

(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2016-509745

(P2016-509745A)

(43) 公表日 平成28年3月31日 (2016.3.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/26 (2006.01)	HO 1 M 10/26	5 H 0 2 1
HO 1 M 4/04 (2006.01)	HO 1 M 4/04	A 5 H 0 2 8
HO 1 M 2/16 (2006.01)	HO 1 M 2/16	P 5 H 0 5 0
HO 1 M 4/50 (2010.01)	HO 1 M 4/50	
HO 1 M 4/52 (2010.01)	HO 1 M 4/52	
審査請求 未請求 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2015-556258 (P2015-556258)	(71) 出願人	515210248
(86) (22) 出願日	平成26年2月6日 (2014.2.6)		エンセル テクノロジー、インコーポレイ
(85) 翻訳文提出日	平成27年9月29日 (2015.9.29)		テッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/015049		アメリカ合衆国 3 2 6 1 5 - 8 5 0 3
(87) 国際公開番号	W02014/124107		フロリダ、アラチュア、ユーエス ハイウ
(87) 国際公開日	平成26年8月14日 (2014.8.14)		エイ 4 4 1 1 2 8 8 7
(31) 優先権主張番号	61/927, 304	(74) 代理人	110000855
(32) 優先日	平成26年1月14日 (2014.1.14)		特許業務法人浅村特許事務所
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	オッグ、ランディー、ジーン
(31) 優先権主張番号	61/927, 291		アメリカ合衆国、フロリダ、ニューベリー
(32) 優先日	平成26年1月14日 (2014.1.14)		、エヌダブリュー フォーティシックス
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アベニュー 2 8 0 0 5
(31) 優先権主張番号	61/761, 312	F ターム (参考)	5H021 EE04
(32) 優先日	平成25年2月6日 (2013.2.6)		5H028 AA05 BB03 EE01 FF02 FF04
(33) 優先権主張国	米国 (US)		HH10
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 コーティングされた鉄アノード及び改善された性能を備えるバッテリー

(57) 【要約】

本発明は、改善された性能特性を持つ、鉄アノードを有するバッテリーの一つ、例えばNi-Feバッテリーを提供する。そのバッテリーは、特定の電解質及び／又はバッテリーセパレータを使用する。結果として得られる効率、充電の保持率及びサイクル寿命の特性は、従来技術におけるこのようなバッテリーよりはるかに改善されている。

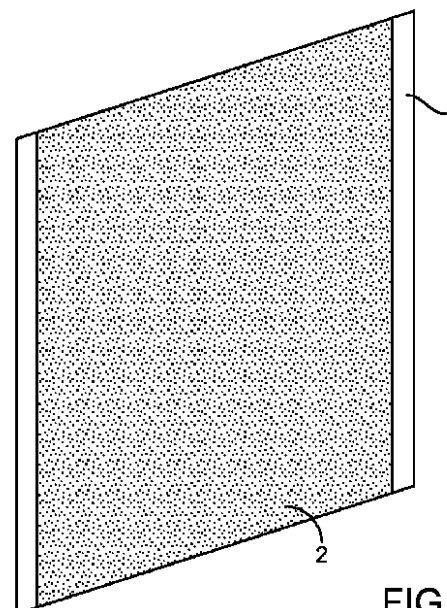


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

カソードと、鉄活物質及びバインダーを含む被膜で少なくとも 1 つの面がコーティングされた導電性基板の単一の層を含む鉄アノードと、水酸化ナトリウム、水酸化リチウム及び硫化ナトリウムを含む電解質とを備える、バッテリー。

【請求項 2】

ポリマーバッテリーセパレータをさらに備える、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 3】

カソードが、ニッケル又はマンガンカソードである、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 4】

密閉型バッテリーである、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 5】

前記バッテリーセパレータが、ポリオレフィン製である、請求項 2 に記載のバッテリー。

【請求項 6】

前記基板が、両面上をコーティングされている、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 7】

鉄アノードを備え、少なくとも約 105 ワット時 / kg の比エネルギーを示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 8】

鉄アノードを備え、少なくとも約 183 ワット時 / リットルのエネルギー密度を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 9】

鉄アノードを備え、少なくとも約 2100 ワット / kg の比出力を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 10】

鉄アノードを備え、少なくとも約 3660 ワット / リットルの出力密度を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 11】

鉄アノードを備え、少なくとも約 95 % のワット時効率を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 12】

鉄アノードを備え、28 日目の 20 °C における容量として測定したとき、少なくとも約 95 % の充電の保持率を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 13】

鉄アノードを備え、少なくとも約 10,000 サイクルのサイクル寿命を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 14】

鉄アノードを備え、
少なくとも約 105 ワット時 / kg の比エネルギー、
少なくとも約 183 ワット時 / リットルのエネルギー密度、
少なくとも約 2100 ワット / kg の比出力、
少なくとも約 3660 ワット / リットルの出力密度、
少なくとも約 95 % のワット時効率、
少なくとも約 95 % の充電の保持率、及び
少なくとも約 10,000 サイクルのサイクル寿命
を示す、請求項 1 に記載のバッテリー。

【請求項 15】

鉄アノードを備え、少なくとも 10,000 サイクルのサイクル寿命を示す、バッテリー。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

ニッケルカソードをさらに備える、請求項 15 に記載のバッテリー。

【請求項 17】

鉄アノードを備え、少なくとも 3660 ワット／リットルの出力密度及び少なくとも 2100 ワット／kg の比出力を示す、バッテリー。

【請求項 18】

ニッケルカソードをさらに備える、請求項 17 に記載のバッテリー。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギー貯蔵用装置の技術分野に含まれる。より詳細には、本発明は、鉄アノードを用いた再充電可能なバッテリーの技術分野に含まれる。

【背景技術】

【0002】

鉄電極は、100 年を超える間にわたって、エネルギー貯蔵用のバッテリーや他の装置の中に使用されてきた。鉄電極は、しばしば、ニッケル-鉄バッテリーを形成するためにニッケル系カソードと組み合わせられる。ニッケル-鉄バッテリー (Ni-Fe バッテリー) は、酸化水酸化ニッケル (III) カソード及び鉄アノードと、水酸化カリウム等の電解質とを有する再充電可能なバッテリーである。これらの活物質は、ニッケルめっきした鋼管又は穿孔したポケット内に保持されている。これは、誤用 (過充電、過放電及び短絡) に耐え、そのように取り扱われた場合でさえ非常に長い寿命を有し得る、非常に頑健なバッテリーである。ニッケル-鉄バッテリーは、しばしば、バックアップを行う状況下で使用されるが、こうした状況下では、ニッケル-鉄バッテリーは連続充電されることもあるし、20 年間超もの間持続することもある。しかしながら、ニッケル-鉄バッテリーは、比エネルギーが低く、充電の保持率が乏しく、製造コストも高いため、他の種類の再充電可能なバッテリーが、大半の用途においてニッケル-鉄バッテリーに取って代わってきた。

20

【0003】

30

ニッケル-鉄バッテリーが頻繁なサイクリングに耐え抜くことができるのは、電解質中の反応物質の溶解度が低いためである。充電中の金属鉄の形成が緩やかであるのは、水酸化第一鉄の溶解度が低いためである。緩やかな鉄結晶の形成により、電極は保たれるが、高レート性能が制限されることにもなる。ニッケル-鉄セルは、緩やかに充電され、緩やかにしか放電することができない。ニッケル-鉄セルは、熱暴走により損傷する恐れがあるため、定電圧源から充電すべきではない。ガッシングが始まると温度が上昇し、これにより消費される電流が増加し、その結果、さらにガッシングが増大し、温度が上昇して、セルの内部電圧が低下する。

【0004】

しかしながら、産業界には、改善された性能を示すこのようなバッテリー、例えば Ni-Fe バッテリー又は Mn-Fe バッテリーは、大いに役立つであろう。それによって、このようなバッテリーの使用が増えることになろう。改善された効率、充電の保持率及びサイクル寿命を有する鉄アノードを備えたバッテリーは、大いに歓迎されるであろう。

40

【発明の概要】

【0005】

本発明は、改善された性能特性を持つ、鉄アノードを有するバッテリーの一つ、例えば Ni-Fe バッテリーを提供する。そのバッテリーは、特定の電解質及び／又はバッテリーセパレータを使用する。結果として得られる効率、充電の保持率及びサイクル寿命の特性は、従来技術におけるこのような鉄アノードバッテリーよりはるかに改善されている。

【0006】

50

他の要素もある中でとりわけ、バッテリー中に鉄アノードを用いた場合に、特定の電解質及び／又はバッテリーセパレータを使用すると、バッテリーの性能特性が大幅に向上することが発見された。その電解質は水酸化ナトリウム系電解質である。そのセパレータは、鉄に対する親和性がより低い。そのセパレータは、未処理のポリマーセパレータであり、例えばポリオレフィンからできている。その結果として、バッテリーの出力、容量及び効率が向上する。サイクル寿命は、従来技術と比べて10倍改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】コーティングされた鉄アノードの斜視図である。

【0008】

【図2】基板の両面上にコーティングされた鉄電極の側面図及び断面図である。

【0009】

【図3】本発明の一実施形態によるバッテリーの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明及び本明細書の目的のために、以下の定義が適用される。

- ・ バッテリーの容量は、アンペア時（A h）で測定される。
- ・ 比エネルギーは、重量単位のバッテリー容量、ワット時／k g（WH／k g）を定義する。バッテリーは、アルカリバッテリーの場合と同様に、高い比エネルギーを有し得るが、乏しい比出力（負荷容量）を有し得る。バッテリーは、可能である場合は、例えばスーパーキャパシタを用いて、低い比エネルギーを有し得るが、高い比出力を供給し得る。比エネルギーは、しばしば、バッテリー容量及び駆動時間と同義であると考えられる。
- ・ エネルギー密度、又は体積エネルギー密度は、サイズ単位で、ワット時／リットル（WH／L）として与えられる。
- ・ 比出力は、バッテリー容量、又はバッテリーが供給し得る電流の量を定義する。比出力は、ワット／k g（W／k g）で与えられる。例えば電動工具用のバッテリーは、しばしば高い比出力を示すが、低い容量を示す。比出力は、内部抵抗及び出力の供給を示す。
- ・ 出力密度は、単位体積当たりの出力の量である。出力密度は、ワット／リットル（W／L）で与えられる。
- ・ Cレートは、充電電流及び放電電流を規定する。1 Cでは、バッテリーは、表示されているA h定格と同等の電流で充電及び放電される。0.5 Cでは、電流は半分であり、0.1 Cでは、電流は10分の1である。例えば、1 Cではバッテリーは約1時間以内に充電され、0.5 Cでは2時間かかることになり、0.1 Cでは約10時間かかることになる。
- ・ ワット時効率は、充電されたエネルギーの百分率としての放電されたエネルギーである。
- ・ 充電の保持率（charge retention）は、28日後に20℃で測定した容量である。
- ・ バッテリーのサイクル寿命は重要な観点であり、80％のDOD（放電深度）で、20℃、1 C充電、1 C放電において、70％の容量に至るまで測定される。

【0011】

本発明は、鉄アノードを有するバッテリーを含む。本バッテリーは、鉄アノードを有するいかなるバッテリーでもよく、例えばNi－Feバッテリー又はMn－Feバッテリーである。一実施形態において、本バッテリーは、Ni－Feバッテリー、鉄アノード及びニッケルカソードを有するバッテリーである。本バッテリーは、一実施形態において、連続的であってもよい、簡便なコーティング方法によって調製された、単一のコーティングされた導電性基板を含む、鉄電極を備える。上記基板は、片面又は両面がコーティングされていてもよい。

【0012】

本バッテリーは、鉄アノード及びカソード（例えばニッケルカソード）を用いた従来の

10

20

30

40

50

加工及び施工によって調製される。しかしながら、本発明のバッテリーは、特定の電解質及び／又はバッテリーセパレータを備える。一実施形態において、鉄電極は、図1及び図2に示されているように、単一のコーティングされた導電性基板(single, coated conductive substrate)を含む。

【0013】

図面を参照すると、図1は、コーティングされた鉄電極の概略図である。基板1は、鉄活物質及びバインダーを含む被膜2によって各面がコーティングされている。これは、さらに、図2に示されている。基板10は、鉄活物質及びバインダーの被膜11によって各面がコーティングされている。

【0014】

電解質は単独で使用することもでき、又、バッテリーセパレータは単独で使用することもできるが、最良の結果を得るには、電解質とバッテリーセパレータとを一緒に使用することが好ましい。

【0015】

使用される電解質は、水酸化ナトリウム系電解質であり、その水酸化ナトリウムは一般に、電解質中で5～7Nの濃度を有する。一実施形態において、電解質は、水酸化ナトリウム、水酸化リチウム及び硫化ナトリウムを含む。例えば、電解質中の水酸化ナトリウム濃度は約6Nであり、電解質中の水酸化リチウム濃度は約1Nであり、電解質中の硫化ナトリウム濃度は約2wt%である。この電解質を鉄アノードバッテリーと共に使用したところ、バッテリーの寿命、容量及び出力がはるかに改善されることが発見された。水酸化ナトリウム系電解質を使用すると、電解質中への鉄の溶解度が低下し、これによりバッテリー寿命が延びると考えられている。セル全体もまた、高温においてより安定且つ効果的なものになる。水酸化リチウムは、容量を増大させることになる、正極の電荷受容性を増大させる。

【0016】

硫化ナトリウムの存在は、鉄アノード上への硫黄の効果的な堆積のために重要であることが発見された。鉄アノードを有するバッテリーは、電解質中に硫化ナトリウムがある場合、数サイクル後に性能向上剤として硫化物が鉄アノードに取り込まれることになるため、より良好に機能するように思われる。硫化ナトリウムは本質的に、鉄の有効表面積を増大させ、この結果として鉄の利用率を高めると考えられている。したがって、容量及び出力が改善される。さらに、添加された硫化物は、硫化鉄を形成すると考えられており、硫化鉄の形態のうちの2つがFeS及びFe₂S₃であり、FeSとFe₂S₃は両方とも、鉄表面上に通常形成するFe(OH)₂より電気伝導性が高い。鉄表面上にあるこうした導電性部位は、電氣的不動態化が実際に起こる前に、鉄表面上に形成する酸化層が厚さを増し、下に位置する鉄活物質のより効率的な使用が可能になる状況を生み出す。様々な硫化物塩を利用して、こうした望ましい結果を得ることができる。一実施形態において、硫化物塩は、硫化ナトリウムである。総じて、本電解質を使用すると、標準的なNi-Feバッテリーの容量が少なくとも2倍改善され、出力が少なくとも50%増大し、ガッシングが少なくとも25%低減され、効率が少なくとも25%改善され、サイクル寿命が最も大幅に増大することが見出された。

【0017】

硫化ナトリウム等の金属硫化物の使用が上述されているが、適切な溶解度を持つその他の硫化物化合物を使用することも理解されよう。このような硫化物の例には、十分な溶解度を有する無機硫化物が含まれるが、電解質中で無機硫化物に分解することが知られている有機硫黄化合物も含まれる。

【0018】

電解質中の硫化物そのものの濃度が重要となり得ることも見出された。一実施形態において、電解質の重量の百分率として測定した硫化物そのものの量、すなわち硫化物自体の量は、0.23%から0.75%である。一実施形態において、電極中の鉄の百分率として測定した硫化物そのものの量は、0.23wt%から0.75wt%の範囲である。

【0019】

金属硫化物は、好ましくは Na_2S である。硫化ナトリウムは例えば、水和した Na_2S でもよい。水和した硫化ナトリウムは、重量比で約60%の Na_2S であり、このことは、電解質中に使用される硫化物そのものの量を計算するときに考慮しなければならない。一般に、電解質中に使用される Na_2S の量は、電解質の重量に基づいて1wt%から2wt%の範囲である。

【0020】

一実施形態において、電解質中の NaOH の濃度は、6Mから7.5Mの範囲である。一実施形態において、電解質中の LiOH の量は、0.5Mから2.0Mの範囲であり、最も好ましくは約1.0Mである。 NaOH 及び LiOH と硫化物との組み合わせは、その効果的な結果をもたらす点においてユニークである。

10

【0021】

上述した電解質と、単一の基板上にコーティングされた鉄電極とを組み合わせると、セル又はバッテリーの活性化のために必要となる時間が大幅に短縮されることも発見された。特に、上記電解質を、金属箔又は金属発泡体等の導電性基板上に貼り付けられた鉄活物質を含む付着式鉄電極と併せて用いれば、従来のポケット式極板設計 (pocket plate design) の Ni-Fe バッテリーより改善された性能を有するバッテリーがもたらされる。このような付着式鉄電極が硫黄添加剤又は硫化物添加剤を含有する場合には、性能がさらに改善される。

【0022】

20

バッテリーセパレータは、水酸化ナトリウム系電解質を伴うことなく単独で本バッテリー中に使用することができるが、好ましくは電解質と組み合わせて使用することができるものであって、鉄に対する親和性が低いバッテリーセパレータである。上記バッテリーセパレータは、濡れ性のためにエッチングしてもよいが、本バッテリーセパレータを使用した場合、エッチングは任意であるにすぎない。バッテリーセパレータは、ポリマーからできており、一般に滑らかな表面を有する。ポリマーは、非極性表面をもたらすいかなるポリマーでもよく、やはり一般に非常に滑らかである。このようなポリマーの例には、ポリエチレン等のポリオレフィン、及びポリテトラフルオロエチレン (例えば、Teflon (登録商標)) が含まれる。鉄に対する親和性がより低いセパレータを使用することにより、セパレータが、より緩やかな速度で鉄を捕捉することになる。これにより、バッテリーのサイクル寿命の大幅な増加がもたらされる。上記セパレータを使用すると、標準的な Ni-Fe バッテリーの容量が少なくとも20%改善され、出力が少なくとも25%改善され、効率が少なくとも10%改善されることが発見された。上記セパレータを本発明の水酸化ナトリウム系電解質と共に用いた場合、標準的な Ni-Fe バッテリーの寿命が少なくとも3倍に増大する。

30

【0023】

図3は、鉄アノード21を有するバッテリー20を示す。ニッケルカソード又はマンガンカソード等のカソード22もバッテリー中にある。電解質23は、鉄アノードとカソードとの両方を取り囲んでいる。電解質は、水酸化ナトリウム、水酸化リチウム及び硫化ナトリウムを含む、上述した水酸化ナトリウム系電解質である。バッテリーセパレータ24は、一実施形態において、非極性表面を有して鉄に対する親和性が低いバッテリーセパレータである。バッテリーセパレータは、このような非極性表面をもたらす任意の物質から製造することができる。ポリマーは、滑らかで非極性の表面をもたらすため、有力な候補である。適切なポリマーには、ポリオレフィンが含まれる。

40

【0024】

バッテリーは、従来の手段及びプロセスを用いて製造することができる。しかしながら、アノードは、鉄アノードでなければならず、水酸化ナトリウム、水酸化リチウム及び硫化ナトリウムを含む電解質を使用し、且つ／又は、鉄に対する親和性が低いバッテリーセパレータを使用することになる。一実施形態において、水酸化ナトリウム系電解質と、鉄に対する親和性が低いバッテリーセパレータとの両方が、バッテリー中に使用される。上

50

記三成分の水酸化ナトリウム系電解質を使用する大きな有益性は、バッテリーを密閉できることである。一般的な液式设计 (flooded design) を用いる必要はない。このような密閉型バッテリー (sealed battery) は、液式设计を用いたバッテリーのように電解質を定期的に添加する必要がないため、保守が不要である。

【0025】

一実施形態において、鉄アノード自体は、伝統的なポケット式アノード設計 (pocket anode design) とは異なる。上記アノードは、単一のコーティングされた導電性基板であり、片面又は両面がコーティングされていてもよい。上記アノードはまた、連続的であってもよい、簡便なコーティング方法によって製造することもできる。

【0026】

鉄アノードの単一の基板は、電極の活物質 (鉄) を収容する、電流伝導性且つ集電性の材料として使用される。伝統的なポケット式设计においては、基板は、活物質を取り囲んでおり、且つ活物質を保持している。したがって、電極1個当たり基板の2層 (two layers of substrate) が必要になる。単一の基板による設計においては、基板の単一の層 (single layer of substrate) が使用される。この単一の層は、コーティングされた材料が少なくとも1つの面に結合している担体として作用する。一実施形態において、基板の両面がコーティングされている。この基板は、金属箔若しくは金属シート、金属発泡体、金属メッシュ、織物状金属又はエキスパンドメタル等の薄い導電性材料でもよい。例えば、0.060インチ、80ppiのニッケル発泡体材料が使用されている。

【0027】

鉄アノード用のコーティング混合物は、水溶液又は有機溶液中のバインダーと活物質との組合せである。この混合物はまた、細孔形成剤等、他の添加剤も含み得る。細孔形成剤は、しばしば、電極中での十分な H_2 の移動を確保するために使用される。十分な H_2 の拡散がなければ、バッテリーの容量に悪影響が及ぼされる。これらのバインダー材料は、活物質粒子どうしの付着及び結合と、基板電流担体への活物質粒子の付着及び結合との両方を活物質粒子間にもたらす特性を有する。バインダーは一般に、経年変化、温度及び苛性環境による劣化に対する耐性がある。バインダーは、ポリマー、アルコール、ゴム及びその他の材料、例えば効果的であると証明された高度なラテックス配合物を含み得る。ポリビニルアルコールバインダーが、一実施形態において使用される。

【0028】

鉄アノードの混合配合物用の活物質は、一般に酸化性がより低い鉄種から選択される。このような材料は、金属Fe及び酸化鉄材料を含む。酸化鉄材料は、電荷が印加されると金属の鉄に転化する。適切な酸化鉄材料は、 Fe_3O_4 を含む。さらに、その他の任意の添加剤は一般に、硫黄、アンチモン、セレン及びテルル等、酸化性がより低いことが要求される。

【0029】

コーティング方法は、噴霧、浸漬してからのぬぐい取り、押出、低圧コーティングダイ又は表面転写等の方法により、活物質混合物を基板に塗布する連続プロセスでもよい。バッチ式プロセスを用いることもできるが、連続プロセスの方がコスト及び加工の点では有利である。コーティング混合物は、重量と厚さ、及び被膜の均一性のために高い粘ちょう性を維持しなければならない。この方法は、様々な材料の層形成、並びに多孔度、密度及び厚さ等の相異なる特性の層の供給に役立つ。例えば、基板は、3つの層でコーティングすることができる。高密度の第1の層、中密度の第2の層、及びより低密度の最後の層により、活物質から電解質への気体の流れを改善し、且つ、電極の構造全体にわたって活物質に、より良好な電解質への接触とイオン拡散とをもたらす、密度勾配を生成する。

【0030】

コーティングした後に、電極を乾燥させ、残留する任意の液体、すなわち水性溶媒又は有機溶媒を除去する。乾燥方法は一般に、鉄の発火を伴わずに、乾燥した構成成分の付着効果及び結合効果を向上し、コーティングされた活物質から液体を除去するための連続的

10

20

30

40

50

な方法を提供する。この乾燥方法は、基板材料に均一で安定な活物質被膜をもたらす。２段階の乾燥を用いることもできる。例えば、第１段階の乾燥は、コスト及び品質管理のため、バルク乾燥用の放射でもよく、続いて、残留する液体を除去するために対流乾燥が行われる。使用される放射線は、赤外線、マイクロ波又は紫外線等、任意の放射線でもよく、非常に高速である。しかしながら、放射線は、コーティングされた電極の表面を高温にする。この高温は、ヒートシンクとして作用する水が依然として存在する限り、許容される。したがって、水は一般に、約１０～２０ｗｔ％の水になるまで除去される。こうした水の除去は一般に、管理図を用いて判定できる。水を１０％未満にしまうと、電極が乾燥しすぎて高温により鉄が発火する可能性があるため、危険である。したがって、残留する水の量が１０～２０ｗｔ％の範囲になったら対流乾燥を用いて水／液体の除去を完了させることが、好ましい実施形態である。別の実施形態において、上記プロセスが不活性雰囲気中で行われる場合は、放射線を使用して乾燥を完了させることができる。

10

【００３１】

使用される圧縮方法は、圧延機、垂直加圧及び磁力式圧縮により活物質を、高品質で低コストの連続加工のために、０．００５インチから０．５００インチの所望の厚さ且つ１０％から５０％の多孔度にすることによって、達成することができる。一実施形態において、電極の多孔度は、１５％～２５％の多孔度である。この圧縮方法は、密度、厚さ、多孔度及び機械的付着の材料特性をもたらすための上述の層形成法と併せて用いることができる。

【００３２】

さらに、連続インライン連続表面処理を、コーティング、層形成及び乾燥のプロセスを含む任意の工程全体を通して連続的に適用することができる。該処理により、硫黄、ポリマー、金属溶射物、表面ラメント（surface l a m e n t）等を適用することができる。

20

【００３３】

鉄電極を備える本バッテリーは、例えば、携帯電話に使用することができ、その場合、単一の面のみがコーティングされた電極が必要になる。しかしながら、両面がコーティングされるのが好ましく、これにより、さらなる多くの用途に本バッテリーを使用できるようになる。

【００３４】

得られたバッテリーは、改善された性能特性を示す。液式設計の標準的なN i - F e バッテリーとの比較により、以下のとおりであることが見出された。

30

【表 1】

	本発明	従来品	
WH/kg (比エネルギー)	105	50	
WH/L (エネルギー密度)	183	40	
W/kg (比出力)	2,100	100	
W/L (出力密度)	3,660	80	10
WH 効率	95%	65%	
充電の保持率	95%	60%	
(28日目の20℃における容量)			
サイクル寿命	10,000	1,000	
(80%のDODで20℃、1C充電、1C放電において70%の容量に至るまで)			
上記の表において、WHはワット時である。			20

【0035】

上記の比較において、本発明のNi-Feバッテリーには、水酸化ナトリウム(NaOH)、水酸化リチウム(LiOH)及び硫化ナトリウム(Na₂S)を含む電解質を使用した。本発明のNi-Feバッテリー中に使用されたセパレータは、厚さ0.010インチのポリオレフィン不織布メッシュであった。従来のNi-Feバッテリー中に使用された電解質は、水酸化カリウム(KOH)であり、バッテリーセパレータは、厚さ0.060インチのポリ塩化ビニル(PVC)ウインドウ(window)であった。その結果として、本発明のNi-Feバッテリーの性能特性の極めて大きな改善が示されている。最も大幅に改善されているのは、出力特性及びサイクル寿命、並びに容量である。特に、本バッテリーは、80%のDODで20℃において70%の容量に至るまで充放電したとき、10,000サイクル以上のサイクル寿命を有する。バッテリーの容量の保持率も、28日目に20℃において少なくとも95%となり得る。出力密度及び比出力に関する出力特性もまた、大幅に向上する。出力密度は、少なくとも3,660W/Lで、比出力は、少なくとも2100W/kgとなり得る。

【0036】

本発明に関する上記の説明により、当業者は、本発明の最良の態様であると現在考えられるものを製造及び使用することができるが、当業者であれば、本明細書中の具体的な実施形態、方法及び例の変形、組合せ及び等価物の存在を理解及び認識されよう。したがって、本発明は、上述した実施形態、方法及び例によって限定されるべきではなく、本発明の範囲及び趣旨に含まれるすべての実施形態及び方法によって限定されるべきである。

【図 1】

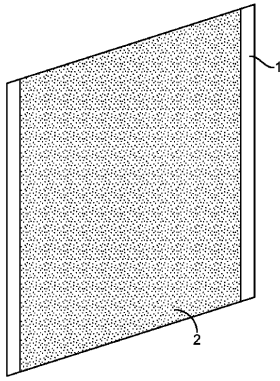


FIG. 1

【図 3】

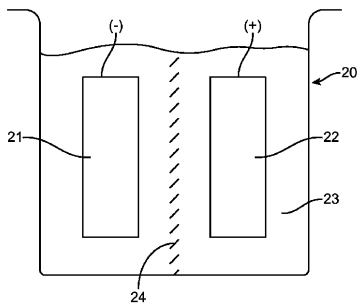
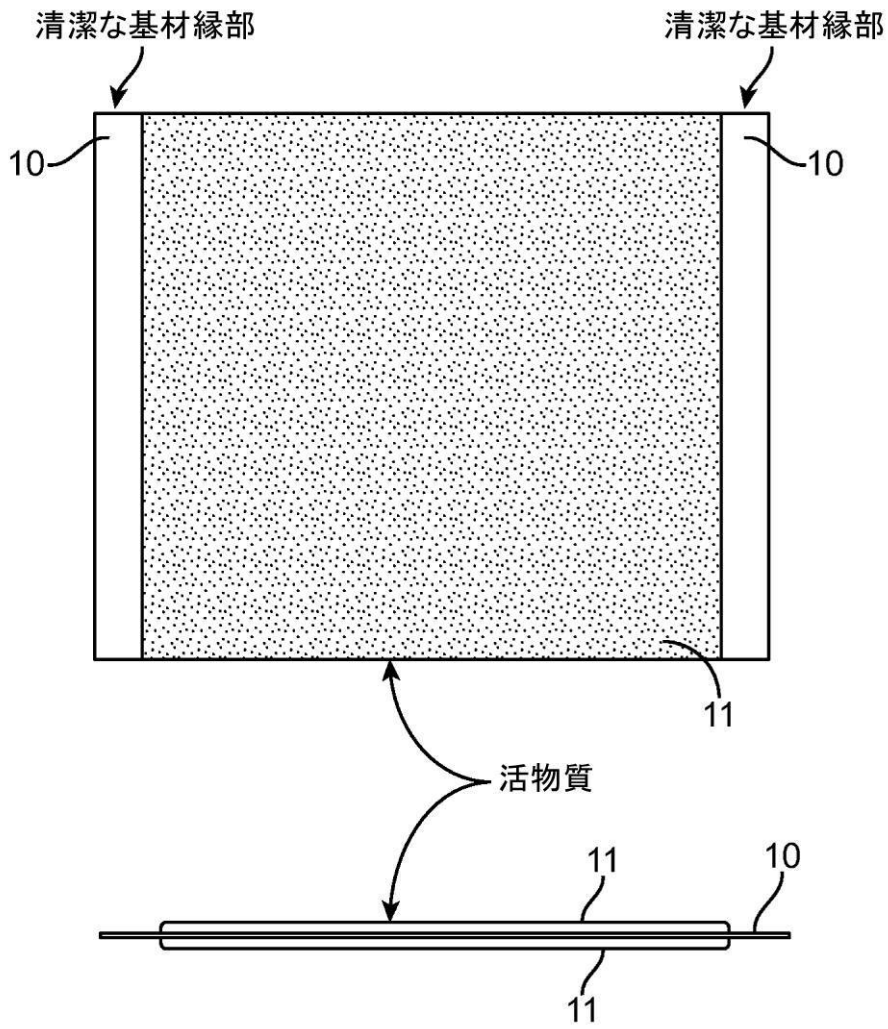


FIG. 3

【図 2】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2014/015049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) - H01M 4/02 (2014.01)

USPC - 429/221

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)

IPC(8) - H01M 4/02, 04, 24, 64, 66, 80, 10/00, 24, 26 (2014.01)

USPC - 429/188, 209, 221, 233, 235, 241, 245

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
CPC - H01M 4/661, 80; Y02E 60/12 (2014.02)

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatBase, Google Patents, Google Scholar

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6,558,848 B1 (KOBAYASHI et al) 06 May 2003 (06.05.2003) entire document	15
Y		1-14, 16-18
Y	Applicant's Admitted Prior Art. paragraph 2	3, 16, 18
Y	US 6,844,111 B2 (MIRZOEV et al) 18 January 2005 (18.01.2005) entire document	8-10, 17-18
Y	US 2011/0123850 A1 (DUONG et al) 26 May 2011 (26.05.2011) entire document	1-14
Y	US 3,898,098 A (GILES) 05 August 1975 (05.08.1975) entire document	1-14
Y	US 2012/0187918 A1 (NARAYAN et al) 26 July 2012 (26.07.2012) entire document	7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

* 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 application or patent 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

06 May 2014

Date of mailing of the international search report

27 MAY 2014

Name and mailing address of the ISA/US

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-3201

Authorized officer:

Blaine R. Copenheaver

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 M 10/24 (2006.01) H O 1 M 10/24

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

Fターム(参考) 5H050 AA02 AA07 BA11 CA17 CB11 DA04 DA19 HA16 HA19