

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5394924号
(P5394924)

(45) 発行日 平成26年1月22日 (2014. 1. 22)

(24) 登録日 平成25年10月25日 (2013. 10. 25)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 M 4/36 (2006. 01)

H O 1 M 4/36 A

H O 1 M 4/40 (2006. 01)

H O 1 M 4/40

H O 1 M 4/62 (2006. 01)

H O 1 M 4/62 Z

H O 1 M 4/38 (2006. 01)

H O 1 M 4/38 Z

H O 1 M 4/46 (2006. 01)

H O 1 M 4/46

請求項の数 22 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-523999 (P2009-523999)
 (86) (22) 出願日 平成19年8月9日 (2007. 8. 9)
 (65) 公表番号 特表2010-500723 (P2010-500723A)
 (43) 公表日 平成22年1月7日 (2010. 1. 7)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/075591
 (87) 国際公開番号 W02008/021961
 (87) 国際公開日 平成20年2月21日 (2008. 2. 21)
 審査請求日 平成22年4月2日 (2010. 4. 2)
 (31) 優先権主張番号 11/463, 394
 (32) 優先日 平成18年8月9日 (2006. 8. 9)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 507342261
 トヨタ モーター エンジニアリング ア
 ンド マニュファクチャリング ノース
 アメリカ, インコーポレイティド
 アメリカ合衆国, ケンタッキー 4101
 8, アーランガー, アトランティック ア
 ベニュー 25
 (73) 特許権者 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リチウムイオン電池用高性能アノード材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カソードと、
 セパレーターと、

複合粒子を有するアノードであって、該複合粒子が空隙容積を画定するマトリックスを有し、該空隙容積が複数の気孔経路および膨張調節孔からなる、アノードと、

リチウム合金化粒子であって、該リチウム合金化粒子が該アノードの該膨張調節孔中に含まれる、リチウム合金化粒子と、

から成る、電池であって、該リチウム合金化粒子が、未リチオ化粒子であり。該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の2～5倍であり、該マトリックスが、伝導度向上剤を含み、該伝導度向上剤が、イオン伝導性材料である、電池。

【請求項 2】

該マトリックスが、結合要素を含む、請求項1の電池。

【請求項 3】

該マトリックスが、接着促進剤を含む、請求項1の電池。

【請求項 4】

該マトリックスが、有機ポリマーである、請求項1の電池。

【請求項 5】

該ポリマーが、ロッドコイル型ポリマー、高分岐ポリマー、UV架橋ポリマー、熱架橋

ポリマー、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 4 の電池。

【請求項 6】

該マトリックスが、無機セラミックである、請求項 1 の電池。

【請求項 7】

該セラミックが、I V ~ V I 族の遷移金属化合物であり、該化合物が、窒化物、炭化物、酸化物、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、請求項 6 の電池。

【請求項 8】

該マトリックスが、ハイブリッドマトリックスであり、該ハイブリッドマトリックスが、有機ポリマーと無機セラミックの混合物である、請求項 1 の電池。

【請求項 9】

該リチウム合金化粒子が、スズ、ケイ素、ゲルマニウム、鉛、アンチモン、アルミニウム、スズ合金およびケイ素合金からなる群から選択される組成物を有する、請求項 1 の電池。

【請求項 10】

該リチウム合金化粒子が、1 ~ 999 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、請求項 1 の電池。

【請求項 11】

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 500 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、請求項 1 の電池。

【請求項 12】

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 50 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、請求項 1 の電池。

【請求項 13】

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 20 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、請求項 1 の電池。

【請求項 14】

該膨張調節孔が、2 nm ~ 5 μm の平均線寸法を有する、請求項 10 の電池。

【請求項 15】

該膨張調節孔が、10 nm ~ 2.5 μm の平均線寸法を有する、請求項 11 の電池。

【請求項 16】

該膨張調節孔が、10 ~ 250 nm の平均線寸法を有する、請求項 12 の電池。

【請求項 17】

該膨張調節孔が、10 ~ 100 nm の平均線寸法を有する、請求項 13 の電池。

【請求項 18】

電極マトリックス中で、共に結合された複数の該複合粒子をさらに含む、請求項 1 の電池。

【請求項 19】

該複数の複合粒子が、カプセル化、絡み合い、化学的結合およびそれらの組み合わせからなる群から選択される方法を使用して、該電極マトリックス中で共に結合されている、請求項 18 の電池。

【請求項 20】

該リチウム合金化粒子が、カプセル化、絡み合い、化学的結合およびそれらの組み合わせからなる群から選択される方法を使用して、該膨張調節孔中に結合されている、請求項 1 の電池。

【請求項 21】

該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の 2 ~ 4 倍である、請求項 1 の電池。

【請求項 22】

該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の 2 ~ 3 倍である、請求項 1 の電池。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本出願は、2006年8月9日出願の米国特許出願11/463,394号明細書の優先権を主張し、参照により本明細書中に取り込む。

本発明は、リチウムイオン電池、特にリチウムイオン電池用高性能アノード材料に関する。

【背景技術】

【0002】

体積および質量への制約が存在し続けるにも関わらず、電池のためのエネルギーへの要求は、絶えず増加している。さらに、安全で、低コストかつ環境的にやさしい材料への要求は増加している。これらの要求および電池の仕様を、従来のリチウムイオン電池の化学を使用してかなえることはできない。リチウムイオン電池は、長い間最適化され、そして安定なエネルギーを示してきたが、これらの系は、電池の活性材料の構造に可逆的に挿入され、そして除去できるリチウムの量によって制約される。

【0003】

より高性能、安全性、低コストのかつ環境にやさしい材料への要求は、新規な電池材料の開発を通してのみ達成できる。研究者らは、炭素系アノードをスズと交換することを提案した。電池の充電の間、スズ合金はリチウムを有する。リチウムスズ合金は、993 mAh/gの容量に等しい濃度である、スズ原子当たり4.4リチウム原子の最大の濃度を形成する。従来の炭素系アノードは、372 mAh/gの理論容量を有する。したがって、従来の炭素系アノード電池を、スズ系アノード電池と交換することは、より高エネルギー容量となることができるであろう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

スズ系アノードの使用に関して、2つの主な問題があることを研究が示した。第1は、貧弱なサイクル寿命であり、そして第2は、貧弱なスズの利用である。貧弱なサイクル寿命は、充放電サイクル数の関数としての電池エネルギーの貧弱な保持と規定される。研究者らは、これらの問題を解決するために2つのアプローチを取った。第1は、スズと、少なくとも1種の他の金属との金属間化合物の形成によって、そして第2は、活性材料のアノード複合物への非電気化学的な追加によってである。しかし、先の研究は、リチウムスズ電池の貧弱な性能の基本的な原因に対処し損ねており、それらは、1)充電で、リチウムとスズとの合金化から生じるスズリチウム粒子の大きな体積膨張；および2)上記の体積膨張の間のスズ凝集体の破壊である。体積膨張は、続くサイクル間のマトリックスからのスズ粒子の分離となり、そしてスズ凝集体の破壊は、暴露された新たな表面範囲を有する微粒子となる。この新たな表面範囲は、マトリックスと接触しておらず、従ってマトリックスからのスズ粒子の分離のように、電池容量の低下となる。したがって、十分なサイクル寿命およびスズの適切な利用を示すリチウムスズ電池へのニーズがある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

多孔質担持マトリックスの中に含まれるリチウム合金化粒子を有するアノード材料が提供される。リチウム合金化粒子は、好ましくはナノ粒子である。多孔質担持マトリックスは、好ましくは気孔経路によって与えられた5~80%の気孔率、およびその中に少なくとも1種のリチウム合金化粒子を含む膨張調節孔を有する。さらに好ましくは、担持マトリックスは、10~50%の気孔率を有する。

【0006】

リチウム合金化粒子は、好ましくは、5~500 nmの平均線寸法を有し、そしてさらに好ましくは、5~50 nmの平均線寸法を有する。膨張調節孔は、好ましくは、10 nm

10

20

30

40

50

m ~ 2.5 μ m の平均線寸法を有し、そしてさらに好ましくは、10 ~ 250 nm の平均線寸法を有する。このように、膨張調節孔は、粒子がリチウムで合金化され、そして膨張する場合に、リチウム合金化粒子の膨張に適合する。

【0007】

多孔質担持マトリックスは、好ましくは、導電性であり、そして有機ポリマー、無機セラミックまたは有機ポリマーと無機セラミックとのハイブリッド混合物でできている。有機ポリマー担持マトリックスは、ロッドコイル型ポリマー、高分岐ポリマーまたはそれらの組み合わせでできていることができる。無機セラミック担持マトリックスは、IV ~ VI 族の遷移金属化合物でできていることができ、この化合物は、窒化物、炭化物、酸化物またはそれらの組み合わせである。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、放出された状態におけるリチウムイオン電池用高性能アノード材料の略図を示し；

【図2】図2は、充電された状態におけるリチウムイオン電池用高性能アノード材料の略図を示し；

【図3】図3は、孔がポリマーの内側および外側に配置されていることを示す多孔質ポリマーのSEM画像を示し；そして、

【図4】図4は、他のものに対する、Sn/PANIの構造的な利点を示すSnアノード容量の比較を示す。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明によって、充電された状態の高性能アノード材料100は、1つまたは2つ以上の膨張調節孔140の中に含まれる1種または2種以上のリチウム合金化粒子110からなり、この粒子および孔は、そこに含まれる気孔経路130を有する担持マトリックス120に囲まれている（図1）。好ましくは、リチウム合金化粒子110は、また当業者にナノ粒子として公知のナノサイズの粒子である。この発明の目的のために、ナノサイズ粒子またはナノ粒子は、ナノメートル（nm）で測定される直径、および少なくとも1つの999 nm以下の直径寸法を有する極微の粒子である。リチウム合金化粒子110は、具体的には、スズ、ケイ素、ゲルマニウム、鉛、アンチモン、アルミニウム、スズ合金およびケイ素合金を含む、リチウムと合金化する任意の金属または合金であることができる。具体的に説明する目的のみであるが、スズ合金は、スズの多成分の（二成分、三成分、等）合金系を含み、そしてケイ素合金は、ケイ素の多成分の（二成分、三成分、等）合金系を含む。

【0010】

膨張調節孔140の中に含まれる少なくとも1つのリチウム合金化粒子110、そこに含まれる気孔経路130を有する担持マトリックス120によって囲まれる、粒子および孔は、複合粒子180と呼ばれる。図1に示されたりチウム合金化粒子110は、代表的な球状粒子であるが、別の方法では、高い性能アノード材料100は、具体的には、回転楕円体および多面体を含む、任意の非球状または多面体形状のリチウム合金化粒子110からなることができる。膨張調節孔140はまた、球状である必要はない。さらに、図1に示されたりチウム合金化粒子110は、非リチオ化粒子を表す。また未リチオ化粒子として公知の、非リチオ化粒子は、本発明では、まだリチウムで合金化されていないリチウム合金化粒子110と定義する。理論に拘束されないが、本発明者らは、リチウムによる合金化で、リチウム合金化粒子110が、未リチオ化状態のそれらのサイズの2 ~ 5倍に膨張すると考える。

【0011】

球状リチウム合金化粒子110の体積膨張は、粒子の半径の3乗に比例する。従ってナノサイズの1次のリチウム合金化粒子110は、全体の体積膨張を最小化する。本発明の目的のために、'1次粒子'の用語は、個々のナノサイズのリチウム合金化粒子11

10

20

30

40

50

0をいう。さらに、2次リチウム合金化粒子(図示されていない)は、担持マトリックス120中に取り囲まれ、そして膨張調節孔140中に含まれることができ、' '2次粒子' 'は、1次粒子110の凝集体をいう。従って、リチウム合金化粒子110は、1次リチウム合金化粒子110および/または2次リチウム合金化粒子を含むことができる。

【0012】

リチウム合金化粒子110は、担持マトリックス120中でナノ分散している。複合粒子180は、好ましくは、1~999nmの平均線寸法を有するリチウム合金化粒子110、および2nm~5マイクロメートル(μm)の平均線寸法を有する膨張調節孔140を有する。発明の目的のために、' '平均線寸法' 'の用語は、各それぞれの方向における粒子または孔の3次元を表す3つの直交軸、例えば、X、YおよびZ軸での平均をいう。さらに好ましくは、複合粒子180は、5~500nmの平均線寸法を有するリチウム合金化粒子110、および10nm~2.5 μm の平均線寸法を有する膨張調節孔140を有する。またさらに好ましくは、リチウム合金化粒子110は、5~50nmの平均線寸法を有し、そして10~250nmの平均線寸法を有する膨張調節孔140を有する。そしてまたさらに好ましくは、リチウム合金化粒子110は、5~20nmの平均線寸法を有し、そして膨張調節孔140は、10~100nmの平均線寸法を有する。

【0013】

膨張調節孔140の平均線寸法は、好ましくは、リチウム合金化粒子110の平均線寸法の2~5倍である。さらに好ましくは、膨張調節孔140の平均線寸法は、好ましくはリチウム合金化粒子110の平均線寸法の2~4倍である。最も好ましくは、膨張調節孔140の平均線寸法は、好ましくはリチウム合金化粒子110の平均線寸法の2~3倍である。

【0014】

マトリックス120中の気孔経路130は、リチウムイオンの拡散が、気孔経路を通ることを可能にする。リチウム合金化粒子110が、リチウムと合金化して、またリチオ化された粒子(図2)として公知の、リチウムで合金化された粒子112を生成する場合に、膨張調節孔140は、変化の間にリチウム合金化粒子110の体積膨張に適合する。さらに、そこに含まれる気孔経路130を有する担持マトリックス120は、ある程度の電子伝導度を有し、そして変化の間にリチウム合金化粒子の比較的少量の体積膨張110に適合できる。

【0015】

本発明の複合粒子180を使用した電池の充電では、リチウムは、リチオ化された粒子112(図2)から脱合金化し、それによってそこに含まれるリチウム合金化粒子110を有するその粒子180を生じる(図1)。これまで記載した本発明は、膨張調節孔140中に含まれるリチウム合金化粒子110を用いて、最初に製造された複合粒子180を具体的に示す(図1)が、複合粒子180は、この孔140中に含まれるリチオ化された粒子112を用いて、最初に製造できる(図2)。さらに、未リチオ化リチウム合金化粒子110および/またはリチオ化されたリチウム合金化粒子112は、カプセル化、絡み合い、化学的結合およびそれらいずれかの組み合わせによって担持マトリックス120中に結合できる。

【0016】

本発明の第1の態様により、担持マトリックス120は、セラミック、例えば、炭化バナジウムである。セラミックでできた担持マトリックス120は、好ましくは、そこに含まれる気孔経路130および膨張調節孔140によって与えられる5~80%のポイド空間を有し、非常に多孔質である。さらに好ましくは、ポイド空間は、10~50%である。セラミックでできたマトリックス120の剛性および電子伝導度は、工程パラメーターおよび/またはマトリックスの化学的組成を変えることによって調整される。さらに、電子伝導度、イオン伝導度、電気化学的安定性および熱安定性は、工程パラメーターおよび/またはマトリックスの化学的組成を変えることによって調整される。セラミックでできた担持マトリックス120は、I V~V Iの少なくとも1つの族の遷移金属化合物からな

10

20

30

40

50

る。この化合物は、窒化物、炭化物、酸化物およびそれらの組み合わせからなる群から選択される。

【0017】

本発明の第2の態様では、複合粒子180の担持マトリックス120は、ポリマーである。ポリマー構造は、好ましくは非常に多孔質であり、そこに含まれる気孔経路130および膨張調節孔140によって与えられる50%超のボイド空間を有し、そして粒子110および/または粒子112と、有害な、化学的または電気的反応をしない。セラミックでできたマトリックス120と同様に、ポリマーでできたマトリックス120の孔140は、リチウムで合金化され、そして脱合金化される場合、それぞれ、リチウム合金化粒子の膨張および収縮に適合する。さらに、気孔経路130は、電解質中のリチウムイオンを自由に貫通させることを可能にし、そしてマトリックス120と組み合わせさせて、リチウムで合金化されたリチウム合金化粒子110の比較的少量の膨張合金化に適合できる。

10

【0018】

マトリックス120は、伝導度または性能向上剤、非電気活性膨張緩衝要素、電気活性膨張緩衝要素、結合要素、接着促進剤およびそれらいずれかの組み合わせを含むことができる。例えば、ポリマーでできたマトリックス120が、電子伝導性でない場合、具体的には、炭素系材料、金属、合金、金属窒化物、金属炭化物、合金窒化物、合金炭化物およびそれらの組み合わせを含む、電気活性要素を加えることができる。そして、ポリマーでできたマトリックス120がイオン伝導性でない場合、リチウムイオン伝導性ポリマーの追加を行える。非電気活性および/または電気活性膨張緩衝要素は、リチウムで合金化され、そして脱合金化された場合に、それぞれ、リチウム合金化粒子110の膨張および収縮を緩衝し、またはその膨張および収縮に適合するマトリックス120の能力を高めるために加えることができる。ポリマーでできたマトリックス120は、具体的にはポリビニリデンジフルオライド、ビニリデンジフルオライド；ヘキサフルオロプロピレンコポリマー；EPDM；およびSBR；CMCを含む、結合要素および接着促進剤を含むことができる。ポリマーでできたマトリックス120はまた、ロッドコイル型ポリマー、高分岐ポリマー、UV架橋ポリマー、熱架橋ポリマーおよびそれらの組み合わせの形態を取ることができる。

20

【0019】

最初の処理で、マトリックス120中へのナノサイズのリチウム合金化粒子110の取り込みへの代わりとして、具体的には、 SnCl_2 を含む、リチウム合金化ハロゲン化合物を、マトリックス120中に取り込むことができ、そして続いて比較的低温、例えば、室温で元素の粒子に還元される。この方法を使用したリチウム合金化粒子110の生産で、5~100nmの平均線寸法を有するリチウム合金化粒子110を得ることができる。さらに、リチウム合金化粒子は、単一のまたは多段階ステップの手順を使用する任意の物理的、化学的または物理化学的方法によって、マトリックス120中に取り込むことができる。物理的方法は、ボールミル粉碎または他の物理的混合技術からなることができる。化学的方法は、制御された温度プログラム、制御された雰囲気およびそれらの組み合わせ下化学反応からなることができる。物理化学的方法は、化学気相堆積(CVD)法からなることができる。代替では、化学的、物理的および物理化学的方法の組み合わせを使用できる。さらに、マトリックス120は、独立して、粒子110もしくは粒子112を用いて生成、または*in situ*で、粒子110または粒子112を用いて合成できる。

30

40

【0020】

高性能アノード材料100から電極を与えるために、複数の複合粒子180を、当業者に公知の方法および工程を使用して、電極マトリックス中で共に結合させる。具体的に説明する目的のみであるが、複合粒子180は、電極マトリックス中で絡み合っており、電極マトリックスと化学的に結合して、およびそれらいずれかの組み合わせで電極マトリックス中に封入できる。このように本発明の高性能アノード材料100は、改善された再充電可能なリチウム電池を与える。図に示されておらず、また本発明中に記載されていないが、上記の高性能アノード材料を使用する電池は、塩および/または溶媒等の電解質を使用で

50

き、または使用しなくともよい。

【0021】

具体的に説明する目的のみであるが、本発明の形成および性能に関して2つの例を提供する。

【実施例】

【0022】

例1：

UVポリマーのための典型的な合成手順は、1gのPC1000、0.5gのPC2003、0.2gデカヒドロナフタレン（ポロゲン）、2gのニトロメタン（溶媒）、および0.02g光開始剤を、長い石英ビーカーに充填し、そして遮光して30分間激しく機械的に攪拌することを含む。この混合物を、次にVCX750Vibra-cell ultrasonicatorを使用して、20分間、超音波にかけた。攪拌を続けて、混合物を、UVボックス中で、UVランプから10cmの距離に置き、UV照射を1~10分間続けた。固体含有物を、次にろ過し、そして脱イオン水を使用して洗浄した。最終的に、UVポリマーを真空化の80のオーブンで24時間乾燥した。UVポリマーの内側および外側に孔を示す生成した構造を、図3に示す。

【0023】

例2：

Sn/ポリマーマトリックス材料の最適化されていない設定に対するSnのナノ粒子の比較を図4に示す。この図に示されるように、Sn/ポリマーマトリックス材料の最適化されていない設定は、良好なサイクル安定性を示す。テストしたSn/PANI複合組成物は、1:1(wt)であり、そして電極の組成は、Sn/PANI:炭素(電子伝導性添加物):SBR/CMC(6:4)(バインダー)=8:1:1(wt)であった。Sn/ポリマーマトリックス材料の最適化は、1)良好なサイクル寿命を保ちながら、容量を改善させるために、ポリマー:Snの比を改善すること;および2)均一の細孔径等を得ることを目的として合成条件を最適化すること、を含むことができるであろう。

【0024】

本発明は、上記の具体的に説明された実施例に制約されない。この実施例は、発明の範囲の限界として意図されない。本明細書中に記載された方法、装置、組成物およびその同類のものは、例示的であり、そして本発明の範囲の限界として意図されない。そこでの変更および他の使用が、当業者になされるであろう。本発明の範囲は、請求の範囲によって規定される。

(態様1)

空隙容積を画定するマトリックスであって、空隙容積が複数の気孔経路および膨張調節孔からなる、マトリックスと、

リチウム合金化粒子であって、該粒子が該膨張調節孔中に含まれる、粒子と、
から成るリチウム電池中のアノード用複合粒子。

(態様2)

該リチウム合金化粒子が、未リチオ化粒子である、態様1の粒子。

(態様3)

該リチウム合金化粒子が、リチオ化された粒子である、態様1の粒子。

(態様4)

該マトリックスが、伝導度向上剤を含む、態様1の粒子。

(態様5)

該伝導度向上剤が、電気活性材料である、態様4の粒子。

(態様6)

該伝導度向上剤が、イオン伝導性材料である、態様4の本発明。

(態様7)

該マトリックスが、結合要素を含む、態様1の粒子。

(態様8)

10

20

30

40

50

該マトリックスが、接着促進剤を含む、態様 1 の粒子。

(態様 9)

該マトリックスが、有機ポリマーである、態様 1 の粒子。

(態様 10)

該ポリマーが、ロッドコイル型ポリマー、高分岐ポリマー、UV 架橋ポリマー、熱架橋ポリマー、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、態様 9 の粒子。

(態様 11)

該マトリックスが、無機セラミックである、態様 1 の粒子。

(態様 12)

該セラミックが、IV ~ VI 族の遷移金属化合物であり、該化合物が、窒化物、炭化物、酸化物、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される、態様 11 の粒子。

10

(態様 13)

該マトリックスが、ハイブリッドマトリックスであり、該ハイブリッドマトリックスが、有機ポリマーと無機セラミックの混合物である、態様 1 の粒子。

(態様 14)

該リチウム合金化粒子が、スズ、ケイ素、ゲルマニウム、鉛、アンチモン、アルミニウム、スズ合金およびケイ素合金からなる群から選択される組成物を有する、態様 1 の粒子。

(態様 15)

該リチウム合金化粒子が、1 ~ 999 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、態様 1 の粒子。

20

(態様 16)

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 500 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、態様 1 の粒子。

(態様 17)

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 50 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、態様 1 の粒子。

(態様 18)

該リチウム合金化粒子が、5 ~ 20 nm の平均線寸法を有するナノ粒子である、態様 1 の粒子。

30

(態様 19)

該膨張調節孔が、2 nm ~ 5 μm の平均線寸法を有する、態様 15 の粒子。

(態様 20)

該膨張調節孔が、10 nm ~ 2.5 μm の平均線寸法を有する、態様 16 の粒子。

(態様 21)

該膨張調節孔が、10 ~ 250 nm の平均線寸法を有する、態様 17 の粒子。

(態様 22)

該膨張調節孔が、10 ~ 100 nm の平均線寸法を有する、態様 18 の粒子。

(態様 23)

電極マトリックス中で、共に結合された複数の該複合粒子をさらに含む、態様 1 の粒子。

40

(態様 24)

該複数の複合粒子が、カプセル化、絡み合い、化学的結合およびそれらの組み合わせからなる群から選択される方法を使用して、該電極マトリックス中で共に結合されている、態様 23 の粒子。

(態様 25)

該リチウム合金化粒子が、カプセル化、絡み合い、化学的結合およびそれらの組み合わせからなる群から選択される方法を使用して、該膨張調節孔中に結合されている、態様 1 の粒子。

(態様 26)

50

該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の 2 ～ 5 倍である、態様 2 の粒子。

(態様 2 7)

該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の 2 ～ 4 倍である、態様 2 の粒子。

(態様 2 8)

該膨張調節孔の平均線寸法が、該未リチオ化リチウム合金化粒子の平均線寸法の 2 ～ 3 倍である、態様 2 の粒子。

【 図 1 】

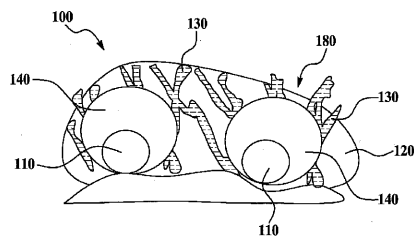


Figure 1

【 図 3 】

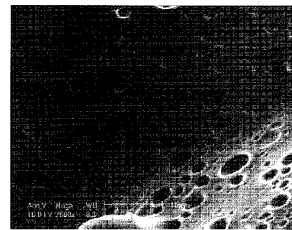


Figure 3

【 図 2 】

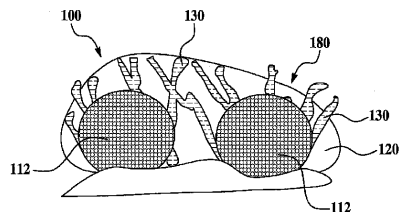


Figure 2

【 図 4 】

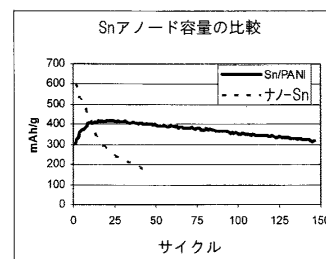


Figure 4

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 M 4/134 (2010.01) H 0 1 M 4/134

(73)特許権者 508040027

ティー / ジェイ テクノロジーズ, インコーポレイティド
 アメリカ合衆国, ミシガン 4 1 0 1 8, アン アーバー, スイート エー, リサーチ パーク
 ドライブ 3 8 5 0

(74)代理人 100099759

弁理士 青木 篤

(74)代理人 100077517

弁理士 石田 敬

(74)代理人 100087413

弁理士 古賀 哲次

(72)発明者 チャン, プ

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 5, アン アーバー, サウス ナイツブリッジ サークル
 2 7 8 6

(72)発明者 マ, チュンチン

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 5, アン アーバー, アローウッド トレイル 2 7 4 7

(72)発明者 マニ, スレシュ

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 5, アン アーバー, ジョージタウン ブールバード 2 7
 5 1

(72)発明者 リチャード, モニク

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 3, アン アーバー, ノース ベイ ドライブ 1 3 2 6

(72)発明者 横石 正次

静岡県裾野市御宿 1 2 0 0

(72)発明者 グロムスキ, ブライアン

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 9 7, イプシランティ, ミッドベール 2 1 2 5

(72)発明者 ワン, リヤ

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 5, アン アーバー, ヒルウェイ コート 4 8 2 2

(72)発明者 イン, シ - チー

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 3, アン アーバー, ブレッケンリッジ ドライブ 2 5 6
 0

(72)発明者 スタム, キンパー エル.

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 0 3, アン アーバー, エイトス ストリート 3 2 1 # 1

(72)発明者 シルコウスキ, クリス

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 5 2, リボニア, セブン マイル 3 0 5 3 7

(72)発明者 ミラー, ジョン

アメリカ合衆国, オレゴン 9 7 4 0 5, ユージーン, マルボロ アベニュー 9 1

(72)発明者 リ, ウェン

アメリカ合衆国, ミシガン 4 8 1 8 8, イプシランティ, エー 7 1 3, レークショア ブールバ
 ード 2 5 0 0

審査官 川村 裕二

(56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 2 5 0 5 4 2 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 3 5 7 5 1 5 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 1 0 3 4 7 8 (J P , A)

特開 2 0 0 6 - 2 1 6 3 7 4 (J P , A)

特開2001-185152(JP,A)
特開2003-303585(JP,A)
特開2004-103474(JP,A)
特開2005-141991(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M 4/00 - 4/84
H01M 10/00 - 10/0587