反応温度は、活物質と集電体との間に直接の結合を形成するのに必要な温度、特に活物質と集電体との間に化合物を形成するのに必要な温度である。必要とされる温度は、活物質および集電体は何であるか（すなわち化学的組成）によって変化し得ると解されるであろう。

【００１６】

前記第２の側面の方法は、活物質と集電体が接触することを必要とする。好ましくは、前記活物質および前記集電体は、５ポンド／平方インチ以上、より好ましくは５気圧以上の過剰な圧力下で接触させる。

【００１７】

活物質および／または集電体の接触面における過剰な金属酸化物の形成を回避することが賢明であることが認識されるであろう。それ故、前記第２の側面の方法は、好ましくは、窒素、アルゴン等の不活性雰囲気中で、または真空中（in vacuo）で行われる。

【００１８】

前記第２の側面の好ましい特徴において、シリコンを含有する活物質と銅集電体を接触させることと、シリコン - 銅合金温度以上に加熱することを含んでなる、電極の製造方法が提供される。

【００１９】

本発明の第１の側面に関して述べたように、シリコンを含有する活物質は、シリコンの繊維として提供されてよく、前記繊維は、支持体がないか、または支持体に付着している。本発明の繊維は、イオンエッチング、化学反応エッチングまたはガルバニック交換エッチングにより、シリコンを含む基板（例えばチップまたはウェーハ）から作られてよく、適用可能な場合には、スクラッピング、撈拌もしくは化学エッチングの１以上により剥離される。

【００２０】

シリコンを含有する活物質は、非ドーブシリコン、ドーブシリコン、またはシリコンゲルマニウム混合物を含んでよい。前記繊維は、単結晶シリコンまたは単結晶シリコンゲルマニウムであってよい。前記繊維は、シリコン含有粒子から伸展されてよい。

【００２１】

シリコンの繊維は、複合物で、またはフェルトもしくはフェルト様構造で集電体に接触させてよく、それは、例えばランダムに、または無秩序に、または全く規則的な態様で置くことにより、交差して複数の交差部を提供する多数の細長い、または長くて薄い繊維である。この態様の活物質のアレーは、充電／放電容量の低下の問題を低減する。典型的に、前記繊維は約 100 : 1 の長さ対直径比を有し、それ故複合アノード層のようなアノード層において、各繊維は、それらの長さ方向に沿って長時間他の繊維と接触して立体配置を生じ、シリコンの接触が遮断されることにより生じる機械的分離の可能性は無視できる。繊維へのリチウムの挿入および除去は、容積膨張および容積縮小を生じるが、繊維は破壊されず、それ故繊維内の電子伝導性は保持される。

【0022】

前記活物質および集電体は、接触し、接触面で相互作用を生じる。前記相互作用は、接触面における活物質および／または集電体の構造および／または組成における変化を生じ、活物質および集電体は相互に結合する。この結合は、不可逆的または可逆的である。好ましくは、活物質および集電体は、接触面において金属合金を形成する。本発明は、活物質と集電体が単に接触すること（すなわち、集電体上に活物質をメッキすることまたは積層することによる）は含まず、それ故、集電体と活物質との間に電気抵抗が非常に低い経路を構築する。

【0023】

本発明の第3の側面は、充電可能なリチウム電池セルを製造する方法であって、前記本発明の第2の側面によりアノードを作製する工程と、カソードおよび電解質を加える工程とを含んでなる方法を提供する。前記第3の側面の方法は、さらにカソードとアノードとの間にセパレーターを配置すること、さらに付加的に、セルの周囲にケースを設けることを含んでなる。

【0024】

本発明の第4の側面は、本発明によるアノードを含む電気化学的セルを提供する。該第4の側面は、特に、カソードが、活物質としてのリチウムイオンを吸蔵放出できるリチウム含有化合物を含んでなる電気化学的セルを提供する。特に、カソードが活物質としてのリチウムベースの金属酸化物またはリン酸塩、好ましくは LiCoO_2 もしくは $\text{LiMn}_x\text{Ni}_x\text{Co}_{1-2x}\text{O}_2$ または LiFePO_4 を含んでなる電気化学的セルを提供する。

【0025】

本発明の第5の側面は、集電体に直接結合する活物質を含んでなる充電可能なリチウムセルアノードを提供する。

【0026】

本発明の第6の側面は、前記本発明の第5の側面に記載したアノードとカソードを含んでなるセルを提供する。特に、前記カソードはリチウムベースの物質を含んでなり、好ましくは、前記カソードはリチウムコバルトジオキシドを含んでなる。

【0027】

本発明の第7の側面は、上述したようなセルにより駆動される装置を提供する。

本発明は、1以上の以下の非限定的な実施例により説明される。

【0028】

シリコン繊維は、チップまたはウェーハのような基板からピラー（pillars）を剥離することにより製造されてよい。加えて、ピラーの製造方法は、単純な繰り返し可能な化学的方法により提供されてよい。

【0029】

前記ピラーを作ることができる1つの方法は、例えば、本明細書の一部として援用される米国出願 10 / 049736 号に記載されている深掘り反応性イオンエッチングのようなドライエッチングによる方法である。当業者は、詳細な説明が必要とされないほどその方法に精通しているであろう。しかしながら、簡単に言うと、自然の酸化物で被覆されたシリコン基板にエッチングが施され、洗浄され、親水性の表面を与える。その表面で塩化

10

20

30

40

50

セシウム (CsCl) を乾燥させ、被覆された基板を乾燥条件下で固定された水蒸気圧のチャンパーに移動させる。CsCl の薄いフィルムを、その寸法特性が最初の厚さ、水蒸気圧および処理時間に依存する半球の孤立したアレー (island array) とする。孤立したアレーは、効果的なマスクを提供し、その後、例えば反応性イオンエッチングによりエッチングが行われ、半球の島に対応するピラーのアレーを残す。CsCl レジスト層は、水によく溶け、容易に洗い流すことができる。

【0030】

あるいは、前記ピラーは、ウェットエッチングにより / 化学的なガルバニック交換法を用いて作ることができ、例えば、継続中の我々の出願であり共通の譲受人を伴う GB 06013 18.9 「Method of etching a silicon-based material」に記載されており、この出願は本明細書の一部として援用される。使用することができる関連方法は、Peng K-Q, Yan, Y-J Gao, S-P, Zhu J., Adv. Materials, 14 (2004), 1164-1167 ("Peng"); K. Peng et al, Angew. Chem. Int. Ed., 44 2737-2742; and K. Peng et al., Adv. Funct. Mater., 16 (2006), 387-394 にも記載されている。

10

【0031】

好ましい実施形態において、長さ 100 ミクロン、直径 0.2 ミクロンのピラーは、シリコン基板の上およびシリコン基板から作られる。長さが 12 ~ 300 ミクロンであり、直径または最も大きな横径が 0.08 ~ 0.5 ミクロンの範囲であるより一般的なピラーは、繊維を提供するために使用されてよい。前記方法によると、シリコン基板は、n - または p - 型であってよく (化学的アプローチによる)、露出面 (100) または結晶性の表面 (110) においてエッチングされてよい。エッチングは、結晶性の面にそって行うため、結果として得られる繊維は単結晶である。この構造的な特徴のために、前記繊維は、実質的に、推進方向の直線長さと直径との比が約 100 : 1 であり、複合アノード層の場合、各繊維はその長さに沿って他の繊維と多く接触することが可能になる。エッチング工程は、超高密度集積回路 (VLSI) エレクトロニクス用ウェーハまたは同じものの不合格サンプル (単結晶ウェーハ) 上で行われてもよい。より安価な代替として、ソーラーパネルに対して使用される光起電性のグレードの多結晶物質が使用されてもよい。

20

【0032】

ピラーを剥離して前記繊維を得るために、ピラーが結合した基板は、ピーカーまたは適切な容器に入れられ、エタノールのような不活性な液体中に入れられ、超音波攪拌に供される。数分以内に液体が濁り、電子顕微鏡試験により、この段階でピラーがシリコン基板から離れることが観察される。

30

【0033】

ピラーを「収集する」ための代替の方法には、基板表面をこすってそれらを剥離するか、または化学的にそれらを剥離することが含まれると解されるであろう。n 型のシリコン材料に適した 1 つの化学的方法は、シリコンウェーハの裏側の照明の存在下で、HF 溶液中で基板をエッチングすることを含んでなる。

【0034】

収集されたシリコン繊維は、希釈した HF (1%) 溶液中で数分間洗浄された。水はろ過により除去されるが、シリコン繊維の水分を維持するのに十分な水が維持された。繊維は、銅箔 (集電体) 上に分散された。銅基板で被覆されたシリコン繊維は、その後、シリコンボンダー (Silicon Bonder) チャンパーに移された。ca 2×10^{-6} mbar の減圧、400 の温度、5 気圧の圧力において、シリコン繊維は銅と共に 1 時間アニールされた。

40

【0035】

あるいは、乾燥したきれいなシリコン繊維を銅基板上に置いた。サンプルは、急速熱アニーリング (Rapid Thermal Annealing) チャンパーに移され、空气中または低い流れのアルゴン雰囲気下で、10 秒間、800 でアニールされた。冷却した後、サンプルを H₂ / N₂ (10% H₂) において、10 秒間、800 でアニールし、酸素を還元した。

50

【 0 0 3 6 】

あるいは、シリコン繊維が銅集電体上に被覆され、フェルトまたはフェルト様構造を作り、サンプルは、シリコン - 銅化合物を作るために必要とされる温度および圧力を与えるために加熱ローラーを通した。

【 0 0 3 7 】

図 2 は、上述したシリコンボンダーチャンバーを用いて作られた電極に対するサイクル数プロットを示す。このプロットは、リチウム化および脱リチウム化の繰り返しサイクルに伴う電極の容量を示す。

【 0 0 3 8 】

ここで述べるアプローチの特に有利な点は、現在のリチウムイオン電池セルに対してグラファイトベースのアノードが使用される場合と同様に、シリコンベースのアノードの大きなシートを作製することができ、必要な場合には巻かれ、その後、切り目が入れられて押し抜かれるため、ここで述べたアプローチに、存在する製造能力を後付けできることを意味する。

10

【 0 0 3 9 】

リチウムイオン電池セルの製造は、例えば、グラファイトアノード活物質ではなくシリコンまたはシリコンベースのアノード活物質を使用し、例えば図 1 に示す一般的な構造に従って、いずれかの適切な方法で行ってよい。例えば、シリコン繊維ベースの複合アノード層は、多孔性のスパーサー 18 によって覆われ、最終構造に電解質が加えられて全ての有効な細孔容積を飽和させる。電解質の添加は、適切な場合、電極を配置した後に行われ、細孔容積が液体電解質で充填されたことを確認するためのアノードの減圧充填を含んでよい。

20

【 0 0 4 0 】

もちろん、上述したアプローチおよび装置に到達するために、いずれかの適切なアプローチが適用されてよいと解されるであろう。例えば、ピラーの剥離操作は、ピラーが基板から除去されて繊維が作られる限り、振とう、スクラッピング、化学的操作または他の操作のいずれかを含んでよい。シリコンベースの材料に関しては、適切なシリコンを含む。繊維は、適切な直径であってよく、例えば、純粋なシリコンまたはドーブシリコンまたはシリコン - ゲルマニウム混合物もしくは他のいずれかの適切な混合物のようなシリコンベースの材料であってよい。ピラーが作られる基板は、n 型または p 型であってよく、 $10^{-1} \sim 10^{-4}$ オーム cm であり、例えば $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ のような適切なシリコン合金であってよい。繊維は、剥離しなくてもよいように、シリコンの粒子上に成長してもよい。繊維は、一般的にカソードを含む電極の作製のように、いずれかの適切な目的のために使用されてよい。カソード材料は、いずれかの適切な材料であってよく、典型的には、リチウムベースの金属酸化物またはリン酸塩であり、例えば、 LiCoO_2 、 $\text{LiMn}_x\text{Ni}_x\text{Co}_{1-2x}\text{O}_2$ もしくは LiFePO_4 である。異なる実施形態の特徴は、適切に交換または並列されてよく、前記方法のステップは、適切な順序で行われてよい。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 1 】

【図 1】図 1 は、通常のリチウムイオン蓄電池セルの構造を示す図である。

40

【図 2】図 2 は、シリコンボンダーチャンバーを用いて作られた電極に対するサイクル数プロットを示す図である。

【 図 1 】

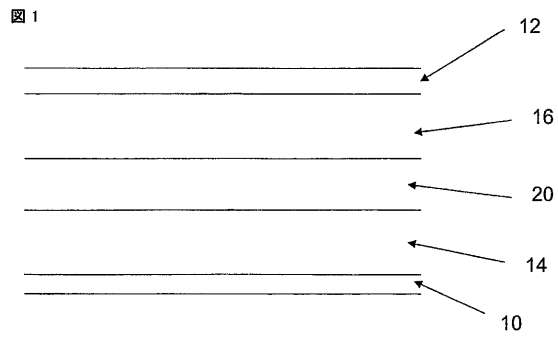


FIG. 1

【 図 2 】

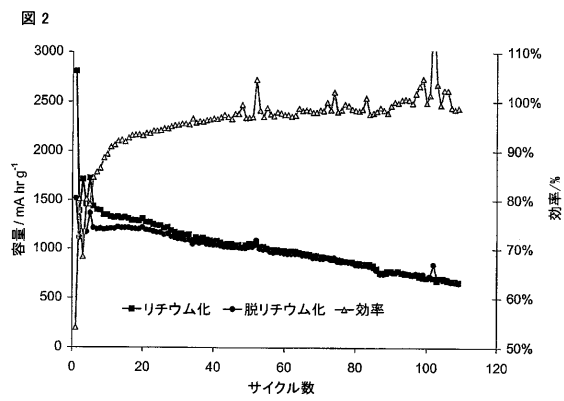


FIG. 2

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/GB2008/002453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. H01M4/38	H01M4/66	H01M4/04 H01M10/40 H01M4/48
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	WO 2008/044683 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]; SHIBUTANI SATOSHI; TAKEZAWA HIDEH) 17 April 2008 (2008-04-17) the whole document	1-5, 9, 19-32
X	JP 2003 168426 A (JAPAN STORAGE BATTERY CO LTD) 13 June 2003 (2003-06-13) paragraphs [0013], [0029] - [0058]	1-5, 7, 8, 10, 19-32
X	JP 2003 017040 A (SANYO ELECTRIC CO) 17 January 2003 (2003-01-17) paragraphs [0009], [0013] - [0017], [0029] - [0047] figures 1-3	1, 3-6, 10, 19-32 9, 11-18
Y		
-/-		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the International filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the International search 1 October 2008		Date of mailing of the International search report 09/10/2008
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-8016		Authorized officer Langouët, Sylvain

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/GB2008/002453

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2004/224231 A1 (FUJIMOTO HIROYUKI [JP] ET AL) 11 November 2004 (2004-11-11) paragraphs [0010], [0016] - [0039], [0066] figures 1,4	9,11-18
A	EP 1 231 654 A (SANYO ELECTRIC CO [JP]) 14 August 2002 (2002-08-14) paragraphs [0001], [0005] - [0050], [0161] - [0184] figures 43,44	1-8,11, 12,15-32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/GB2008/002453

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2008044683 A	17-04-2008	NONE	
JP 2003168426 A	13-06-2003	JP 4035760 B2	23-01-2008
JP 2003017040 A	17-01-2003	NONE	
US 2004224231 A1	11-11-2004	NONE	
EP 1231654 A	14-08-2002	AU 7951000 A	08-05-2001
		CA 2387910 A1	03-05-2001
		CN 1413364 A	23-04-2003
		WO 0131724 A1	03-05-2001
		JP 3733071 B2	11-01-2006
		US 7410728 B1	12-08-2008

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 M 4/525 (2010.01)	H 0 1 M 4/52 1 0 2	
H 0 1 M 4/505 (2010.01)	H 0 1 M 4/50 1 0 2	
H 0 1 M 10/052 (2010.01)	H 0 1 M 10/00 1 0 2	

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久

(74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎

(74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹

(74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克

(74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘

(74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子

(74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓

(74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三

(74)代理人 100141933
弁理士 山下 元

(72)発明者 グリーン、ミノ

イギリス国、エスタブリッシュ 3・9 キューエイチ、ロンドン、ジェラード・ロード 5 5

F ターム(参考) 5H017 EE01 EE04 EE05
5H029 AJ06 AJ14 AK01 AK03 AL11 CJ02 CJ03 DJ07 DJ15 EJ01
HJ02 HJ14 HJ15
5H050 AA12 AA19 BA16 CA01 CA08 CA09 CB11 FA16 GA02 GA03
GA27 HA02 HA14 HA15