

(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2010-501455

(P2010-501455A)

(43) 公表日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
CO 1 B	31/02	(2006.01)	CO 1 B	31/02	1 O 1 B	4 G 1 4 6
HO 1 M	4/80	(2006.01)	HO 1 M	4/80	C	5 H O 1 7
HO 1 M	4/68	(2006.01)	HO 1 M	4/68	Z	5 H O 5 0
HO 1 M	4/14	(2006.01)	HO 1 M	4/14	Q	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2009-525528 (P2009-525528)	(71) 出願人	504430798
(86) (22) 出願日	平成18年8月18日 (2006. 8. 18)		ファイアフライ エナジー インコーポレ
(85) 翻訳文提出日	平成21年4月17日 (2009. 4. 17)		イテッド
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/032366		F I R E F L Y E N E R G Y I N C .
(87) 国際公開番号	W02008/020852		アメリカ合衆国、イリノイ州 6 1 6 1 4
(87) 国際公開日	平成20年2月21日 (2008. 2. 21)		、ピオリア、ノース ガレーナ ロード
			6 5 3 3
		(74) 代理人	100078330
			弁理士 笹島 富二雄
		(74) 代理人	100129425
			弁理士 小川 護晃
		(74) 代理人	100154106
			弁理士 荒木 邦夫
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 複合炭素発泡体

(57) 【要約】

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材並びに炭素発泡材の複数の不連続部の少なくともいくつかの上に析出した二次原料を含む複合発泡体。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含む炭素発泡材と、

前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部又は内部に、複合発泡体の約 0.5 重量%以上且つ約 25 重量%未満の量だけ選択的に析出する二次原料と、を含んで構成される複合発泡体。

【請求項 2】

前記炭素発泡材は、黒鉛発泡体を含む、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 3】

前記二次原料は、高分子化合物を含む、請求項 1 記載の複合発泡体。

10

【請求項 4】

前記二次原料は、熱可塑性高分子化合物を含む、請求項 3 記載の複合発泡体。

【請求項 5】

前記高分子化合物は、ポリビニルアラニン、ポリスチレン及びポリカーボネートのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 3 記載の複合発泡体。

【請求項 6】

前記二次原料は、ガラスを含む、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 7】

前記二次原料は、リン酸塩ガラス及びケイ酸塩ガラスのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 6 記載の請求項。

20

【請求項 8】

前記微細孔の網状組織を規定する構造要素の表面のうち少なくともいくつかには、二次原料がほぼ存在しない、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 9】

前記複合発泡体は、 $50,000 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の抵抗率値を有する、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 10】

前記複合発泡体は、木材を含んで構成される、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 11】

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材であって、その炭素発泡体が、 $50,000 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ を上回らない抵抗率値を有するものと、

30

前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部あるいは内部に、選択的に析出する二次原料と、を含んで構成される導電性複合発泡体。

【請求項 12】

前記炭素発泡材は、黒鉛発泡体を含む、請求項 11 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 13】

前記二次原料は、高分子化合物を含む、請求項 11 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 14】

前記二次原料は、熱可塑性高分子化合物を含む、請求項 13 記載の導電性複合発泡体。

40

【請求項 15】

前記高分子化合物は、ポリビニルアラニン、ポリスチレン、及びポリカーボネートのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 13 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 16】

前記二次原料は、ガラスを含む、請求項 11 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 17】

前記二次原料は、リン酸塩ガラス及びケイ酸塩ガラスのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 16 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 18】

前記微細孔の網状組織を規定する構造要素の表面のうち少なくともいくつかには、二次

50

原料がほぼ存在しない、請求項 1 1 記載の導電性複合発泡体。

【請求項 1 9】

鉛蓄電池であって、
ハウジングと、
該ハウジング内に配設される少なくとも 1 つのセルと、
電解質と、
複合発泡材を含む少なくとも 1 つの導電性部品と、
を含んで構成され、前記複合発泡材は、
微細孔の網状組織及び複数の不連続部からなる炭素発泡材と、
前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかに析出する二次原料と、
を含んで構成される鉛蓄電池。 10

【請求項 2 0】

前記少なくとも 1 つの導電性部品は、電流コレクタを含んで構成される、請求項 1 9 記載の鉛蓄電池。

【請求項 2 1】

前記複合発泡材を覆う化学的活性ペーストを更に含んで構成され、それにより前記化学的活性ペーストが炭素発泡材の少なくともいくつかの微細孔に侵入する、請求項 2 0 記載の鉛蓄電池。

【請求項 2 2】

前記電解質は、酸性溶液を含む、請求項 1 9 記載の鉛蓄電池。 20

【請求項 2 3】

前記酸性溶液は、硫酸を含む、請求項 2 2 記載の鉛蓄電池。

【請求項 2 4】

前記炭素発泡材は、黒鉛発泡体を含む、請求項 1 9 記載の鉛蓄電池。

【請求項 2 5】

前記二次原料は、前記複合発泡材の約 0.5 重量%から 25 重量%未満の間の量で、前記複合発泡材に析出する、請求項 1 9 記載の鉛蓄電池。

【請求項 2 6】

前記複合発泡材の前記抵抗率は、 $50,000 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ を上回らない、請求項 1 9 記載の鉛蓄電池。 30

【請求項 2 7】

複合発泡体を製造するための方法であって、
第一極性の帯電を維持する二次原料、及び略極性溶媒を含む、処理混合液を提供することと、

前記微細孔の網状組織及び前記複数の不連続部を含む前記炭素発泡材を、前記処理混合液に暴露することと、

前記第一極性と反対の第二極性の電荷を前記炭素発泡材に印加することと、
を含んで構成される複合発泡体を製造するための方法。

【請求項 2 8】

前記炭素発泡材は、黒鉛発泡体を含む、請求項 2 7 記載の方法。 40

【請求項 2 9】

前記略極性溶媒は、水、アンモニア、メタノール、及び酢酸のうち少なくとも 1 つを含む、請求項 2 7 記載の方法。

【請求項 3 0】

前記第一極性は、正である、請求項 2 7 記載の方法。

【請求項 3 1】

前記第一極性は、負である、請求項 2 7 記載の方法。

【請求項 3 2】

前記二次原料は、高分子化合物を含む、請求項 2 7 記載の方法。

【請求項 3 3】

前記第二極性の電荷の印加後、前記二次原料を後処理すること、を更に含んで構成される請求項 27 記載の方法。

【請求項 34】

前記二次原料の後処理は、所定の温度に該二次原料を加熱することを含む、請求項 33 記載の方法。

【請求項 35】

前記二次原料の後処理は、反応物質に前記二次原料を暴露することを含む、請求項 33 記載の方法。

【請求項 36】

前記反応物質は、前記二次原料と前記反応物質間の化学反応をもたらすように設定される、請求項 35 記載の方法。 10

【請求項 37】

前記高分子化合物は、ポリビニルアラニン、ポリスチレン、及びポリカーボネートのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 27 記載の方法。

【請求項 38】

前記二次原料は、リン酸塩ガラス及びケイ酸塩ガラスのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 27 記載の方法。

【請求項 39】

複合発泡体構成要素を強化するための方法が、
二次原料及び溶媒を含んで構成される処理混合液を提供することと、
微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材を前記処理混合液へ暴露することと、
を含んで構成され、 20

前記炭素発泡材を前記処理混合液へ暴露することにより、前記炭素発泡材に前記二次原料の少なくともいくらかを移動させ、該移動によって、前記二次原料が、前記複合発泡体の約 0.5 重量%以上且つ約 25 重量%未満の量で、前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部あるいは内部に選択的に析出する、複合発泡体構成要素を強化するための方法。

【請求項 40】

前記溶媒は、略無極性物質を含む、請求項 39 記載の方法。 30

【請求項 41】

前記溶媒は、キシレン及び塩化メチレンのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 39 記載の方法。

【請求項 42】

前記炭素発泡材は、黒鉛発泡体を含む、請求項 39 記載の方法。

【請求項 43】

前記二次原料は、高分子化合物を含む、請求項 39 記載の方法。

【請求項 44】

前記高分子化合物は、ポリビニルアラニン、ポリスチレン、及びポリカーボネートのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 43 記載の方法。 40

【請求項 45】

前記二次原料は、リン酸塩ガラス及びケイ酸塩ガラスのうち少なくとも 1 つを含む、請求項 39 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合材料に関し、より詳細には、導電性複合炭素発泡体に関する。

【背景技術】

【0002】

電気化学的な電池、中でも例えば、鉛蓄電池やニッケルを基礎とした蓄電池は、少なく 50

とも1つの正極電流コレクタ、少なくとも1つの負極電流コレクタ及び電解質溶液を含むことが知られている。例えば、従来の鉛蓄電池は、正極及び負極いずれの電流コレクタも、鉛から構成される。これら鉛電流コレクタの役割は、充放電過程における電池端子との間の電流運搬である。鉛蓄電池における電氣的エネルギーの蓄積と解放は化学反応により可能となるが、この反応は、電流コレクタ上を覆うペースト中で生ずる。正極及び負極電流コレクタは、このペーストで被覆されて、それぞれ正極板及び負極板と呼ばれる。鉛蓄電池の耐久性を制約するもので注目すべきは、正極板の鉛電流コレクタの腐食である。

【0003】

鉛電流コレクタの腐食率は、鉛蓄電池の寿命を決定する主な要因である。電解質（例えば、硫酸）が電池に添加され、電池が充電されると、硫酸への各正極板露出及び正極板のアノード電位により、各正極板の電流コレクタは、継続的に腐食される。正極板電流コレクタにおいて、この腐食による損傷の影響が最も大きいものの一つには、体積膨張がある。特に、鉛電流コレクタが腐食するときに、電流コレクタの原料金属である鉛から、二酸化鉛が形成される。この二酸化鉛による腐食生成物は、二酸化鉛を作り出すために消費される鉛原料物質より大きな体積を有する。これら鉛原料物質の腐食及びその結果生ずる二酸化鉛腐食生成物の体積増加が、体積膨張として知られている。

【0004】

体積膨張は、電流コレクタの変形及び伸張が生じる電流コレクタ上の機械的応力を発生させる。電流コレクタの全体積がおよそ4から7%増加すると、電流コレクタは破壊する可能性がある。結果として、電池容量は低下し、最終的には、電池の寿命は短くなるであろう。加えて、腐食のかなり進行した段階においては、電流コレクタ内の内部短絡及びセルケースの破裂が起こる可能性がある。これら腐食の影響はいずれも、電池内の1又は2以上のセル破損を招き得る。

【0005】

鉛蓄電池の寿命を延長させる1つの方法としては、正極板電流コレクタの耐腐食性向上がある。鉛蓄電池内の腐食過程を抑制するためにも、いくつかの方法が提案されている。これらの方法には、鉛蓄電池内の有害な腐食過程を遅延又は抑制するために種々の形で炭素を用いるものが含まれる。なぜならば、鉛蓄電池が一般的に動作する温度では、炭素は酸化されないからである。例えば、米国特許公開番号第20040121238号では、炭素発泡体が、鉛蓄電池に使用される電流コレクタとして提案されている。電流コレクタとして炭素発泡体（例えば、黒鉛発泡体）を用いると、鉛電流コレクタの格子(grid)よりも、電流コレクタの耐腐食性が向上し、且つ表面積が増加し得る。この電流コレクタの表面積増加は、電池の固有エネルギー及び電力を向上させ、それによって、電池性能がもっとも高められる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、発泡体内に形成された微細孔網状組織の中には、発泡体構造内に帯電したイオンの挿入を可能にする複数の不連続部が存在し得る。これらイオンは炭素発泡構造中に打ち込まれた楔のような役割を果たす。すなわち、これらイオンは、内部損傷（例えば、亀裂やはく離）を引き起こして、電流コレクタを早期故障へと導く。イオン挿入の影響は、炭素発泡構造が黒鉛を含むときに、特によく見られる。さらに、不連続部により、炭素発泡体と種々の化学的反応種との間の化学的相互作用を増進する反応部位が発生する可能性がある。この化学的相互作用は、炭素発泡体の構造的完全性を損ない得るが、その化学的反応性が、種々の形式の炭素発泡体に対し破壊作用を及ぼす可能性がある。

【0007】

本発明は、先行技術に存在する1又は2以上の問題あるいは欠点の克服を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の装置及び方法は、導電性複合炭素発泡体に関する。

【0009】

本開示の一実施形態は、複合発泡体を含む。複合発泡体は、微細孔網状組織及び複数の不連続部のいずれも含む炭素発泡材を含んでなる。複合発泡体は、さらに、炭素発泡材の複数の不連続部の少なくともいくつかの上部又は内部に選択的に析出された二次原料を更に含む。この二次原料は、複合発泡体の約0.5重量%以上且つ25重量%未満の量において含まれる。

【0010】

別の実施形態において、導電性複合発泡体が開示されている。導電性複合発泡体は、微細孔網状組織及び複数の不連続部を含む炭素発泡材を含んでなり、前記炭素発泡体は、50,000 $\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$ 以下の抵抗率を有する。導電性複合発泡体は、炭素発泡材の複数の不連続部の少なくともいくつかの上部に選択的に析出された二次原料を更に含む。

10

【0011】

さらに別の実施形態において、鉛蓄電池が開示されている。鉛蓄電池は、ハウジング、ハウジング内に配設される少なくとも1つのセル、電解質及び複合発泡材を含む少なくとも1つの導電部を含んでなる。複合発泡材は、微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材、並びに炭素発泡材の複数の不連続部の少なくともいくつかの上部又は内部に配設される二次原料を含む。

【0012】

さらに別の実施の形態において、複合発泡体の製造方法が開示されている。その方法は、二次原料及び実質的な極性溶媒を含んだ処理混合液を提供する工程を含む。その工程において、二次原料は、第一極性の帯電を維持する。その方法は、さらに、微細孔網状組織及び複数の不連続部を含む炭素発泡材を処理混合液へ曝すこと、並びに炭素発泡材に対して第二極性電荷を印加すること、の工程を含む。なお、第二極性は、第一極性とは反対の極性である。

20

【0013】

さらに別の実施の形態において、複合発泡部品を強化する方法が開示されている。その方法は、二次原料及び溶媒を含んで構成される処理混合液を提供すること、並びに微細孔網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材を処理混合液中へ曝すこと、の工程を含む。その工程において、炭素発泡材を処理混合液へ曝すことにより、少なくともいくつかの二次原料が炭素発泡材に移動するので、二次原料が、複数の不連続部のうち少なくともいくつかの上部又は内部に選択的に析出される。その析出量は、複合発泡体の約0.5重量%以上且つ25重量%未満である。

30

【発明の効果】

【0014】

発泡構造中の不連続部におけるイオン挿入が、電流コレクタの内部損傷を引き起こし、早期故障を招く、という問題を改善することができる。また、発泡構造中の不連続部における、炭素発泡体と種々の化学反応種間の化学的相互作用が、炭素発泡体の構造的完全性を損ない、破壊的作用を及ぼす、という問題を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

この明細書に組み込まれ、その一部を構成する添付の図面は、本発明の実施形態を図示し、詳細な説明とともに、本発明の原理を説明する上で役立つものである。

40

【図1】本発明の例示的な実施形態による電池10を示す。

【図2A】本発明の例示的な実施形態による電流コレクタ20を示す。

【図2B】電流コレクタ20上に任意的に形成されるタブ21の拡大図である。

【図3】約100倍に拡大した例示的な炭素発泡体の二次元的表現である。

【図4】本発明の実施形態に合致する二次原料を伴う炭素発泡体を処理するための例示的な方法を示す流れ図である。

【図5】本発明の実施形態に合致する二次原料を伴う炭素発泡体を処理するための別の例示的な方法を示す流れ図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に本発明の例示的な実施形態を、添付図面に図示される実施例に基づいて詳細に説明する。可能な限り、同一の参照番号は、図面を通じて、同一あるいは同様の要素に言及するために、用いられるものとする。

【0017】

図1は、本発明の例示的な実施形態による電池10を示す。電池10は、ハウジング11及びハウジング11の外部にある端子12を含む。ハウジング11内には、少なくとも1つのセル13が配設される。電池10は、単一のセル13で動作可能であるが、電池10の所望の全電位を供給するため、複数のセルを直列又は並列に接続してもよい。

10

【0018】

それぞれのセル13は、電解質溶液中に浸漬される正極板及び負極板、あるいは両電極を交互に並べて構成される。電解質溶液の組成は、特定の電池の化学的性質に対応するように選択され得る。例えば、鉛蓄電池は、酸性電解質溶液を含んでもよい。適切な酸のいずれもが、鉛蓄電池の電解質を提供するために用いられる。ある特定の実施形態において、硫酸は、電池10の電解質溶液を提供するため、水と混合される。あるいは、他の化学的性質を有する電池は、他の電解質を含む。例えば、ニッケルを基礎とする蓄電池は、水と混合される塩基（例えば、 KOH ）を含有するアルカリ性電解質溶液を含んでもよい。

【0019】

電池10は、例えば、電流コレクタ、バス・バー(bus bar)及びその他本発明と合致する導電部など、少なくとも1つの導電部を更に含む。一実施形態において、各セル13の正極板及び負極板は、化学的活物質で充填又は被覆された導電性電流コレクタを含み得る。化学的活物質の組成は、電池10の化学的性質に依存する。例えば、鉛蓄電池は、鉛酸化物あるいは鉛塩化物などの化学的活物質を含んでもよい。さらに、ニッケル・カドミウム(NiCd)蓄電池のアノード板（すなわち正極板）は、水酸化カドミウム($\text{Cd}(\text{OH})_2$)物質を；ニッケル・水素蓄電池は、ランタン・ニッケル合金(LaNi_5)物質を；ニッケル・亜鉛(NiZn)蓄電池は、水酸化亜鉛($\text{Zn}(\text{OH})_2$)物質を；そして、ニッケル・鉄(NiFe)蓄電池は、水酸化鉄($\text{Fe}(\text{OH})_2$)物質を含んでもよい。ニッケルを基礎とする全ての蓄電池において、カソード（すなわち負極）板上の化学的活物質は、水酸化ニッケルであってもよい。

20

30

【0020】

図2Aは、本発明の例示的な実施形態による電流コレクタ20を示す。電流コレクタ20は、薄い長方形の本体と、電流コレクタ20と電氣的接続を形成するために用いられるタブ21と、を含み得る。ただし、タブ21は、いくつかの実施の形態においては、省略されてもよい。

【0021】

図2Aに示される電流コレクタは、正極板あるいは負極板のいずれかを形成するために用いられる。前述したように、電池の電流コレクタを覆う活物質中における化学反応は、エネルギーの蓄積及び解放を可能とする。所与の電流コレクタを正極板あるいは負極板のいずれとして機能するかは、電流コレクタ材ではなく、この活物質の組成により決定される。

40

【0022】

正極、負極のいずれかを問わず、板の種類は、電流コレクタ20のために選択される物質に左右されないが、電流コレクタの材料及び構造は、電池10の特性及び性能に影響を与える可能性がある。例えば、充放電中、各電流コレクタ20は、端子12との間において派生電流の運搬を行うが、端子12との間における効率的な運搬のために、電流コレクタ20は導電性材料により形成されるとよい。さらに、腐食に対する電流コレクタ材の脆弱性は、電池10の性能に影響を与えるのみならず、電池10の寿命にも影響を及ぼす可能性がある。電流コレクタ20のために選択された材料に加えて、電流コレクタ20の構造も電池性能にとって重要である。例えば、電流コレクタ20上の有効総表面積は、電池

50

10の比エネルギー、比電力、及び充放電速度に影響を与え得る。

【0023】

本発明の例示的な実施形態において、電流コレクタ20は、図2Aに示されるように、炭素発泡材から形成される。その材料は、ある程度の気孔率を示す、炭素あるいは炭素を基礎とした物質を含む。ある実施形態においては、炭素発泡体は、黒鉛の発泡体を含み得る。発泡体が炭素であるので、電解質や正極又は負極の電位にさらされたときでも、腐食耐性がある。さらに、炭素発泡体の電流コレクタは、従前のコレクタと比較して、2000倍以上の総表面積を示し得る。

【0024】

開示される発泡材は、支柱及び微細孔の3次元的な網状組織を含有する炭素基礎材を含み得る。その発泡材は、自然に発生する材料と、人工的に得られる材料と、のいずれか一方又はその双方を含んで構成される。

【0025】

図2Bは、電流コレクタ20上に任意で形成され得る、タブ21の拡大図を示す。タブ21は、導電性物質で被覆され、電流コレクタ20との電氣的接続を形成するために用いられる。タブ21に加えて、電流コレクタ20との電氣的接続を確立するため他の適切な構成が用いられてもよい。タブ21を被覆するために用いられる導電性物質は、炭素発泡電流コレクタよりも導電性の高い金属を含み得る。タブ21を導電性物質で被覆することにより、タブ21の構造的な補強がもたらされるとともに、鉛蓄電池及びニッケルを基礎とする蓄電池の高電流処理を可能とする適切な電氣的接続が形成される。

【0026】

図3は、約100倍に拡大した、典型的な炭素発泡体の2次元的な表現を示す。炭素発泡体は、微細孔41の網状組織を含む。これら微細孔により、各電流コレクタ20の表面積が増大する。炭素発泡体は、不連続部43を更に含む。本明細書で用いられる用語“不連続部(discontinuity)”は、炭素発泡材の固体構造内における開口部(openings)、亀裂(cracks)、段差(steps)、ひび(fissures)、剥離(separations)、切れ目(chasms)、隙間(apertures)、又は穿孔(perforations)のいずれをも意味すると理解される。不連続部は、肉眼で又は顕微鏡下で観察される際、容易に視覚で捉えられる場合もあれば、十分に識別できない場合もあり得る。さらに、不連続部は、大きさ、形状及び構造が多様である。例えば、不連続部は、とりわけ発泡体内の微細孔壁上の毛髪上亀裂、又は黒鉛層間の切れ目状剥離を含み得る。

【0027】

一実施形態において、炭素発泡体は、1センチメートル当り約4から約50個で、少なくとも平均粒径が $200 \times 10^{-6} \text{m}$ の微細孔を含み得る。しかし、他の実施形態においては、微細孔の平均粒径は、より小さくなり得る。例えば、ある実施形態においては、微細孔の平均粒径は、少なくとも約 $40 \times 10^{-6} \text{m}$ であってもよく、さらに他の実施形態においては、微細孔の平均粒径は、少なくとも約 $20 \times 10^{-6} \text{m}$ であってもよい。炭素発泡材の微細孔の平均粒径の縮小は、発泡材の有効総表面積の増加という効果があるが、平均粒径が $20 \times 10^{-6} \text{m}$ 以下の微細孔は、化学的活物質が炭素発泡材の微細孔へ浸透するのを遅延させ又は抑制させる。

【0028】

微細孔の平均粒径にかかわらず、炭素発泡体の全気孔率値は少なくとも60%である。換言すれば、炭素発泡構造の体積の少なくとも60%は、微細孔41内に含まれ得る。炭素発泡材はまた、60%未満の全気孔率値であってもよい。例えば、ある実施形態においては、炭素発泡体は少なくとも30%の全気孔率値を有してもよい。

【0029】

さらに、炭素発泡体は、少なくとも90%の開放気孔率値を有する。そのため、微細孔41の少なくとも90%は、隣接する微細孔に開放されている。したがって、微細孔41の網状組織は、略開放網状組織を形成する。この微細孔41の開放網状組織により、それぞれの電流コレクタ20を覆う活物質が、炭素発泡構造内に浸透することが可能となる。

微細孔 4 1 の網状組織に加えて、炭素発泡体は、炭素発泡体を支持する網目状の構造要素 4 2 を含む。全体として、炭素発泡体の微細孔 4 1 の網状組織及び構造要素 4 2 により、炭素発泡材は約 $0.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 未満の密度となり得る。

【0030】

本発明の炭素発泡体の有する導電性により、電流コレクタ 2 0 は、電池端子 1 2 との間又は電池 1 0 の電位へのアクセスをもたらす他の導電性要素との間において、電流を効率的に運搬することが可能となる。未処理の炭素発泡体は、ある形態においては、約 $1 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満の面積抵抗を示し、さらに他の形態においては、約 $0.75 \Omega \cdot \text{cm}$ 未満の面積抵抗となり得る。

【0031】

一実施形態において、炭素発泡体は、電流コレクタ 2 0 を形成するために用いられる黒鉛発泡体であってもよい。そのような黒鉛発泡体の一つは、ポコフォーム (Poco FoamTM) という商標名で、ポコグラファイト社 (Poco Graphite, Inc.) から市販されている。黒鉛発泡体の密度及び微細孔構造は、炭素発泡体に類似し得る。黒鉛発泡体と炭素発泡体との主な相違点は、構造要素 4 2 を作り出す炭素原子の配向性である。例えば、炭素発泡体においては、炭素原子は少なくとも部分的に非晶質である。一方、黒鉛発泡体においては、炭素原子の多くは、黒鉛の層状構造で整列している。黒鉛構造のこの整列する性質のために、黒鉛発泡体は、炭素発泡体より高い導電性を示し得る。未処理の黒鉛発泡体は、約 $100 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ から約 $2500 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ のまでの電気抵抗率値を示すが、場合によっては、黒鉛発泡体は、最大で $50,000 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ の抵抗率値にまで達し得る。

【0032】

本発明の炭素発泡体及び黒鉛発泡体は、種々の天然物質を炭化及び黒鉛化の少なくとも一方の工程に置くことにより得ることもできる。例示的な一実施形態においては、種々の木種に対して炭化及び黒鉛化の少なくとも一方が施されて、電流コレクタ 2 0 のための炭素発泡材が製造される。木材は、天然の微細孔網状組織を含む。これらの微細孔は、細長いものであり、線状に配向される。さらに、水分輸送という特性の結果、木材の微細孔は、略開放構造を形成する。ある木種の微細孔は、開放気孔率値が少なくとも約 90% を示すものもあり得る。木材の微細孔の平均粒径は、木種によって多様であるが、本発明の例示的な実施形態においては、炭素発泡材を形成するために用いられる木材は、少なくとも平均粒径約 $20 \times 10^{-6} \text{ m}$ の微細孔を有する。

【0033】

多くの種類の木材が、本発明の炭素発泡体を形成するために用いられ得る。一般的木材の場合、ほとんどの硬質木材は、本発明の炭素発泡電流コレクタの使用に適した微細孔構造を有している。炭素発泡体の製造用に任意に選択される木材は、熱帯の自生地域を原産とすることがある。例えば、四季の移り変わりが著しい気候で成長する木材とは異なり、熱帯地域原産の木材は、明確な年輪構造をほとんど有しない。結果として、熱帯地域原産の木材の多孔質網状組織は、年輪の存在により生じるある種の不均一性を欠くことがある。炭素発泡体を製造するために用いられ得る典型的な木種には、オーク (oak)、マホガニー (mahogany)、チーク (teak)、ヒッコリー (hickory)、榆、ササfras (sassafras)、バビンガ (bubinga)、椰子、及びその他多くの木材が含まれる。

【0034】

炭素発泡体を提供するために、木材を炭化工程に置くことで、炭化木材 (例えば、炭素発泡材) を製造する。例えば、摂氏約 800 度から摂氏約 1400 度までの間の温度で木材を加熱することで、木材から揮発性成分を除去する効果が生じ得る。木材は、少なくとも木材の一部を炭素マトリクス (carbon matrix) へ変化させるのに十分な時間、この温度範囲に維持される。この炭化木材は、その木材独自の多孔質構造を含む。また一方で、その炭素マトリクスにより、炭化木材は導電性及び耐腐食性を有することができる。炭化工程において、木材は、所望の割合で加熱及び冷却がなされる。しかしながら、一実施形態においては、木材／炭化木材の亀裂発生を最小限にするか、あるいは抑制するために、木

材は、十分に時間をかけて加熱及び冷却がなされる。また、木材の加熱は、不活性環境下で行われてもよい。

【0035】

炭化木材は、付加的な工程を伴うことなく、電流コレクタ20を形成するために用いられるが、任意的に、黒鉛化木材（例えば、黒鉛発泡材）製造のために、炭化木材は、黒鉛化工程に置かれる。黒鉛化木材は、少なくともその炭化マトリクスの一部が黒鉛マトリクスに変化した炭化木材であり、前述したように、黒鉛構造は、非黒鉛型炭素構造と比較してさらに高い導電性を示す。炭化木材の炭素マトリクスの少なくとも一部を黒鉛マトリクスに変化させるのに十分な時間、摂氏約2400度から摂氏約3000度までの間の温度に加熱することで、炭化木材の黒鉛化は達せられる。炭化木材の加熱及び冷却は、所望の割合で進行する。しかしながら、一実施形態においては、亀裂の発生を最小限にするか、あるいは抑制するために、炭化木材は、十分時間をかけて加熱及び冷却される。また、炭化木材の加熱は、不活性環境下で行われてもよい。

10

【0036】

不連続部43は、種々の形状及び大きさを有するとともに、炭素発泡構造の多くの領域に、不規則な間隔を置いて存在する。不連続部43は、帯電したイオンの挿入を許容し、また、炭素発泡構造上に、とりわけ腐食のための複数の反応部位を生み出す可能性もある。特に、未処理の黒鉛発泡体は、ある化学環境下（例えば、鉛蓄電池内に存在する環境下）に曝され、且つ不連続部43が何らの処理もされない場合、不連続部43を通して帯電イオンの破壊的挿入を受け得る。例えば、活物質で被覆されて、電池中の電流コレクタとして利用されるとき、未処理の黒鉛発泡構造は、層状の黒鉛構造を引き裂く楔によく似た力を受け得る。電流コレクタの帯電性は、イオンを引き付けるとともに、不連続部43の内奥深く引き寄せるので、さらなる損傷が生じる。

20

【0037】

加えて、不連続部43の表面は、多数の反応面積を提供するが、それによって、反応性化学物質が作用して、基礎的な炭素構造を破壊する。そのような力は、さらなる亀裂を生じさせて、不連続部43の増加という結果を生じさせる。それによって、さらなる化学反応部位、黒鉛の場合にはさらなる挿入、の発生を招く。結局、これらの力は、最終的に、発泡体を介した導電路を完全な破壊に導く可能性があるが、これは、電流コレクタの機能停止を、決定付けるものである。

30

【0038】

イオンの挿入を最小限にすること、反応面積を低減すること、及び導電性炭素発泡体に付加的な構造補強を加えることの少なくとも一つのために、二次原料で処理を施すことが可能であり、その処理の結果複合炭素発泡体を生ずる。例えば、不連続部43に付随する開口領域を実質的に閉塞あるいは制限するために、二次原料が、炭素発泡構造に、具体的には、不連続部43上あるいは周辺に析出される。不連続部43上あるいは周辺に二次原料を集中させることにより、不連続部43は実質的に被覆あるいは密閉化される。それによって、帯電イオンに物理的な制限を生じさせ、その挿入を妨げ得る。同時に、有効反応面積をも低減させ得る。炭素発泡体の残りの表面領域（例えば、不連続部がほとんど存在しないか、全く存在しない領域など）は、実質的に二次原料によって被覆されないままであってもよい。不連続部43は、物理的応力が集中する領域をも作り出すので、そのような領域において付加的な支持を与えることで、炭素発泡体の構造的完全性をさらに高める有益な効果も見込まれる。

40

【0039】

本発明に合致する一実施形態においては、炭素発泡体の処理に用いられる二次原料は、高分子化合物やガラスなどの非導電性物質を含み得る。例えば、二次原料は、ポリビニルアラニン(polyvinylalanine)あるいはポリカーボネート等の高分子化合物を含み得る。しかしながら、二次原料は、例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリテトラフルオロエチレン（登録商標名:テフロン）、ウレタン、ポリエステル、ポリビニルピロリドン、ポリ塩化ビニル、又は本技術分野において周知であるその他適切な熱可塑

50

性又は熱硬化性物質等の適当ないずれの高分子化合物をも含み得る。別の実施形態において、二次原料は、例えば、リン酸塩ガラス、シリカゲルガラス、又はその他類似の派生物質を含んでもよい。当業者であれば、本発明の範囲内にある限りは、他の多くの適当な物質でも二次原料として用いることができることを認識すると考えられる。

【0040】

本発明に合致する一例において、二次原料は、複合発泡体の約0.5重量%以上且つ約2.5重量%未満の量で炭素発泡構造上に析出される。また、この実施形態においては、図4及び5を参照してより詳細に説明される処理方法を用いることにより、二次原料を不連続体43上に集中させることができる。不連続部43がほぼ被覆される一方で、炭素発泡体の構造要素42及び微細孔41の表面は、実質的に二次原料で被覆されない状態にすることができ、この実施形態においては、複合発泡体による重量増加は、最小限に抑えられる。したがって、発泡体が鉛蓄電池内で利用される際には、対重量比で有益なエネルギーを供給し得る。

【0041】

図4は、二次原料で炭素発泡体を処理するための例示的な方法を示す流れ図である。二次原料を炭素発泡構造に用いるために、二次原料へ炭素発泡体を曝すのに適した処理混合液が準備される(ステップ50)。本明細書で用いられる用語“混合液(mixture)”は、溶媒と二次原料(固体又は液体)のいずれの組み合わせも含み得るものであり、結果として、スラリー(slurry)、溶液、エマルジョン(emulsion)、懸濁液、あるいはコロイド調合液(colloidal preparation)を生ずるものである。結果として生ずる組み合わせ(混合液)は、多孔質かつ不規則形状をした構造の表面、微細孔、及び不連続部の全体に広がり得る。本明細書で用いられる用語“溶媒(solvent)”は、二次原料を取り込むそのようないずれの混合液の部分に言及しているものとする。

【0042】

処理混合液の作製に先立って、まず二次原料の前処理が施され得る。例えば、二次原料が固体状(例えば、ブロック)で得られる実施形態において、二次原料を粉末状あるいは粒状にするために、二次原料にある種の機械的破碎あるいは粉碎が最初に施される。当業者であれば、本発明の範囲を逸脱しない限りは、二次原料に施す前処理の他の方法が用いられ得ることを理解すると思われる。例えば、二次原料がシート状で得られる場合に、そのシートを所望の大きさの切片にするために、切断及び研磨の少なくとも一つが施される。

【0043】

二次原料の前処理がなされたなら、二次原料は、混合液の約0.05重量%から2.5重量%までの間の量で溶媒に加えられる。一実施形態において、二次原料は、混合液の約0.1重量%から0.5重量%までの量で溶媒に加えてよい。その結果生じた処理混合液は、時間的制約及び用いられた原料と溶媒に基づき、攪拌され、かき混ぜられるか、あるいは、自然と混ざり合うまで放置される。一実施形態において、溶媒は例えば水のような極性溶媒を含み得る。極性溶媒の使用により、二次原料の粒子は、極性溶媒との摩擦あるいはその他の相互作用を通して帯電を生じる。これは、二次原料の粒子を引き寄せるために、炭素発泡材上に反対の帯電を引き起こす意図で電位を印加するとき、有効となる可能性がある。本発明に合致するその他の実施形態において、溶媒はまた、酢酸、アンモニア及びメタノールを含み得る。当業者であれば、本発明の範囲から逸脱しない限り、その他の極性溶媒が使用され得るということを、認識するものと思われる。

【0044】

二次原料を極性溶媒に加えることによって、二次原料の粒子はそれらの表面上に電荷を発現し得る。これら粒子により発現する電荷は、二次原料の同種の粒子の相互反発を引き起こす。また、この電荷により、粒子が混合液中で“浮遊した(suspended)”状態にいることも可能にする。二次原料の粒子により発現する電荷は、正又は負となるが、これは、二次原料及び用いられる極性溶媒に左右される。例えば、ポリカーボネート、ポリビニルアラニン及びエポキシなどの二次原料が水と混合している場合、二次原料の粒子は、正の

電荷を発現し得る。別の方法として、界面活性剤（例えば、ダボン-C(Darvon-C)、あるいはメチルメタクリレート）がそのような処理混合液に加えられる場合には、界面活性剤が存在する結果、正に帯電した二次原料の粒子が、負電荷で包囲されることになる。また、他の二次原料は、界面活性剤を加えずに水と混合したときは、負の電荷を発現し得る。例えば、ケイ酸塩などの二次原料の粒子は、水と混合したとき、負の電荷を発現する。

【0045】

処理混合液が準備されたなら、炭素発泡構造はその処理混合液へ曝される（ステップ52）。一実施形態において、処理混合液中へ曝すことには、その混合液中への炭素発泡構造の浸漬が含まれる。したがって、微細孔41、構造的要素42及び不連続部43など構造全体が、処理混合液へ曝される。このような実施形態において、処理混合液が、炭素発泡構造上の微細孔41や不連続部43に略浸透することを可能とする。あるいは、炭素発泡構造は、完全に浸漬するのではなく、少なくともその一部が、混合液の液面より上に出た状態で処理混合液に浸っていてもよい。当業者であれば、炭素発泡構造を処理混合液へ曝すための、その他の多くの方法を用い得ることを理解するものと思われる。例えば、発泡体に静電印加等を行いながら、処理混合液が、噴霧、滴下、揺動、塗布等され得る。

【0046】

炭素発泡構造が処理混合液中に曝されている間、処理混合液中の二次原料粒子により得られる表面電荷と反対の極性を有する電位が、炭素発泡構造に印加される（ステップ54）。印加電圧に応答して、発泡体内に存在する不連続部43の端部は、周囲の発泡構造よりも高い電流密度を示し得る。これは、通常、不連続部のない場合には存在したであろう導電路が破壊されているため、不連続部により、その端部の周囲に電流が流れるからである。この流れは、不連続部の端部に沿った電流集中と、不連続部から更に広がる他の領域における電流密度の低減と、を引き起こす。このような不連続部周辺の電流集中の結果、実質的により多数の帯電した二次原料の粒子が、不連続部43上に引き寄せられ、かつ析出する一方で、相対的により少数の粒子しか、残りの炭素発泡構造の構造的要素42の表面上に析出しないという状態を生じる可能性がある。

【0047】

本発明の実施形態に合致する非導電性二次原料の利用は、自己制御的(self-limiting)であり得る。つまり、不連続部43上の二次原料の析出と、炭素発泡構造とにより、関連する電流密度が低減し、それによって、炭素発泡構造と二次原料の帯電粒子との間の引力を低減するということである。さらに、二次原料の粒子が、処理混合液中から取り出されてしまうので、析出に有効な粒子は、処理混合液中にほとんど存在しない可能性がある。炭素発泡構造上に析出する二次原料の量は、電圧印加の継続時間、印加電圧の強さ、処理混合液中の二次原料の含有量、処理混合液の輸送特性、不連続部43の数及び密度、並びに炭素発泡構造の表面積に関係する。ある実施形態において、二次原料を実質的に不連続部43上及び周辺に析出させるために、約5Vより小さい電圧（好ましくは 50×10^{-3} Vから約1.4V）が、発泡体に印加され得る。電圧印加の継続時間は、発泡体の表面積及び所望の被覆率により変化してよい。特定の炭素発泡構造の二次原料による付加的な被覆が要求される場合には、より長い継続時間の電圧印加及び付加的な二次原料の処理混合液への添加の少なくとも一方がなされる。逆に、より短い継続時間の電圧印加及び処理混合液中へのより少ない二次原料の添加の少なくとも一方が、より少ない被覆率が求められる場合に利用される。

【0048】

所望の量の二次原料が炭素発泡構造上に析出したなら、その構造は、処理混合液から除去かつ後処理され得る（ステップ56）。後処理の必要性は選択される特定の二次原料により左右される。例えば、エポキシを基礎とする二次原料又は熱硬化性高分子化合物は、後処理を必要とするのに対し、他の二次原料の場合には、その後処理は最小限又は不要であってよい。本明細書で用いられる用語“後処理(cure)”は、二次原料が経る工程であって、その工程の結果、析出後且つその工程前に存在するものと異なる物質が最終状態及び最終形状の少なくとも一方になる、いずれの工程（物理的、化学的、又はそれらの組み合

わせ) も含むことを意味する。

【0049】

後処理は、炭素発泡構造及び二次原料に加えられる熱処理を含み得る。例えば、熱可塑性高分子化合物が二次原料として選択された場合に、熱処理は、炭素発泡構造（及び析出した二次原料）を摂氏約90度から摂氏約300度までの間の温度で加熱すること、約1分から10分の間その温度で保持すること、とを含み得る。熱可塑性高分子化合物は、加熱すると、軟化、溶融又は液化し、その結果、高分子化合物が、炭素発泡体の不連続部43内及び周辺に流れることを可能とする。この高分子化合物を冷却すると、異なる形状（流れ、あるいは他の要因による）で硬化し、基礎をなす炭素発泡構造に付着し得る。その結果、ほぼ被覆された不連続部及び付加的な構造支持部を有する複合炭素発泡構造を生ずる。別の実施形態においては、ガラスが二次原料として選択され得る。ガラスが二次原料として選択された場合、熱処理は、炭素発泡構造（及び析出した二次原料）を摂氏約180度から摂氏約800度までの間の温度に加熱すること、及びその温度で約2時間から6時間までの間保持すること、を含み得る。一般的な当業者であれば、後処理温度及びその継続時間は、使用される二次原料にほぼ依存することを理解すると考えられる。

10

【0050】

後処理は、炭素発泡構造及び二次原料を反応物質へ曝すことも含み得る。例えば、炭素発泡体上に析出するエポキシを基礎とする二次原料は、エポキシ硬化作用のある物質へ曝され得る。このように曝すことで、エポキシは化学反応を起こして硬化し、その結果、不連続部43への略被覆及び付着を生ずる。反応物質へ曝すことは、例えば、炭素発泡構造及び二次原料への反応物質の噴霧又は塗布など多数の方法を通して行われる。

20

【0051】

図5は、二次原料を用いて発泡構造を処理する別の例示的な方法を示す流れ図である。二次原料で炭素発泡構造を処理する前に、炭素発泡体を二次原料へ曝すのに適した処理混合液が準備され得る（ステップ60）。

【0052】

処理混合液を作製する前に、二次原料の前処理が施される。例えば、二次原料が固体形状（例えば、ブロック）で得られるような実施形態において、二次原料を粉末状又は粒状にするために、二次原料にある種の機械的破碎あるいは粉碎が最初に施され得る。当業者であれば、本発明の範囲から逸脱しない限りは、二次原料に前処理を施す他の方法が用いられ得ることを理解すると思われる。例えば、二次原料がシート状で得られる場合に、そのシートを所望の大きさの切片にするために、切断及び研磨の少なくとも一方が施されてもよい。

30

【0053】

二次原料の前処理に続いて、結果として生じる混合液の約1重量%から約10重量%までの間の量だけ前処理された二次原料を、処理混合液を形成するために略無極性な溶媒に添加し得る。一実施形態において、結果として生じる混合液の約4重量%から約6重量%の間の量だけ前処理された二次原料が、溶媒に添加され得る。略無極性な溶媒の例としては、キシレン、塩化メチレン、ベンゼン、ケトン、及びアセトンが含まれ得る。当業者であれば、本発明の範囲から逸脱しない限りは、その他多くの略無極性な溶媒が用いられ得ることを理解すると考えられる。二次原料が無極性溶媒に添加されたなら、その混合液は、準備の整った処理混合液を作製するために攪拌がされてもよく、あるいは必要に応じて攪拌がされなくてもよい。

40

【0054】

処理混合液の準備に続いて、炭素発泡構造は、混合液中に曝され得る（ステップ62）。混合液へ曝すことには、“洗浄コーティング(wash-coating)”あるいは混合液中への炭素発泡構造の浸漬が含まれる。したがって、その構造全体は、混合液中に曝され、その後、炭素発泡構造は、混合液中から除去される。このような実施形態において、処理混合液は、炭素発泡構造上の微細孔41及び不連続部43に実質的に浸透することが可能である。あるいは、炭素発泡構造は、その構造の一部が、混合液の液面より上に出た状態となる

50

ように、部分的に混合液中に浸漬されてもよい。なお、当業者であれば、炭素発泡構造を処理混合液へ曝す他の方法が用いられ得ることを理解すると考えられる。例えば、処理混合液が噴霧、滴下、揺動、塗布等されてもよい。

【0055】

混合液へ曝す間、炭素発泡構造体の不連続部に付随する毛細管現象により、より大量の混合液（及び二次原料）が不連続部43近傍及び内部に引き寄せられる。この毛細管現象は、不連続部43の被覆率を増進する一方で、構造要素42の周囲表面の被覆率を最小限にできる。さらに、処理混合液へ曝す時間を変化させることにより、炭素発泡体及びその内部の不連続部上に析出する二次原料の量を制御することが可能となる。例えば、炭素発泡構造が、約5重量%の量の二次原料を含む混合液に曝されると、継続して曝す時間に応じて、結果として生ずる複合発泡体の約0.5重量%から25重量%の間の量だけ二次原料の析出を生じる。より長時間曝すことにより、炭素発泡体上における二次原料の析出量は、より多量となる。他方、より短時間曝すことにより、より少量の析出量を生ずる結果となる。

【0056】

炭素発泡構造を混合液から除去したなら直ちに、複合炭素発泡体上に二次原料を残しつつ、残存する溶媒は除去（例えば、蒸発）される（ステップ64）。本発明に合致する一実施形態において、複合炭素発泡体を真空中に置くことにより又はその構造に熱を加えることにより、溶媒の揮発性は増加し、それによって蒸発が促進され得る。また、複合炭素発泡体の加熱については、（必要の場合に）後処理の二次工程を実施してもよい。別の方法としては、溶媒を、その標準大気での揮発度に基づく速度で蒸発させてもよい。例えば、キシレンは、高揮発性溶媒であるが、これを処理混合液の溶媒として用いることができ、曝し処理に引き続き、標準大気下での蒸発が可能となる。溶媒の揮発度がより小さい場合には、複合炭素発泡体からの除去を促進する付加的な手段が求められてもよい。さらに、例えば、化学反応あるいは機械的方法などの他の方法が、複合炭素発泡体からの溶媒除去に用いられてもよい。

【0057】

溶媒の除去に続いて、必要な場合には、二次原料が後処理される。後処理には、炭素発泡構造及び二次原料へ加えられる熱処理が含まれる。例えば、熱可塑性高分子化合物が二次原料として選択された場合、熱処理は、炭素発泡構造（及び析出した二次原料）を摂氏約90度から摂氏約300度までの間の温度に加熱すること、及びその温度で約1分から10分までの間保持すること、とを含み得る。熱可塑性高分子化合物は、加熱されたとき、軟化、溶融、又は液化し、その結果高分子化合物が炭素発泡体内の不連続部43内及び周辺に流れることを可能とする。この高分子化合物を冷却すると、異なる形状（流れ、あるいは他の要因による）で硬化し、基礎をなす炭素発泡構造に付着し得る。そして、結果として、略被覆された不連続部及び付加的な構造支持部を有する複合炭素発泡構造を生ずる。別の実施形態においては、ガラスが二次原料として選択され得る。ガラスが二次原料として選択されると、熱処理は、炭素発泡構造（及び析出した二次原料）を摂氏約180度から摂氏約800度までの間の温度に加熱すること、及びその温度で約2時間から6時間までの間保持すること、を含み得る。一般的な当業者であれば、後処理温度及びその継続時間は、使用される二次原料にほぼ依存することを認識すると思われる。

【0058】

後処理は、炭素発泡構造及び二次原料を反応物質へ曝すことも含み得る。例えば、炭素発泡体上に析出するエポキシを基礎とする二次原料は、エポキシ硬化作用のある物質へ曝され得る。このように曝すことで、エポキシは化学反応を起こして硬化し、その結果、不連続部43への略被覆及び付着を生ずる。反応物質へ曝すことは、例えば、炭素発泡構造及び二次原料への反応物質の噴霧又は塗布など多数の方法を通して行われる。

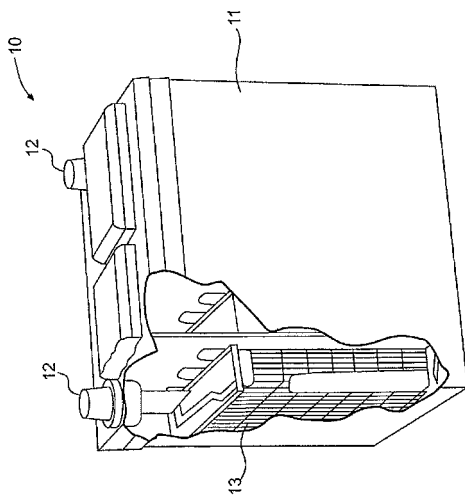
【0059】

本発明に合致するとともに、本発明の範囲及び精神から逸脱しない限り、言及されていないその他の物質が構成要素の製造に用いられてよい。

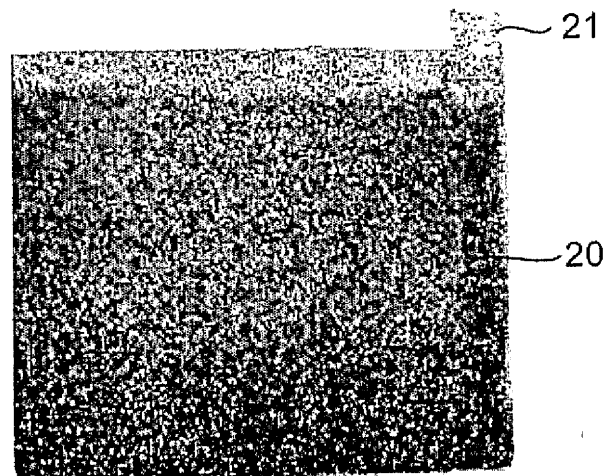
【0060】

本明細書と実施例は、以下の特許請求の範囲に示されている本発明の真の範囲及び精神のための例示的なものとしてのみ考慮されることを意図するものである。

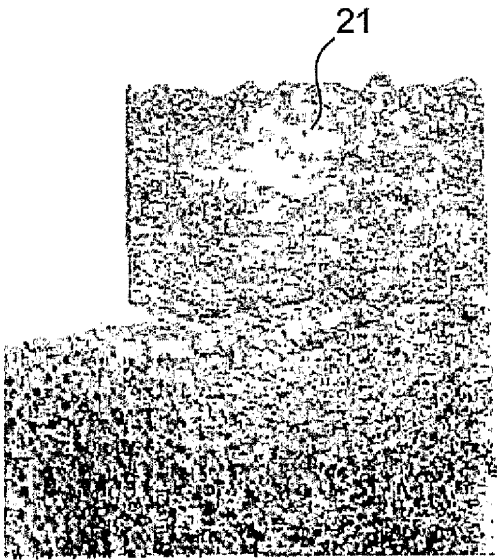
【図1】



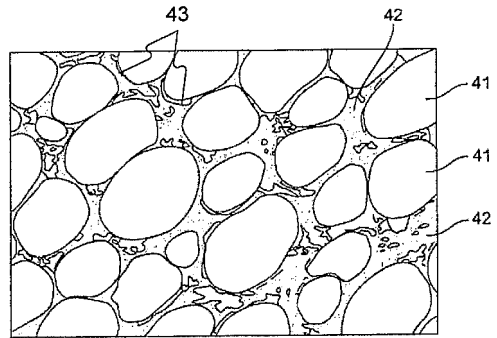
【図2A】



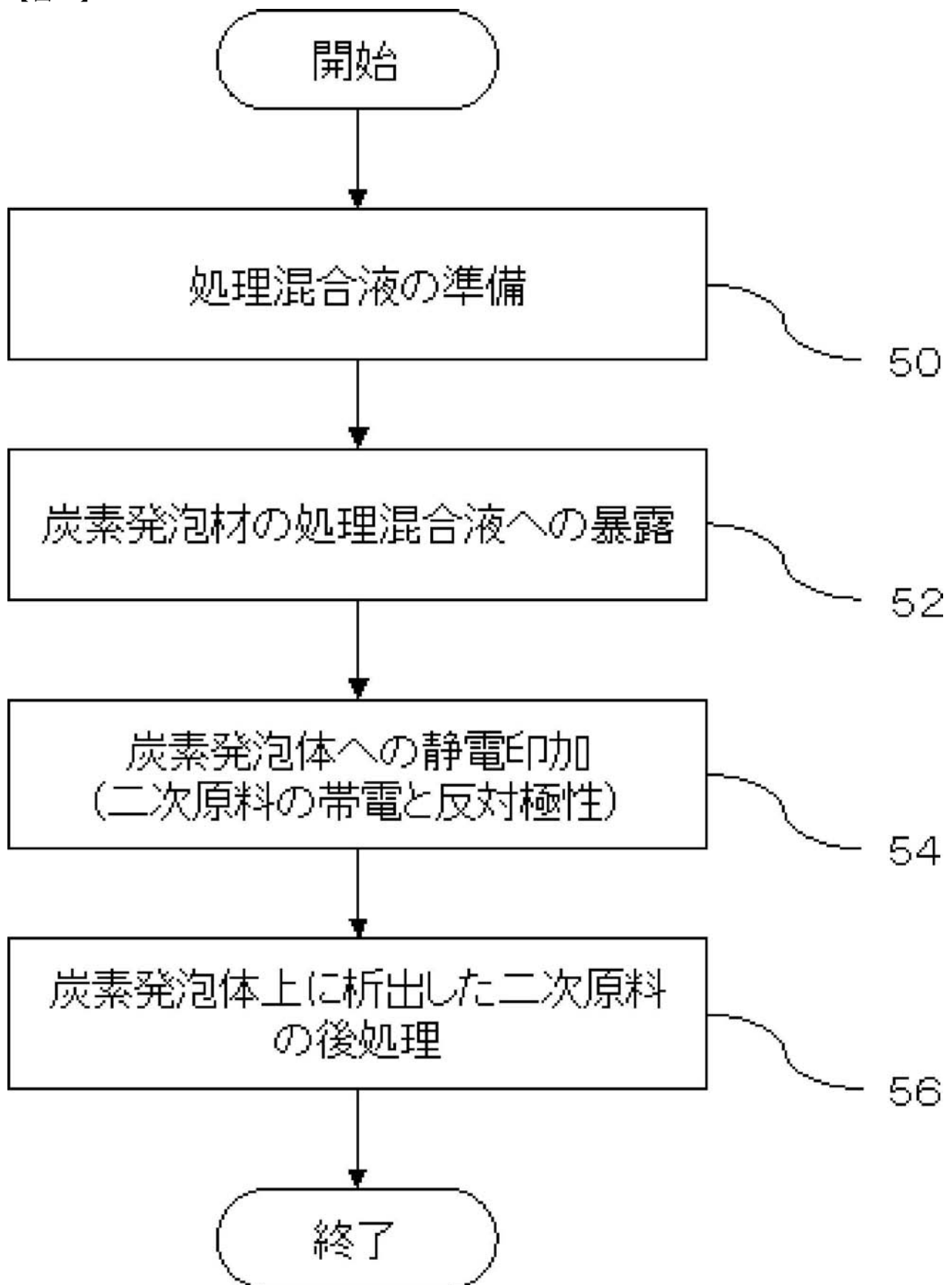
【図 2 B】



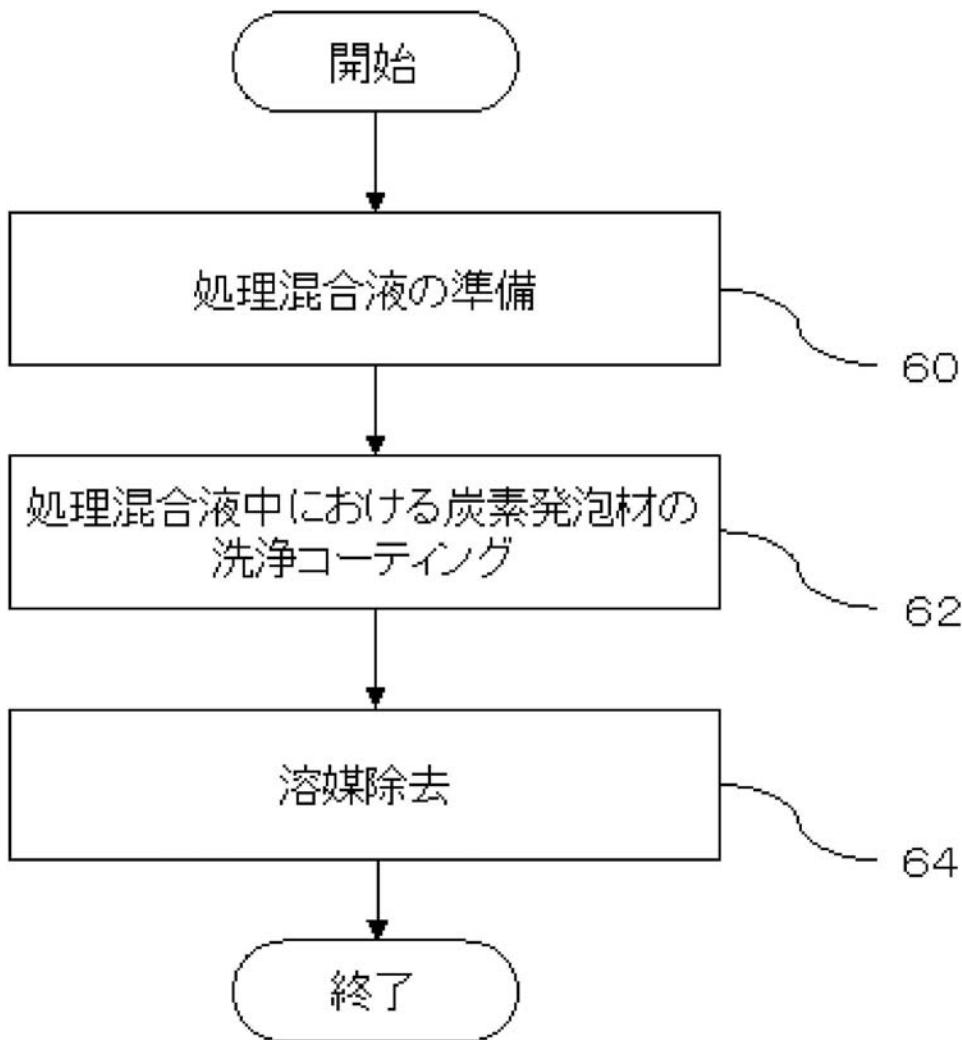
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【手続補正書】

【提出日】平成21年8月18日(2009.8.18)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含む炭素発泡材と、

前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部又は内部に、複合発泡体の約 0.5 重量%以上且つ約 2.5 重量%未満の量だけ選択的に析出する二次原料と、を含んで構成される複合発泡体。

【請求項 2】

前記二次原料は、高分子化合物を含む、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 3】

前記二次原料は、ガラスを含む、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 4】

前記微細孔の網状組織を規定する構造要素の表面のうち少なくともいくつかには、二次原料がほぼ存在しない、請求項 1 記載の複合発泡体。

【請求項 5】

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材であって、その炭

素発泡体が、 $50,000 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ を上回らない抵抗率値を有するものと、

前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部あるいは内部に、選択的に析出する二次原料と、

を含んで構成される導電性複合発泡体。

【請求項 6】

鉛蓄電池であって、

ハウジングと、

該ハウジング内に配設される少なくとも 1 つのセルと、

電解質と、

複合発泡材を含む少なくとも 1 つの導電性部品と、

を含んで構成され、前記複合発泡材は、

微細孔の網状組織及び複数の不連続部からなる炭素発泡材と、

前記炭素発泡材の前記複数の不連続部の少なくともいくつかに析出する二次原料と、

を含んで構成される鉛蓄電池。

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの導電性部品は、電流コレクタを含んで構成される、請求項 6 記載の鉛蓄電池。

【請求項 8】

前記二次原料は、前記複合発泡材の約 0.5 重量%から 2.5 重量%未満の量の量で、前記複合発泡材に析出する、請求項 6 記載の鉛蓄電池。

【請求項 9】

複合発泡体を製造するための方法であって、

第一極性の帯電を維持する二次原料、及び略極性溶媒を含む、処理混合液を提供することと、

前記微細孔の網状組織及び前記複数の不連続部を含む前記炭素発泡材を、前記処理混合液に暴露することと、

前記第一極性と反対の第二極性の電荷を前記炭素発泡材に印加することと、

を含んで構成される複合発泡体を製造するための方法。

【請求項 10】

複合発泡体構成要素を強化するための方法が、

二次原料及び溶媒を含んで構成される処理混合液を提供することと、

微細孔の網状組織及び複数の不連続部を含んで構成される炭素発泡材を前記処理混合液へ暴露することと、

を含んで構成され、

前記炭素発泡材を前記処理混合液へ暴露することにより、前記炭素発泡材に前記二次原料の少なくともいくらかを移動させ、該移動によって、前記二次原料が、前記複合発泡体の約 0.5 重量%以上且つ約 2.5 重量%未満の量で、前記複数の不連続部の少なくともいくつかの上部あるいは内部に選択的に析出する、複合発泡体構成要素を強化するための方法。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2006/032366

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C08J9/00

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)

C08J

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/026792 A (BASF AG [DE]; ROTERMUND UDO [DE]; HEMPEL RENATE [DE]; HESSE MICHAEL [D] 1 April 2004 (2004-04-01) the whole document	1-45
X	US 2003/015811 A1 (KLETT JAMES W [US] ET AL) 23 January 2003 (2003-01-23) the whole document	1-45
X	WO 99/64223 A (LOCKHEED MARTIN ENERGY RES COR [US]) 16 December 1999 (1999-12-16) the whole document	1-45
X	US 4 966 919 A (WILLIAMS JR JOEL M [US] ET AL) 30 October 1990 (1990-10-30) the whole document	1-45
	----- -/-	

☒ 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

I 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 February 2007

Date of mailing of the international search report

07/02/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Glomm, Bernhard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No .
PCT/US2006/032366

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 01 141884 A (TOSHIBA CERAMICS CO) 2 June 1989 (1989-06-02) the whole document	1-45

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2006/032366

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004026792 A	01-04-2004	AT 346832 T	15-12-2006
		AU 2003266363 A1	08-04-2004
		CN 1681748 A	12-10-2005
		DE 10243240 A1	25-03-2004
		EP 1542941 A1	22-06-2005
		JP 2006512265 T	13-04-2006
		US 2006014908 A1	19-01-2006
US 2003015811 A1	23-01-2003	US 2003017100 A1	23-01-2003
		US 2003017101 A1	23-01-2003
WO 9964223 A	16-12-1999	AT 346831 T	15-12-2006
		AU 762170 B2	19-06-2003
		AU 3742699 A	30-12-1999
		BR 9911000 A	20-02-2001
		CA 2334583 A1	16-12-1999
		EP 1165457 A1	02-01-2002
		JP 2002530615 T	17-09-2002
		NZ 508568 A	30-05-2003
US 4966919 A	30-10-1990	NONE	
JP 1141884 A	02-06-1989	NONE	

フロントページの続き

(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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, 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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, 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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ブラジス, ニコラス

アメリカ合衆国、イリノイ州 6 1 5 5 0、モートン、ブレントウッド ロード 4 4 9

(72)発明者 ケリー, カーチス シー.

アメリカ合衆国、イリノイ州 6 1 5 7 1、ワシントン、バーチウッド ドライブ 9 1 4

(72)発明者 マルーン, マシュー ジェイ.

アメリカ合衆国、イリノイ州 6 1 5 4 8、メタモラ、レッド ブルック コート 1 5 0 6

(72)発明者 モナホフ, ボリス アイ.

アメリカ合衆国、イリノイ州 6 1 6 1 1、イースト ピオリア、コンチネンタル ドライブ 1 0 6

F ターム(参考) 4G146 AA01 AA02 AB01 AC04B AC20A AC20B AC22B AD11 AD17 AD24
BA32 BC03 BC04 BC23 BC33B BC34B BC35B BC36B CB11 CB20
CB23 CB32 CB35
5H017 AA01 AS01 BB04 BB08 BB10 BB13 CC28 DD05 EE06 HH01
HH10
5H050 AA07 BA09 BA11 CA03 CA06 CB13 CB14 CB15 CB16 DA05
FA09 FA18 GA02 GA13 GA23 HA01 HA12 HA17