

(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2018-530102

(P2018-530102A)

(43) 公表日 平成30年10月11日(2018. 10. 11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/0568 (2010.01)	HO 1 M 10/0568	5 E 0 7 8
HO 1 M 4/50 (2010.01)	HO 1 M 4/50	5 H 0 2 1
HO 1 M 4/48 (2010.01)	HO 1 M 4/48	5 H 0 2 9
HO 1 M 2/16 (2006.01)	HO 1 M 2/16 Z	5 H 0 5 0
HO 1 M 4/62 (2006.01)	HO 1 M 4/62 Z	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 132 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-567454 (P2017-567454)
 (86) (22) 出願日 平成28年6月13日 (2016. 6. 13)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年2月20日 (2018. 2. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2016/037285
 (87) 国際公開番号 W02016/209655
 (87) 国際公開日 平成28年12月29日 (2016. 12. 29)
 (31) 優先権主張番号 14/745, 709
 (32) 優先日 平成27年6月22日 (2015. 6. 22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 517447725
 プリンテッド・エネルギー・ピーティーフ
 イ・リミテッド
 オーストラリア・クイーンズランド・4 O
 O O・クイーンズランド・ブリスベン・ク
 イーン・ストリート・3 4 4・レベル・1
 1
 (74) 代理人 100108453
 弁理士 村山 靖彦
 (74) 代理人 100110364
 弁理士 実広 信哉
 (74) 代理人 100133400
 弁理士 阿部 達彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】珪藻エネルギー貯蔵デバイス

(57) 【要約】

エネルギー貯蔵デバイスは第一組の被殻を有するカソードを含み得て、第一組の被殻はマンガンの酸化物を有するナノ構造を含み得る。エネルギー貯蔵デバイスは第二組の被殻を有するアノードを含み得て、第二組の被殻は酸化亜鉛を有するナノ構造を含み得る。被殻は少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を有し得て、複数のナノ構造はマンガンの酸化物を含み得る。被殻は少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を有し得て、複数のナノ構造は酸化亜鉛を含み得る。エネルギー貯蔵デバイス用の電極は複数の被殻を含み、複数の被殻の各々は少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を有し得る。

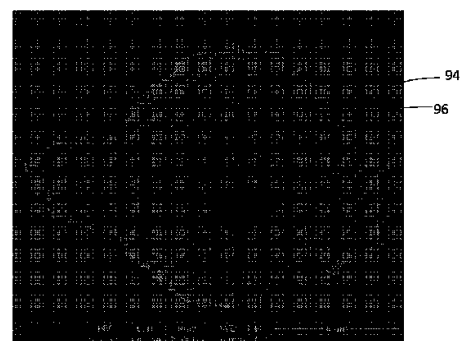


FIG. 5V

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マンガンの酸化物を備えるナノ構造を備える第一組の被殻を備えるカソードと、酸化亜鉛を備えるナノ構造を備える第二組の被殻を備えるアノードと、を備えるエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 2】

前記アノードが電解質塩を更に備える、請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 3】

前記電解質塩が亜鉛塩を備える、請求項 2 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 4】

前記カソードと前記アノードとのうち少なくとも一方が導電性充填材を更に備える、請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 5】

前記導電性充填材がグラファイトを備える、請求項 4 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 6】

前記カソードと前記アノードとの間にセパレータを更に備え、前記セパレータが第三組の被殻を備える、請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 7】

前記第三組の被殻が表面改質を実質的に有さない、請求項 6 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 8】

前記カソードと前記アノードと前記セパレータとのうち少なくとも一つがイオン液体を備える、請求項 6 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 9】

前記マンガンの酸化物が MnO を備える、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 10】

前記マンガンの酸化物が Mn_3O_4 と Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一種を備える、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 11】

前記第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が、1:20 から 20:1 までのマンガンの酸化物の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を有する、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 12】

前記第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が、1:20 から 20:1 までの酸化亜鉛の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を有する、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 13】

前記カソードと前記アノードとのうち少なくとも一方がカーボンナノチューブを更に備える、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 14】

再充電可能電池である請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 15】

前記第一組の被殻が、前記マンガンの酸化物を備えるナノ構造によって実質的に塞がれていない第一組の細孔を備え、前記第二組の被殻が、前記酸化亜鉛を備えるナノ構造によって実質的に塞がれていない第二組の細孔を備える、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、前記複数のナノ構造が酸化亜鉛を備え、前記複数のナノ構造の質量対前記被殻の質量の比が1：1から20：1までである、被殻。

【請求項17】

前記複数のナノ構造が、ナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、請求項16に記載の被殻。

【請求項18】

前記複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える請求項16又は17に記載の被殻。

【請求項19】

少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、前記複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備え、前記複数のナノ構造の質量対前記被殻の質量の比が1：1から20：1までである、被殻。

【請求項20】

前記複数のナノ構造が、ナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、請求項19に記載の被殻。

【請求項21】

前記複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える請求項19に記載の被殻。

【請求項22】

前記マンガンの酸化物が MnO を備える、請求項19から21のいずれか一項に記載の被殻。

【請求項23】

前記マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、請求項19から21のいずれか一項に記載の被殻。

【請求項24】

前記マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、請求項19から21のいずれか一項に記載の被殻。

【請求項25】

エネルギー貯蔵デバイスの電極であって、

複数の被殻を備え、前記複数の被殻の各々が少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を備え、前記複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻が、1：20から20：1までの前記複数のナノ構造の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を有する、電極。

【請求項26】

前記複数のナノ構造が、ナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、請求項25に記載の電極。

【請求項27】

カーボンナノチューブを更に備える請求項25に記載の電極。

【請求項28】

導電性充填材を更に備える請求項25に記載の電極。

【請求項29】

前記導電性充填材がグラファイトを備える、請求項28に記載の電極。

【請求項30】

イオン液体を更に備える請求項25に記載の電極。

【請求項31】

前記複数の被殻の各々が、前記複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える、請求項25に記載の電極。

【請求項32】

エネルギーストレージデバイスのアノードである請求項25から31のいずれか一項に

10

20

30

40

50

記載の電極。

【請求項 3 3】

前記アノードが電解質塩を更に備える、請求項 3 2 に記載の電極。

【請求項 3 4】

前記電解質塩が亜鉛塩を備える、請求項 3 3 に記載の電極。

【請求項 3 5】

前記複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、請求項 3 2 に記載の電極。

【請求項 3 6】

エネルギー貯蔵デバイスのカソードである請求項 2 5 から 3 1 のいずれか一項に記載の電極。

【請求項 3 7】

前記複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、請求項 3 6 に記載の電極。

【請求項 3 8】

前記マンガンの酸化物が MnO を備える、請求項 3 7 に記載の電極。

【請求項 3 9】

前記マンガンの酸化物が Mn_3O_4 と Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一種を備える、請求項 3 7 に記載の電極。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願の相互参照〕

本願は、2013 年 1 月 9 日出願の「Diatomaceous Energy Storage Devices」との名称の米国仮出願第 61/750757 号及び 2012 年 7 月 18 日出願の「Diatomaceous Energy Storage Devices」との名称の米国仮出願第 61/673149 号の優先権を主張する 2013 年 7 月 17 日出願の「Diatomaceous Energy Storage Devices」との名称の米国特許出願第 13/944211 号の一部継続出願である 2013 年 8 月 5 日出願の「High Surface Area Nanoporous Energy Storage Devices」との名称の米国仮出願第 61/862469 号の優先権を主張する 2014 年 1 月 22 日出願の「Diatomaceous Energy Storage Devices」との名称の米国特許出願第 14/161658 号の一部継続出願である 2016 年 6 月 22 日出願の米国特許出願第 14/745709 号の優先権を主張し、その各々は全体が参照として本願に組み込まれる。

【0002】

本願は、エネルギー貯蔵デバイスに係り、特に珪藻の被殻を備えるエネルギー貯蔵デバイスに関する。

【背景技術】

【0003】

珪藻として、典型的に単細胞真核生物、例えば単細胞藻類が挙げられる。珪藻は自然界に豊富に存在し、淡水と海洋環境との両方において見つけることができる。一般的には、珪藻は、帯片を備える接続領域を介して互いに合わさった二つの殻を有する被殻に覆われている。珪藻土（珪藻岩としても知られている）は被殻の源である。珪藻土は、化石化した被殻を備え、濾過剤、塗料やプラスチックの充填材、吸着剤、猫トイレや研磨材等の多様な応用において使用可能である。

【0004】

被殻は、アルミナ、酸化鉄、酸化チタン、リン酸塩、石灰、ナトリウム及び／又はカリウムと共に顕著な量のシリカ（ SiO_2 ）を備えることが多い。被殻は典型的には電気絶縁性である。被殻は、多様な寸法、表面特徴、形状及び他の特質を備えるものであり得る。例えば、被殻は多様な形状を備え得て、円筒状、球形、円板状、角柱状が挙げられるがこれらの限定されるものではない。被殻は対称な形状又は非対称な形状を有する。珪藻は

10

20

30

40

50

、被殻の形状及び／又は対称性に従って分類可能であり、例えば、放射相称の有無に基づいて被殻が分類される。被殻は、略1マイクロメートル未満から略数百マイクロメートルまでの範囲内の寸法を有し得る。被殻は、多様な多孔率も備え得て、多数の細孔やスリットを有する。被殻の細孔やスリットは形状、サイズ及び／又は密度が異なり得る。例えば、被殻は、略5nmから略1000nmまでの寸法を有する細孔を備え得る。

【0005】

被殻は、例えば、その被殻の寸法、被殻形状、多孔率、及び／又は物質組成に起因して顕著な機械的強度やせん断応力抵抗性を備え得る。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0006】

【特許文献1】国際出願第PCT／US2013／078059号

【特許文献2】米国特許出願第13／223279号

【特許文献3】米国特許出願第14／249316号

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

電池（例えば、再充電可能な電池）、燃料電池、キャパシタ及び／又はスーパーキャパシタ（例えば、電気二重層キャパシタ（EDLC, electric double-layer capacitor）、疑似キャパシタ、対称キャパシタ）等のエネルギー貯蔵デバイスを、エネルギー貯蔵デバイスの少なくとも一つの層に埋め込まれた被殻を用いて製造し得る。被殻を、選択された形状、寸法、多孔率、物質、表面特徴及び／又は他の適切な被殻特質（均一又は実質的に均一であるか、又は異なるものであり得る）を有するように分類し得る。被殻は、被殻表面改質構造及び／又は物質を含み得る。エネルギー貯蔵デバイスは、電極、セパレータ及び／又は集電体等の層を含み得る。例えば、セパレータが第一電極と第二電極との間に位置し得て、第一集電体が第一電極に結合し得て、第二集電体が第二電極に結合し得る。セパレータと第一電極と第二電極とのうち少なくとも一つが被殻を含み得る。エネルギー貯蔵デバイスの少なくとも一部に被殻を含むことで、印刷技術（スクリーン印刷、ロールツーロール印刷、インクジェット印刷及び／又は他の適切な印刷プロセス等）を用いてエネルギー貯蔵デバイスを製造するのに役立ち得る。被殻はエネルギー貯蔵デバイス層の構造的サポートを与え、また、エネルギー貯蔵デバイス層が製造及び／又は使用中における均一な又は実質的に均一な厚さを維持するのに役立ち得る。多孔質な被殻は、電子又はイオン種の妨げられていない又は実質的に妨げられていない流れを可能にする。表面構造又は物質を含む被殻は、層の導電性を増大させ得る。

20

30

【0008】

一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスは第一電極と、第二電極と、第一電極と第二電極との間のセパレータとを備える。第一電極と第二電極とセパレータとのうち少なくとも一つが被殻を含む。

【0009】

一部実施形態では、セパレータが被殻を含む。一部実施形態では、第一電極が被殻を含む。一部実施形態では、セパレータ及び第一電極が被殻を含む。一部実施形態では、第二電極が被殻を含む。一部実施形態では、セパレータ及び第二電極が被殻を含む。一部実施形態では、第一電極及び第二電極が被殻を含む。一部実施形態では、セパレータ、第一電極及び第二電極が被殻を含む。

40

【0010】

一部実施形態では、被殻は実質的に均一な性質を有する。一部実施形態では、性質は形状、例えば、円筒、球、円板、又は角柱等を備える。一部実施形態では、性質は寸法、例えば、直径、長さ、最長軸等を備える。一部実施形態では、性質は多孔率を備える。一部実施形態では、性質は機械的強度を備える。

【0011】

50

一部実施形態では、被殻は表面改質構造を備える。一部実施形態では、表面改質構造は導電性物質を含む。一部実施形態では、導電性物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造は酸化亜鉛（ZnO）を含む。一部実施形態では、表面改質構造は半導体を備える。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造はナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

10

【0012】

一部実施形態では、被殻は表面改質物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は導電性物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質はZnOを含む。一部実施形態では、表面改質物質は半導体を含む。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

【0013】

20

一部実施形態では、第一電極は導電性充填材を備える。一部実施形態では、第二電極は導電性充填材を備える。一部実施形態では、第一電極及び第二電極は導電性充填材を備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラファイト状炭素を備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラフェンを備える。一部実施形態では、導電性充填材はカーボンナノチューブを備える。

【0014】

一部実施形態では、第一電極は接着物質を備える。一部実施形態では、第二電極は接着物質を備える。一部実施形態では、第一電極及び第二電極は接着物質を備える。一部実施形態では、セパレータは接着物質を備える。一部実施形態では、第一電極及びセパレータは接着物質を備える。一部実施形態では、第二電極及びセパレータは接着物質を備える。一部実施形態では、第一電極、第二電極及びセパレータは接着物質を備える。一部実施形態では、接着物質はポリマーを備える。

30

【0015】

一部実施形態では、セパレータは電解質を備える。一部実施形態では、電解質はイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、電解質は電解質ゲルを備える。

【0016】

一部実施形態では、デバイスは、第一電極と電氣的にやりとりする第一集電体を備える。一部実施形態では、デバイスは、第二電極と電氣的にやりとりする第二集電体を備える。一部実施形態では、デバイスは、第一電極と電氣的にやりとりする第一集電体と、第二電極と電氣的にやりとりする第二集電体とを備える。

40

【0017】

一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはスーパーキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスは電池を備える。

【0018】

一部実施形態では、システムは、互いの上に積層させた複数の上記印刷エネルギー貯蔵デバイスを備える。一部実施形態では、電気デバイスは上記印刷エネルギー貯蔵デバイス又は上記システムを備える。

【0019】

50

一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイス用の膜は被殻を備える。

【0020】

一部実施形態では、被殻は実質的に均一な性質を有する。一部実施形態では、性質は形状、例えば、円筒、球、円板、又は角柱等を備える。一部実施形態では、性質は寸法、例えば、直径、長さ、最長軸等を備える。一部実施形態では、性質は多孔率を備える。一部実施形態では、性質は機械的強度を備える。

【0021】

一部実施形態では、被殻は表面改質構造を備える。一部実施形態では、表面改質構造は導電性物質を含む。一部実施形態では、導電性物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造は酸化亜鉛（ZnO）を含む。一部実施形態では、表面改質構造は半導体を備える。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造はナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

【0022】

一部実施形態では、被殻は表面改質物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は導電性物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質はZnOを含む。一部実施形態では、表面改質物質は半導体を含む。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

【0023】

一部実施形態では、膜は導電性充填材を更に備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラファイト状炭素を備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラフェンを備える。

【0024】

一部実施形態では、膜は接着物質を更に備える。一部実施形態では、接着物質はポリマーを備える。

【0025】

一部実施形態では、膜は電解質を更に備える。一部実施形態では、電解質はイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、電解質は電解質ゲルを備える。

【0026】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは上記膜を備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはスーパーキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスは電池を備える。一部実施形態では、システムは、互いに上に積層させた複数の上記エネルギー貯蔵デバイスを備える。一部実施形態では、電気デバイスは上記印刷エネルギー貯蔵デバイス又は上記システムを備える。

【0027】

一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法は、第一電極を形成することと、第二電極を形成することと、第一電極と第二電極との間にセパレータを形成することとを備える。第一電極と第二電極とセパレータとのうち少なくとも一つが被殻を含む。

【0028】

一部実施形態では、セパレータが被殻を含む。一部実施形態では、セパレータを形成することは、被殻の分散体を形成することを含む。一部実施形態では、セパレータを形成することは、セパレータをスクリーン印刷することを含む。一部実施形態では、セパレータを形成することは、被殻の膜を形成することを含む。一部実施形態では、セパレータを形成することは、セパレータを含む膜をロールツーロール印刷することを含む。

【0029】

一部実施形態では、第一電極が被殻を含む。一部実施形態では、第一電極を形成することは、被殻の分散体を形成することを含む。一部実施形態では、第一電極を形成することは、第一電極をスクリーン印刷することを含む。一部実施形態では、第一電極を形成することは、被殻の膜を形成することを含む。一部実施形態では、第一電極を形成することは、第一電極を含む膜をロールツーロール印刷することを含む。

10

【0030】

一部実施形態では、第二電極が被殻を含む。一部実施形態では、第二電極を形成することは、被殻の分散体を形成することを含む。一部実施形態では、第二電極を形成することは、第二電極をスクリーン印刷することを含む。一部実施形態では、第二電極を形成することは、被殻の膜を形成することを含む。一部実施形態では、第二電極を形成することは、第二電極を含む膜をロールツーロール印刷することを含む。

【0031】

一部実施形態では、本方法は性質に従って被殻を分類することを更に備える。一部実施形態では、性質は、形状と寸法と物質と多孔率とのうち少なくとも一種を備える。

20

【0032】

一部実施形態では、インクは溶液と、溶液中に分散した被殻とを備える。

【0033】

一部実施形態では、被殻は実質的に均一な性質を有する。一部実施形態では、性質は形状、例えば、円筒、球、円板、又は角柱等を備える。一部実施形態では、性質は寸法、例えば、直径、長さ、最長軸等を備える。一部実施形態では、性質は多孔率を備える。一部実施形態では、性質は機械的強度を備える。

【0034】

一部実施形態では、被殻は表面改質構造を備える。一部実施形態では、表面改質構造は導電性物質を含む。一部実施形態では、導電性物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造は酸化亜鉛（ZnO）を含む。一部実施形態では、表面改質構造は半導体を備える。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質構造はナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質構造は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

30

【0035】

一部実施形態では、被殻は表面改質物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は導電性物質を備える。一部実施形態では、表面改質物質は銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質はZnOを含む。一部実施形態では、表面改質物質は半導体を含む。一部実施形態では、半導体はシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の外部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面上に存在する。一部実施形態では、表面改質物質は被殻の内部表面及び外部表面上に存在する。

40

【0036】

一部実施形態では、インクは導電性充填材を更に備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラファイト状炭素を備える。一部実施形態では、導電性充填材はグラフェンを備

50

える。

【0037】

一部実施形態では、インクは接着物質を更に備える。一部実施形態では、接着物質はポリマーを備える。

【0038】

一部実施形態では、インクは電解質を更に備える。一部実施形態では、電解質はイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、電解質は電解質ゲルを備える。

【0039】

一部実施形態では、デバイスは上記インクのうち少なくとも一種を備える。一部実施形態では、デバイスは印刷エネルギー貯蔵デバイスを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスはスーパーキャパシタを備える。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイスは電池を備える。

【0040】

珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることを備え得る。有機汚染物質と無機汚染物質との少なくとも一方を除去し得る。珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を表面活性剤中に分散させることを更に備え得て、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減する。本方法は、ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を抽出することを備え得る。

【0041】

一部実施形態では、少なくとも一つの共通の特性は寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一種を含み得る。寸法は長さや直径とのうち少なくとも一方を含み得る。

【0042】

一部実施形態では、固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分を抽出する方法は、固体混合物の粒子寸法を低減することを備え得る。粒子寸法を低減することは、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることの前であり得る。一部実施形態では、粒子寸法を低減することは、固体混合物をすり潰すことを備え得る。固体混合物をすり潰すことは、乳鉢及び乳棒と、ジャーミルと、岩石粉碎機とのうち少なくともひとつに固体混合物を適用することを含み得る。

【0043】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出し得る。固体混合物の成分を抽出することは、固体混合物を篩分けすることを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略15マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略10マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。

【0044】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを備え得る。例えば、第一珪藻被殻部分は複数の破損していない珪藻被殻部分を備え得る。第二珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を備え得る。

【0045】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分類することは、複数の珪藻被殻部分を濾過することを備え得る。濾過は、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、攪拌を備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、振盪を備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、バブリングを備え得る。

【0046】

濾過は複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを含み得る。例えば、篩は略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズ（例えば略7マイクロメートル）を有し得る。

【0047】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、洗浄された珪藻被殻部分を得ることを含み得る。洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。一部実施形態では、洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。

10

【0048】

洗浄溶媒を除去し得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。複数の珪藻被殻部分を沈降させることは、遠心分離を備え得る。一部実施形態では、遠心分離は大規模処理に適した遠心分離を適用することを備え得る。一部実施形態では、遠心分離は、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一種を適用することを備え得る。

【0049】

一部実施形態では、分散溶媒と洗浄溶媒とのうち少なくとも一方は水を備え得る。

20

【0050】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒中に分散させることと、複数の珪藻被殻部分を表面活性剤中に分散させることとのうち少なくとも一方は、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備え得る。

【0051】

表面活性剤はカチオン性表面活性剤を備え得る。例えば、カチオン性表面活性剤は、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、ブロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備え得る。

30

【0052】

表面活性剤は非イオン性表面活性剤を備え得る。例えば、非イオン性表面活性剤は、セチルアルコール、ステアリルアルコール、セトステアリルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備え得る。

【0053】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることを備え得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの前であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの後であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることと少なくとも部分的に同時であり得る。添加成分は塩化カリウムと塩化アンモニウムと水酸化アンモニウムと水酸化ナトリウムとのうち少なくとも一種を含み得る。

40

【0054】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分散させることは、略1重量パーセントから略5重量パーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備え得る。

50

【0055】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。漂白剤は過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を含み得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略10体積パーセントから略20体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水を備える容器中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略5分から略15分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。

【0056】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備え得る。一部実施形態では、無機汚染物質を除去することは、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備え得る。塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることは、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中に複数の珪藻被殻部分を混合することを含み得る。例えば、混合は略20分から略40分までの持続期間にわたり得る。

10

【0057】

複数の珪藻被殻部分を抽出する方法は、ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を抽出することを含み得る。

【0058】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることを備え得る。一部実施形態では、本方法は、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することを備え得る。一部実施形態では、本方法は、複数の珪藻被殻部分を表面活性剤中に分散させることを備え得て、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減する。

20

【0059】

少なくとも一つの共通の特性は寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一種を含み得る。寸法は長さや直径とのうち少なくとも一方を含み得る。

【0060】

一部実施形態では、固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分を抽出する方法は、固体混合物の粒子寸法を低減することを備え得る。固体混合物の粒子寸法を低減することは、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることの前であり得る。一部実施形態では、粒子寸法を低減することは、固体混合物をすり潰すことを備え得る。固体混合物をすり潰すことは、乳鉢及び乳棒と、ジャーミルと、岩石粉碎機とのうち少なくともひとつに固体混合物を適用することを含み得る。

30

【0061】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出し得る。固体混合物の成分を抽出することは、固体混合物を篩分けすることを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略15マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略10マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。

40

【0062】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを備え得る。例えば、第一珪藻被殻部分は複数の破損していない珪藻被殻部分を備え得る。第二珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を備え得る。

【0063】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分類することは、複数の珪藻被殻部分を濾過することを備え得る。濾過は、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、攪拌を備え得る。一部実

50

施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、振盪を備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、バブリングを備え得る。

【0064】

濾過は複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを含み得る。例えば、篩は略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズ（例えば略7マイクロメートル）を有し得る。

【0065】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、洗浄された珪藻被殻部分を得ることを含み得る。洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。一部実施形態では、洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。

10

【0066】

洗浄溶媒を除去し得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。複数の珪藻被殻部分を沈降させることは、遠心分離を備え得る。一部実施形態では、遠心分離は大規模処理に適した遠心分離を適用することを備え得る。一部実施形態では、遠心分離は、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一種を適用することを備え得る。

20

【0067】

一部実施形態では、分散溶媒と洗浄溶媒とのうち少なくとも一方は水を備え得る。

【0068】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒中に分散させることと、複数の珪藻被殻部分を表面活性剤中に分散させることとのうち少なくとも一方は、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備え得る。

【0069】

表面活性剤はカチオン性表面活性剤を備え得る。例えば、カチオン性表面活性剤は、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、ブロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備え得る。

30

【0070】

表面活性剤は非イオン性表面活性剤を備え得る。例えば、非イオン性表面活性剤は、セチルアルコール、ステアリルアルコール、セトステアリルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備え得る。

40

【0071】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることを備え得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの前であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの後であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることと少なくとも部分的に同時であり得る。添加成分は塩化カリウムと塩化アンモニウムと水酸化アンモニウムと水酸化ナトリウムとのうち少なくとも一種を含み得る。

【0072】

50

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分散させることは、略1重量パーセントから略5重量パーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備え得る。

【0073】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。漂白剤は過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を含み得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略10体積パーセントから略20体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水を備える容器中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略5分から略15分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。

【0074】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備え得る。一部実施形態では、無機汚染物質を除去することは、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備え得る。塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることは、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中に複数の珪藻被殻部分を混合することを含み得る。例えば、混合は略20分から略40分までの持続期間にわたり得る。

【0075】

珪藻被殻部分を抽出する方法は、表面活性剤で複数の珪藻被殻部分を分散させることを含み得て、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減する。

【0076】

珪藻被殻部分を抽出する方法は、ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を抽出することを含み得る。一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることを備え得る。一部実施形態では、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去し得る。

【0077】

一部実施形態では、少なくとも一つの共通の特性は寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一種を含み得る。寸法は長さと直径とのうち少なくとも一方を含み得る。

【0078】

一部実施形態では、固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分を抽出する方法は、固体混合物の粒子寸法を低減することを備え得る。固体混合物の粒子寸法を低減することは、複数の珪藻被殻部分を分散溶媒中に分散させることの前であり得る。一部実施形態では、粒子寸法を低減することは、固体混合物をすり潰すことを備え得る。固体混合物をすり潰すことは、乳鉢及び乳棒と、ジャーミルと、岩石粉碎機とのうち少なくともひとつに固体混合物を適用することを含み得る。

【0079】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出し得る。固体混合物の成分を抽出することは、固体混合物を篩分けすることを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略15マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。固体混合物を篩分けすることは、略10マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備え得る。

【0080】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを備え得る。例えば、第一珪藻被殻部分は複数の破損していない珪藻被殻部分を備え得る。第二珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を備え得る。

【0081】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分類することは、複数の珪藻被殻部分を濾過

10

20

30

40

50

することを備え得る。濾過は、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、攪拌を備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、振盪を備え得る。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することは、バブリングを備え得る。

【0082】

濾過は複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを含み得る。例えば、篩は略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズ（例えば略7マイクロメートル）を有し得る。

【0083】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、洗浄された珪藻被殻部分を得ることを含み得る。洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。一部実施形態では、洗浄された珪藻被殻部分を得ることは、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備え得る。

10

【0084】

洗浄溶媒を除去し得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、有機汚染と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に、複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。例えば、洗浄溶媒を除去することは、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備え得る。複数の珪藻被殻部分を沈降させることは、遠心分離を備え得る。一部実施形態では、遠心分離は大規模処理に適した遠心分離を適用することを備え得る。一部実施形態では、遠心分離は、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一種を適用することを備え得る。

20

【0085】

一部実施形態では、分散溶媒と洗浄溶媒とのうち少なくとも一方は水を備え得る。

【0086】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を洗浄溶媒中に分散させることと、複数の珪藻被殻部分を表面活性剤中に分散させることとのうち少なくとも一方は、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備え得る。

【0087】

表面活性剤はカチオン性表面活性剤を備え得る。例えば、カチオン性表面活性剤は、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、プロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備え得る。

30

【0088】

表面活性剤は非イオン性表面活性剤を備え得る。例えば、非イオン性表面活性剤は、セチルアルコール、ステアシルアルコール、セトステアシルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備え得る。

40

【0089】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を抽出する方法は、複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることを備え得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの前であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることの後であり得る。複数の珪藻被殻を添加成分中に分散させることは、複数の珪藻被殻を表面活性剤中に分散させることと少なくとも部分的に同時であり得る。添加成分は塩化カリウムと塩化アンモニウ

50

ムと水酸化アンモニウムと水酸化ナトリウムとのうち少なくとも一種を含み得る。

【0090】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を分散させることは、略1重量パーセントから略5重量パーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備え得る。

【0091】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。漂白剤は過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を含み得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略10体積パーセントから略20体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水を備える容器中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。複数の珪藻被殻部分を加熱することは、略5分から略15分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。

10

【0092】

一部実施形態では、有機汚染物質を除去することは、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備え得る。一部実施形態では、無機汚染物質を除去することは、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備え得る。塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることは、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中に複数の珪藻被殻部分を混合することを含み得る。例えば、混合は略20分から略40分までの持続期間にわたり得る。

【0093】

珪藻被殻部分上に銀ナノ構造を形成する方法は、珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することを含み得る。本方法はシード層上にナノ構造を形成することを含み得る。

20

【0094】

一部実施形態では、ナノ構造はコーティングとナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子アレイとナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は銀を備え得る。

【0095】

銀シード層を形成することは、第一銀寄与成分及び珪藻被殻部分に周期的加熱方式を適用することを備え得る。一部実施形態では、周期加熱方式を適用することは、周期的なマイクロ波パワーを適用することを備え得る。周期的マイクロ波パワーを適用することは、略100ワットと500ワットとの間でマイクロ波パワーを交替すること備え得る。例えば、交替はマイクロ波パワーを毎分交替することを備え得る。一部実施形態では、交替は略30分の持続期間にわたってマイクロ波パワーを交替することを備え得る。一部実施形態では、交替は略20分から略40分までの持続期間にわたってマイクロ波パワーを交替することを備え得る。

30

【0096】

一部実施形態では、銀シード層を形成することは、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備え得る。シード層溶液は第一銀寄与成分とシード層還元剤とを含み得る。例えば、シード層還元剤はシード層溶媒であり得る。一部実施形態では、シード層還元剤及びシード層溶媒はポリエチレングリコールを備え得る。

【0097】

一部実施形態では、シード層溶液は第一銀寄与成分とシード層還元剤とシード層溶媒とを備え得る。

40

【0098】

銀シード層を形成することは、珪藻被殻部分をシード層溶液と混合することを備え得る。一部実施形態では、混合は超音波処理を備え得る。

【0099】

一部実施形態では、シード層還元剤はN, N - ジメチルホルムアミドを備え得て、第一銀寄与成分は硝酸銀を備え得て、シード層溶媒は水とポリビニルピロリドンとのうち少なくとも一方を備え得る。

【0100】

50

ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備え得る。一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることの後に、珪藻被殻部分を加熱することを含み得る。例えば、加熱は、略120℃から略160℃までの或る温度に加熱することを備え得る。

【0101】

一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを含み得る。一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することの後に混合することを備え得る。

【0102】

一部実施形態では、シード層還元剤とナノ構造形成還元剤とのうち少なくとも一方は、ヒドラジン、ホルムアルデヒド、グルコース、酒石酸ナトリウム、シュウ酸、ギ酸、アスコルビン酸、及び、エチレングリコールのうち少なくとも一種を備え得る。

【0103】

一部実施形態では、第一銀寄与成分と第二銀寄与成分とのうち少なくとも一方が、銀塩と酸化銀とのうち少なくとも一方を備え得る。例えば、銀塩は、硝酸銀、アンモニア硝酸銀、塩化銀 (AgCl)、シアン化銀 (AgCN)、テトラフルオロホウ酸銀、六フッ化リン酸銀、及び、エチル硫酸銀のうち少なくとも一種を含み得る。

【0104】

ナノ構造を形成することは、酸化物形成を低減する雰囲気におけるものとなり得る。例えば、雰囲気はアルゴン雰囲気を備え得る。

【0105】

一部実施形態では、シード層溶媒とナノ構造形成溶媒とのうち少なくとも一方は、プロピレングリコール、水、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-メトキシ-2-プロパノール、1-ブタノール、2-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、3-ペンタノール、1-ヘキサノール、2-ヘキサノール、3-ヘキサノール、オクタノール、1-オクタノール、2-オクタノール、3-オクタノール、テトラヒドロフルフリルアルコール (THFA)、シクロヘキサノール、シクロペンタノール、テルピネオール、ブチラクトン、メチルエチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルプロピルエーテル、ポリエーテル、ジケトン、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロヘプタノン、シクロオクタノン、アセトン、ベンゾフェノン、アセチルアセトン、アセトフェノン、シクロプロパノン、イソホロン、メチルエチルケトン、エチルアセトン、アジピン酸ジメチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、グルタル酸ジメチル、コハク酸ジメチル、酢酸グリセリン、カルボン酸塩、炭酸プロピレン、グリセリン、ジオール、トリオール、テトラオール、ペンタオール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、グリコールエーテル、酢酸グリコールエーテル、1,4-ブタンジオール、1,2-ブタンジオール、2,3-ブタンジオール、1,3-プロパンジオール、1,4-ブタンジオール、1,5-ペンタンジオール、1,8-オクタンジオール、1,2-プロパンジオール、1,3-ブタンジオール、1,2-ペンタンジオール、エトヘキサジオール、p-メンタン-3,8-ジオール、2-メチル-2,4-ペンタンジオール、テトラメチル尿素、n-メチルピロリドン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン (THF)、ジメチルホルムアミド (DMF)、N-メチルホルムアミド (NMF)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、塩化チオニル、及び、塩化スルフリルのうち少なくとも一種を備え得る。

【0106】

珪藻被殻部分は破損した珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分は破損していない珪藻被殻部分を備え得る。一部実施形態では、珪藻被殻部分は珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られ得る。例えば、プロセスは、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとの少なくとも一方を備え得る。

10

20

30

40

50

。

【0107】

珪藻被殻部分上に酸化亜鉛ナノ構造を形成する方法は、珪藻被殻部分の表面上に酸化亜鉛シード層を形成することを含み得る。本方法は酸化亜鉛シード層上にナノ構造を形成することを備え得る。

【0108】

一部実施形態では、ナノ構造はナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子アレイとナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は酸化亜鉛を備え得る。

【0109】

酸化亜鉛シード層を形成することは、第一亜鉛寄与成分及び珪藻被殻部分を加熱することを含み得る。一部実施形態では、第一亜鉛寄与成分及び珪藻被殻部分を加熱することは、略175℃から略225℃までの範囲内の或る温度に加熱することを含み得る。

【0110】

一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、第二亜鉛寄与成分を備えるナノ構造形成溶液の存在下で酸化亜鉛シード層を有する珪藻被殻部分に加熱方式を適用することを含み得る。加熱方式はナノ構造形成温度に加熱することを含み得る。例えば、ナノ構造形成温度は略80℃から略100℃までであり得る。一部実施形態では、加熱は略一時間から略三時間までの持続期間にわたり得る。一部実施形態では、加熱方式は周期的加熱手順を適用することを含み得る。例えば、周期的加熱手順は、全周期的加熱持続期間において、加熱持続期間にわたって酸化亜鉛シード層を有する珪藻被殻部分にマイクロ波加熱を適用し、次いで、冷却持続期間にわたってマイクロ波加熱をオフにすることを含み得る。一部実施形態では、加熱持続期間は略1分から略5分までであり得る。一部実施形態では、冷却持続期間は略30秒から略5分までであり得る。マイクロ波加熱を適用することは、略480ワットから略520ワットまでのマイクロ波パワー（略80ワットから略120ワットまでのマイクロ波パワー等）を適用することを含み得る。

【0111】

一部実施形態では、第一亜鉛寄与成分と第二亜鉛寄与成分とのうち少なくとも一方が、酢酸亜鉛、酢酸亜鉛水和物、硝酸亜鉛、硝酸亜鉛六水和物、塩化亜鉛、硫化亜鉛、及び、亜鉛酸ナトリウムのうちの少なくとも一種を備え得る。

【0112】

一部実施形態では、ナノ構造形成溶液は塩基を含み得る。例えば、塩基は、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、水酸化テトラメチルアンモニウム、水酸化リチウム、ヘキサメチレンテトラアミン、アンモニア溶液、炭酸ナトリウム、及び、エチレンジアミンのうち少なくとも一種を備え得る。

【0113】

一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、添加成分を加えることを備え得る。添加成分は、トリブチルアミン、トリエチルアミン、トリエタノールアミン、ジイソプロピルアミン、リン酸アンモニウム、1, 6 - ヘキサジアノール、トリエチルジエチノール、イソプロピルアミン、シクロヘキシルアミン、n - ブチルアミン、塩化アンモニウム、ヘキサメチレンテトラアミン、エチレングリコール、エタノアミン、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ドデシル硫酸ナトリウム、セチルトリメチルアンモニウムブロミド、及び、カルバミドのうち少なくとも一種を備え得る。

【0114】

一部実施形態では、ナノ構造形成溶液と酸化亜鉛シード層形成溶液とのうち少なくとも一方は溶媒を備え得て、その溶媒は、プロピレングリコール、水、メタノール、エタノール、1 - プロパノール、2 - プロパノール、1 - メトキシ - 2 - プロパノール、1 - ブタノール、2 - ブタノール、1 - ペンタノール、2 - ペンタノール、3 - ペンタノール、1 - ヘキサノール、2 - ヘキサノール、3 - ヘキサノール、オクタノール、1 - オクタノール、2 - オクタノール、3 - オクタノール、テトラヒドロフルフリルアルコール（THF

10

20

30

40

50

A)、シクロヘキサノール、シクロペンタノール、テルピネオール、ブチルラクトン、メチルエチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルプロピルエーテル、ポリエーテル、ジケトン、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロヘプタノン、シクロオクタノン、アセトン、ベンゾフェノン、アセチルアセトン、アセトフェノン、シクロプロパノン、イソホロン、メチルエチルケトン、エチルアセトン、アジピン酸ジメチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、グルタル酸ジメチル、コハク酸ジメチル、酢酸グリセリン、カルボン酸塩、炭酸プロピレン、グリセリン、ジオール、トリオール、テトラオール、ペンタオール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、グリコールエーテル、酢酸グリコールエーテル、1, 4 - ブタンジオール、1, 2 - ブタンジオール、2, 3 - ブタンジオール、1, 3 - プロパンジオール、1, 4 - ブタンジオール、1, 5 - ペンタンジオール、1, 8 - オクタンジオール、1, 2 - プロパンジオール、1, 3 - ブタンジオール、1, 2 - ペンタンジオール、エトヘキサジオール、p - メンタン - 3, 8 - ジオール、2 - メチル - 2, 4 - ペンタンジオール、テトラメチル尿素、n - メチルピロリドン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン (THF)、ジメチルホルムアミド (DMF)、N - メチルホルムアミド (NMF)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、塩化チオニル、及び、塩化スルフルルのうち少なくとも一種を備える。

【0115】

珪藻被殻部分は破損した珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分は破損していない珪藻被殻部分を備え得る。一部実施形態では、珪藻被殻部分は珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られ得る。例えば、プロセスは、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとの少なくとも一方を備え得る。

【0116】

珪藻被殻部分上に炭素ナノ構造を形成する方法は、珪藻被殻部分の表面上に金属シード層を形成することを含み得る。本方法は、シード層上に炭素ナノ構造を形成することを含み得る。

【0117】

一部実施形態では、炭素ナノ構造はカーボンナノチューブを備え得る。カーボンナノチューブは単層カーボンナノチューブと多層カーボンナノチューブとのうち少なくとも一方を備え得る。

【0118】

一部実施形態では、金属シード層を形成することは、珪藻被殻部分の表面をスプレーコーティングすることを備え得る。一部実施形態では、金属シード層を形成することは、金属を備える液体、金属を備える気体、及び金属を備える固体のうち少なくとも一つに珪藻被殻部分の表面を導入することを備え得る。

【0119】

一部実施形態では、炭素ナノ構造を形成することは、化学気相堆積 (CVD, chemical vapor deposition) を用いることを備え得る。炭素ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成炭素ガスに晒すことの後に、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元ガスに晒すことを備え得る。炭素ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成炭素ガスに晒すことの前に、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元ガスに晒すことを備え得る。一部実施形態では、炭素ナノ構造を形成することは、ナノ構造形成還元ガス及びナノ構造形成炭素ガスを備えるナノ構造形成ガス混合物に珪藻被殻部分を晒すことを備える。ナノ構造形成ガス混合物は中性ガスを含み得る。例えば、中性ガスはアルゴンであり得る。

【0120】

一部実施形態では、金属は、ニッケル、鉄、コバルト、コバルトモリブデン二金属、銅、金、銀、白金、パラジウム、マンガン、アルミニウム、マグネシウム、クロム、アンチモン、アルミニウム鉄モリブデン (Al/Fe/Mo)、ペンタカルボニル鉄 (Fe(C

Ｏ)₅)、硝酸鉄(Ⅲ)六水和物($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、塩化コバルト(Ⅱ)六水和物($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、モリブデン酸アンモニウム四水和物($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、モリブデン(Ⅵ)二塩化二酸化物(MoO_2Cl_2)、及び、アルミナナノ粉末のうち少なくとも一種を備え得る。

【0121】

一部実施形態では、ナノ構造形成還元ガスは、アンモニアと窒素と水素とのうち少なくとも一種を備え得る。ナノ構造形成炭素ガスが、アセチレン、エチレン、エタノール、メタン、酸化炭素、及びベンゼンのうち少なくとも一種を備え得る。

【0122】

一部実施形態では、金属シード層を形成することは、銀シード層を形成することを備え得る。銀シード層を形成することは、珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を形成することを備え得る。

10

【0123】

珪藻被殻部分は破損した珪藻被殻部分を備え得る。珪藻被殻部分は破損していない珪藻被殻部分を備え得る。一部実施形態では、珪藻被殻部分は、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られ得る。例えば、プロセスは、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備え得る。

【0124】

銀インクを製造する方法は、紫外線感受性成分と、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分とを混ぜることを含み得て、その表面は複数の穿孔を備える。

20

【0125】

一部実施形態では、銀インクを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することを備え得る。一部実施形態では、本方法は、シード層上に銀ナノ構造を形成することを含み得る。

【0126】

複数の珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を含み得る。複数の珪藻被殻部分は複数の珪藻被殻フレークを含み得る。

【0127】

一部実施形態では、銀インクは、硬化後に略5マイクロメートルから略15マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能なものである。一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を有する。一部実施形態では、銀ナノ構造は略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備え得る。銀インクは略50重量パーセントから略80重量パーセントまでの量の珪藻被殻を備え得る。

30

【0128】

銀シード層を形成することは、複数の穿孔内部の表面上に銀シード層を形成して、複数の銀シードでメッキされた穿孔を形成することを含み得る。銀シード層を形成することは、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀シード層を形成することを含み得る。

40

【0129】

一部実施形態では、銀ナノ構造を形成することは、複数の穿孔内部の表面上に銀ナノ構造を形成して、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔を形成することを備え得る。銀ナノ構造を形成することは、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀ナノ構造を形成することを備え得る。

【0130】

一部実施形態では、紫外線感受性成分は、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有し得る。紫外線感受性成分は、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有し得る。

50

【0131】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることは、複数の珪藻被殻部分を光開始共力剤と混ぜることを含み得る。例えば、光開始共力剤は、エトキシ化ヘキサンジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサンジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を備え得る。

【0132】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることは、複数の珪藻被殻部分を光開始剤と混ぜることを含み得る。光開始剤は、2-メチル-1-(4-メチルチオ)フェニル-2-モルホリニル-1-プロパノンと、イソプロピルチオキサントンのうち少なくとも一方を含み得る。

10

【0133】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることは、複数の珪藻被殻部分を極性ビニルモノマーと混ぜることを含み得る。例えば、極性ビニルモノマーは、n-ビニル-ピロリドンと、n-ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を含み得る。

【0134】

銀インクを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分をレオロジー改質剤と混ぜることを備え得る。一部実施形態では、銀インクを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分を架橋剤と混ぜることを備え得る。一部実施形態では、本方法は、複数の珪藻被殻部分をフロー及びレベル剤と混ぜること含み得る。一部実施形態では、本方法は、複数の珪藻被殻部分を、接着促進剤と湿潤剤と粘度低減剤とのうち少なくとも一種と混ぜることを含み得る。

20

【0135】

銀ナノ構造は、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、及びナノディスクとのうち少なくとも一種を含み得る。

【0136】

一部実施形態では、銀シード層を形成することは、第一銀寄与成分及び複数の珪藻被殻部分に周期的加熱方式を適用することを備え得る。

【0137】

銀シード層を形成することは、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備え得る。例えば、シード層溶液は第一銀寄与成分及びシード層還元剤を備え得る。

30

【0138】

銀ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備え得る。一部実施形態では、銀ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることに後に珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。一部実施形態では、ナノ構造を形成することは、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを備え得る。

【0139】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分は、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られ得る。例えば、プロセスは、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を含み得る。

40

【0140】

導電性銀インクは紫外線感受性成分を含み得る。導電性インクは、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分を含み得て、その表面が複数の穿孔を備える。

【0141】

複数の珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を含み得る。複数の珪藻被殻部分は複数の珪藻被殻フレークを含み得る。

【0142】

一部実施形態では、銀インクは、（例えば、硬化後に）略5マイクロメートルから略1

50

5 マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能なものである。一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を有する。一部実施形態では、銀ナノ構造は略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備え得る。銀インクは略50重量パーセントから略80重量パーセントまでの範囲内の量の珪藻被殻を備え得る。

【0143】

一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは、銀ナノ構造を有する表面を備え得る。

【0144】

一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは、銀シード層を有する表面を備える。一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面が銀ナノ構造を備え得る。

10

【0145】

一部実施形態では、紫外線感受性成分は、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有し得る。

【0146】

一部実施形態では、導電性銀インクは紫外線によって硬化可能なものであり得る。一部実施形態では、複数の穿孔は、紫外線が通過するのに十分な寸法を有し得る。導電性銀インクは、（例えば、硬化後に）略5マイクロメートルから略15マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能なものであり得る。

20

【0147】

一部実施形態では、導電性銀インク熱硬化性であり得る。

【0148】

一部実施形態では、紫外線感受性成分は光開始共力剤を含み得る。例えば、光開始共力剤は、エトキシ化ヘキサジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を備え得る。

【0149】

紫外線感受性成分は光開始剤を含み得る。光開始剤は、2-メチル-1-(4-メチルチオ)フェニル-2-モルホリニル-1-プロパノンと、イソプロピルチオキサントンのうち少なくとも一方を含み得る。

30

【0150】

一部実施形態では、紫外線感受性成分は極性ビニルモノマーを含み得る。例えば、極性ビニルモノマーは、n-ビニルピロリドンと、n-ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を含み得る。

【0151】

導電性銀インクは、レオロジー改質剤、架橋剤、フロー及びレベル剤、接着促進剤、湿潤剤、粘度低減剤とのうち少なくとも一種を含み得る。一部実施形態では、銀ナノ構造は、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備え得る。

40

【0152】

銀フィルムを製造する方法は、紫外線感受性成分と、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分とを備える混合物を硬化させることを含み得て、その表面が複数の穿孔を備える。

【0153】

一部実施形態では、銀フィルムを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することを備え得る。一部実施形態では、本方法は、シード層上に銀ナノ構造を形成することを備え得る。一部実施形態では、本方法は、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜて、銀インクを形成することを含み得る。

【0154】

50

複数の珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を備え得る。複数の珪藻被殻部分は複数の珪藻被殻フレークを備え得る。

【0155】

一部実施形態では、銀インクは、（例えば、硬化後に）略5マイクロメートルから略15マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能なものである。一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を有する。一部実施形態では、銀ナノ構造は略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備え得る。銀インクは略50重量パーセントから略80重量パーセントまでの範囲内の量の珪藻被殻を備え得る。

【0156】

銀シード層を形成することは、複数の穿孔内部の表面上に銀シード層を形成して、複数の銀シードでメッキされた穿孔を形成することを備え得る。銀シード層を形成することは、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀シード層を形成することを備え得る。

【0157】

銀ナノ構造を形成することは、複数の穿孔内部の表面上に銀ナノ構造を形成して、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔を形成することを備え得る。銀ナノ構造を形成することは、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀ナノ構造を形成することを備え得る。

【0158】

一部実施形態では、混合物を硬化させることは、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する紫外線に混合物を晒すことを備え得る。一部実施形態では、混合物を硬化させることは、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する紫外線に混合物を晒すことを備え得る。

【0159】

一部実施形態では、混合物を硬化させることが、混合物を熱硬化させることを備え得る。

【0160】

紫外線感受性成分は、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有し得る。一部実施形態では、紫外線感受性成分は、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有し得る。

【0161】

複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることは、複数の珪藻被殻部分を光開始共力剤と混ぜることを備え得る。例えば、光開始共力剤は、エトキシ化ヘキサシジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサシジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を含み得る。

【0162】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることは、複数の珪藻被殻部分を光開始剤と混ぜることを備え得る。光開始剤は、2-メチル-1-(4-メチルチオ)フェニル-2-モルホリニル-1-プロパノンと、イソプロピルチオキサントンのうち少なくとも一方を含み得る。

【0163】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を極性ビニルモノマーと混ぜることを備え得る。極性ビニルモノマーが、n-ビニル-ピロリドンと、n-ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を含み得る。

【0164】

導電性銀インクを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分をレオロジー改質剤と混ぜることを含み得る。一部実施形態では、導電性銀インクを製造する方法は、複数の珪藻被殻部分を架橋剤と混ぜることを含み得る。一部実施形態では、本方法は、複数の珪藻被殻部分をフロー及びレベル剤と混ぜることを備える。本方法は、複数の珪藻被殻部分を、接着促進

10

20

30

40

50

剤と湿潤剤と粘度低減剤とのうち少なくとも一種と混ぜることを含む得る。

【0165】

一部実施形態では、銀ナノ構造は、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、及びナノディスクとのうち少なくとも一種を備え得る。

【0166】

一部実施形態では、銀シード層を形成することは、第一銀寄与成分及び複数の珪藻被殻部分に周期的加熱方式を適用することを備え得る。

【0167】

銀シード層を形成することは、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備え得る。例えば、シード層溶液は第一銀寄与成分及びシード層還元剤を備え得る。

10

【0168】

銀ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備え得る。一部実施形態では、銀ナノ構造を形成することは、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることの後に珪藻被殻部分を加熱することを備え得る。一部実施形態では、銀ナノ構造を形成することは、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを備え得る。

【0169】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分は、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られ得る。例えば、プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を含む得る。

20

【0170】

導電性銀フィルムは、複数の珪藻被殻部分の各々の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分を含む得て、その表面が複数の穿孔を備える。

【0171】

一部実施形態では、複数の珪藻被殻部分は複数の破損した珪藻被殻部分を備え得る。複数の珪藻被殻部分は複数の珪藻被殻フレークを含む得る。

【0172】

一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を有する。一部実施形態では、銀ナノ構造は略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備え得る。

30

【0173】

一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは、銀ナノ構造を有する表面を備え得る。一部実施形態では、複数の穿孔のうち少なくとも一つは、銀シード層を有する表面を備え得る。複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面が銀ナノ構造を備え得る。

【0174】

一部実施形態では、銀ナノ構造が、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、及び、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備え得る。

【0175】

一部実施形態では、導電性銀インクはバインダー樹脂を備え得る。

【0176】

印刷エネルギー貯蔵デバイスは、第一電極と、第二電極と、第一電極と第二電極との間のセパレータとを含む得て、第一電極と第二電極との少なくとも一方がマンガン含有ナノ構造を有する複数の被殻を含む得る。

40

【0177】

一部実施形態では、被殻は実質的に均一な性質を有し、実質的に均一な性質が、被殻形状、被殻寸法、被殻多孔率、被殻機械的強度、被殻物質、及び、被殻破損度とのうち少なくとも一種を含む。

【0178】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造はマンガンの酸化物を含む得る。マンガンの酸化物は酸化マンガン(II, III)を含む得る。マンガンの酸化物はオキシ水酸化マ

50

ンガンを含み得る。

【0179】

一部実施形態では、第一電極と第二電極との少なくとも一方は酸化亜鉛ナノ構造を有する被殻を含み得る。酸化亜鉛ナノ構造はナノワイヤとナノプレートのうち少なくとも一方を含み得る。

【0180】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造は被殻の実質的に全表面を覆う。一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在する。

【0181】

エネルギー貯蔵デバイスの膜は、マンガン含有ナノ構造を有する被殻を含み得る。

【0182】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造はマンガンの酸化物を含み得る。マンガンの酸化物は酸化マンガン (II, III) を含み得る。マンガンの酸化物はオキシ水酸化マンガンを含み得る。一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在する。

【0183】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造の少なくとも一部は、ナノファイバであり得る。一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部は、四面体形状を有する。

【0184】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは亜鉛 - マンガン電池を含む。

【0185】

印刷フィルム用のインクは、溶液と、溶液中に分散したマンガン含有ナノ構造を有する被殻とを含み得る。

【0186】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造はマンガンの酸化物を含み得る。一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造は、 MnO_2 、 MnO 、 Mn_2O_3 、 $MnOOH$ 、及び、 Mn_3O_4 のうち少なくとも一種を含み得る。

【0187】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部はナノファイバを含み得る。一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部が四面体形状を有する。

【0188】

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在する。

【0189】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは、マンガンの酸化物を含むナノ構造を有する第一組の被殻を有するカソードと、酸化亜鉛を含むナノ構造を有する第二組の被殻を有するアノードとを含み得る。一部実施形態では、デバイスは、再充電可能電池であり得る。

【0190】

一部実施形態では、マンガンの酸化物は MnO を含む。一部実施形態では、マンガンの酸化物は Mn_3O_4 、 Mn_2O_3 、及び $MnOOH$ のうち少なくとも一種を含む。

【0191】

一部実施形態では、第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻は、略1:20から略20:1までのマンガンの酸化物の質量対その少なくとも一つの被殻の質量の比を含む。一部実施形態では、第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻は、略1:20から略20:1までの酸化亜鉛の質量対その少なくとも一つの被殻の質量の比を含む。

10

20

30

40

50

【0192】

一部実施形態では、アノードは電解質塩を含み得る。電解質塩は亜鉛塩を含み得る。

【0193】

一部実施形態では、カソードとアノードとのうち少なくとも一方はカーボンナノチューブを含み得る。一部実施形態では、カソードとアノードとのうち少なくとも一方は導電性充填材を含み得る。導電性充填材はグラファイトを含み得る。

【0194】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは、カソードとアノードとの間にセパレータを有し得て、セパレータが第三組の被殻を含む。第三組の被殻は表面改質を実質的に有さないものとなり得る。

【0195】

一部実施形態では、カソードとアノードとセパレータとのうち少なくとも一つがイオン液体を含み得る。

【0196】

一部実施形態では、第一組の被殻がマンガンの酸化物を含むナノ構造によって実質的に塞がれていない第一組の細孔を有し、第二組の被殻が酸化亜鉛を含むナノ構造によって実質的に塞がれていない第二組の細孔を有する。

【0197】

一部実施形態では、被殻は、少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を含み得て、複数のナノ構造は酸化亜鉛を含み、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比は略1：1から略20：1までである。一部実施形態では、複数のナノ構造はナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、被殻は、複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を含む。

【0198】

一部実施形態では、被殻は、少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を含み得て、複数のナノ構造はマンガンの酸化物を含み、複数のナノ構造はマンガンの酸化物を含み、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比は略1：1から略20：1までである。一部実施形態では、マンガンの酸化物は MnO を含む。一部実施形態では、マンガンの酸化物は Mn_3O_4 を含む。一部実施形態では、マンガンの酸化物は Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を含む。一部実施形態では、複数のナノ構造はナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を含む。一部実施形態では、被殻は、複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を含む。

【0199】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスの電極は複数の被殻を含み得て、複数の被殻の各々は少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を含み、複数の被殻のうち少なくとも一つが略1：20から略20：1までの複数のナノ構造の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を有する。

【0200】

一部実施形態では、電極はカーボンナノチューブを含み得る。一部実施形態では、電極は導電性充填材を含み得る。導電性充填材はグラファイトを含み得る。一部実施形態では、電極はイオン液体を含み得る。

【0201】

一部実施形態では、複数の被殻の各々は、複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を含む。

【0202】

電極はエネルギー貯蔵デバイスのアノードであり得る。一部実施形態では、アノードは電解質塩を含み得る。一部実施形態では、電解質塩は亜鉛塩を含み得る。一部実施形態では、複数のナノ構造は酸化亜鉛を含み得る。一部実施形態では、複数のナノ構造はナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を含み得る。

10

20

30

40

50

【0203】

電極はエネルギー貯蔵デバイスのカソードであり得る。一部実施形態では、複数のナノ構造はマンガンの酸化物を含み得る。一部実施形態では、マンガンの酸化物は MnO を含み得る。一部実施形態では、マンガンの酸化物は Mn_3O_4 と Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一種を含み得る。

【0204】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは、マンガンの酸化物を含むナノ構造を有する第一組の被殻を有するカソードと、酸化亜鉛を含むナノ構造を有する第二組の被殻を有するアノードとを含み得る。一部実施形態では、デバイスは再充電可能電池であり得る。一部実施形態では、第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻は、略1:20から略100:1までのマンガンの酸化物の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を含む。一部実施形態では、第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻は、略1:20から略100:1までの酸化亜鉛の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を含む。

10

【0205】

一部実施形態では、被殻は少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を含み得て、複数のナノ構造は酸化亜鉛を含み、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比は略1:1から略100:1までである。

【0206】

一部実施形態では、被殻は少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を含み得て、複数のナノ構造はマンガンの酸化物を含み、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比は略1:1から略100:1までである。

20

【0207】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスの電極は複数の被殻を含み得て、複数の被殻の各々は、少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を含み、複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻は、略1:20から略100:1までの複数のナノ構造の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を有する。

【0208】

本発明及び従来技術に対する利点をまとめるために、特定の目的及び利点が本願で説明されている。もちろん、これら全ての目的及び利点を特定の実施形態に従って達成する必要がある訳ではないことを理解されたい。例えば、当業者は、一つの利点や一組の利点を達成又は最適化する一方で必ずしも他の目的や利点を達成することなく本発明が実施可能であることを理解するものである。

30

【0209】

これら全ての実施形態は本発明の範囲内にあるものである。これら及び他の実施形態は、添付図面を参照する以下の詳細な説明から当業者に直ちに明らかとなるものであり、本発明は、開示される特定の実施形態に限定されるものではない。

【0210】

以下、本開示のこれら及び他の特徴、態様及び利点を、特定の実施形態を例示するものであって本発明を限定するものではない特定の実施形態の図面を参照して説明する。

【図面の簡単な説明】

40

【0211】

【図1】被殻を有する珪藻土の走査型電子顕微鏡（SEM）像である。

【図2】多孔質表面を含む例示的な被殻のSEM像である。

【図3】各々実質的に円筒形状を有する例示的な被殻のSEM像である。

【図4A】被殻分離プロセスの例示的なステップの流れ図である。

【図4B】被殻分離プロセスの例示的なステップの流れ図である。

【図5A】外部表面及び内部表面の両方に構造を備える被殻の例示的な実施形態を示す。

【図5B】銀でシーディングした被殻表面の一例の50k倍の倍率のSEM像を示す。

【図5C】銀でシーディングした被殻表面の250k倍の倍率のSEM像を示す。

【図5D】銀ナノ構造がその上に形成された被殻表面の20k倍の倍率のSEM像を示す

50

。

【図 5 E】銀ナノ構造がその上に形成された被殻表面の 150 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 F】銀ナノ構造でコーティングされた表面を有する珪藻被殻フレークの 25 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 G】酸化亜鉛でシーディングされた被殻表面の 100 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 H】酸化亜鉛でシーディングされた被殻表面の 100 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 I】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された被殻表面の 50 k 倍の倍率の SEM 像を示す。 10

【図 5 J】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された被殻表面の 25 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 K】酸化亜鉛ナノプレートがその上に形成された被殻表面の 10 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 L】銀ナノ構造がその上に形成された被殻表面の 50 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 M】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された被殻表面の 10 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 N】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された被殻表面の 100 k 倍の倍率の SEM 像を示す。 20

【図 5 O】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された複数の被殻表面の 500 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 P】酸化亜鉛ナノワイヤがその上に形成された被殻表面の 5 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 Q】酸化マンガンナノ構造がその上に形成された被殻表面の 20 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 R】酸化マンガンナノ構造がその上に形成された被殻表面の 50 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 S】被殻表面上に形成された酸化マンガンナノ結晶の TEM 像を示す。 30

【図 5 T】酸化マンガン粒子の電子線回折像を示す。

【図 5 U】マンガン含有ナノファイバがその上に形成された被殻表面の 10 k 倍の倍率の SEM 像を示す。

【図 5 V】酸化マンガンナノ構造がその上に形成された被殻の 20 k 倍の倍率 SEM 像を示す。

【図 5 W】酸化マンガンナノ構造がその上に形成された被殻の一例の断面の 50 k 倍の倍率 SEM 像を示す。

【図 5 X】酸化マンガンナノ構造がその上に形成された被殻の 100 k 倍の倍率 SEM 像を示す。

【図 6】例示的な一実施形態のエネルギー貯蔵デバイスを概略的に示す。 40

【図 7】図 7 A から図 7 E は、異なる製造プロセスの多様なステップ中のエネルギー貯蔵デバイスの例を概略的に示す。

【図 8】セパレータ層中に被殻を取り込んだエネルギー貯蔵デバイス用のセパレータの例示的な実施形態を示す。

【図 9】電極層中に被殻を取り込んだエネルギー貯蔵デバイス用の電極の例示的な実施形態を示す。

【図 10】例示的なエネルギー貯蔵デバイスの放電曲線のグラフを示す。

【図 11】図 10 のエネルギー貯蔵デバイスのサイクル性能のグラフを示す。

【図 12】エネルギー貯蔵デバイスの充放電性能の一例のグラフを示す。

【図 13】図 12 のエネルギー貯蔵デバイスの充放電性能の他のグラフを示す。 50

【発明を実施するための形態】

【0212】

以下、特定の実施形態及び例について説明するが、本発明が具体的に開示されている実施形態を越え及び／又はその明らかな修正及び均等物を用いるものであることを当業者は理解するものである。従って、本発明の範囲は以下で説明される特定の実施形態に限定されるものではない。

【0213】

電子デバイスに電力供給するエネルギー貯蔵デバイスとして、一般的には、電池（例えば、再充電可能電池）、キャパシタ、スーパーキャパシタ（例えば、EDLC）が挙げられる。エネルギー貯蔵デバイスは、非対称なエネルギー貯蔵デバイスを備え得て、例えば、電池 - キャパシタのハイブリッドを含む。エネルギー貯蔵デバイスは、印刷技術、例えば、スクリーン印刷、ロールツーロール印刷、インクジェット印刷等を用いて製造可能である。印刷エネルギー貯蔵デバイスは、エネルギー貯蔵デバイスの厚さの低減を促進し、小型エネルギーストレージを実現することができる。エネルギー貯蔵密度の増大は、印刷エネルギー貯蔵デバイスを、大電力を要する応用、例えば、太陽エネルギー貯蔵用等への使用を促進し得る。硬質の外側ケースを有するエネルギー貯蔵デバイスとは異なり、印刷エネルギー貯蔵デバイスは、フレキシブル基板上に実装可能であり、フレキシブルなエネルギー貯蔵デバイスを実現する。フレキシブルなエネルギー貯蔵デバイスは、フレキシブル電子デバイス、例えば、フレキシブル電子表示媒体等の製造を促進することができる。薄い厚さ及び／又はフレキシブルな構造に起因して、印刷エネルギー貯蔵デバイスは、化粧パッチ、医療診断製品、リモートセンサアレイ、スマートカード、スパートパッケージング、スマート衣服、グリーティングカード等に電力供給し得る。

【0214】

印刷エネルギーストレージ媒体の信頼性及び耐久性は、印刷電池の採用を増やすのに妨げとなる要因となり得る。印刷エネルギー貯蔵デバイスは、典型的には硬質の外側ケースを有さないもので、そのような印刷エネルギー貯蔵デバイスは、使用又は製造中における圧縮圧力や変形操作に耐えることができない。圧縮応力や変形操作に応答するエネルギー貯蔵デバイスの層厚の変動はデバイスの信頼性に悪影響を及ぼし得る。例えば、一部の印刷エネルギー貯蔵デバイスは、セパレータによって間隔が空けられた電極を含む。セパレータ厚さの偏差は電極間の短絡を生じさせ得て、例えば、セパレータが圧縮可能なものであり、圧縮圧力や変形操作の下で電極間の間隔を維持することができない場合に短絡が生じ得る。

【0215】

印刷エネルギー貯蔵デバイスの製造に関連するコストも、広範な応用における電力供給に印刷エネルギー貯蔵デバイスを使用することを妨げる要因となり得る。印刷技術を用いるエネルギー貯蔵デバイスの信頼性のある製造は、コスト効率的なエネルギー貯蔵デバイスの製造を促進し得る。エネルギー貯蔵デバイスの印刷は、デバイス印刷プロセスを電子デバイスの製造に組み込むことを可能にし得て、例えば、印刷電子デバイスが印刷エネルギー貯蔵デバイスによって電力供給され、コストを更に削減し得る。しかしながら、不十分なデバイス構造の頑丈性が、製造プロセス全体にわたるデバイス完全性の妨げとなり、一部の印刷技術の実現可能性を低下させ、印刷エネルギー貯蔵デバイスのコスト効率的な製造の妨げとなり得る。印刷エネルギー貯蔵デバイス層の厚さも、例えば、デバイス層の厚さが、印刷技術で効率的に印刷可能な膜厚よりも厚くなると、製造プロセスにおける特定の印刷技術の使用の妨げとなり得る。

【0216】

本願で説明されるように、被殻は、例えばその寸法、形状、多孔率及び／又は物質に起因して、顕著な機械的強度やせん断応力抵抗性を有し得る。本願で説明される一部実施形態によると、エネルギー貯蔵デバイスは、被殻を備える一つ以上の部品、例えば、印刷エネルギー貯蔵デバイスの一つ以上の層又は膜を含む。被殻を備えるエネルギー貯蔵デバイスは、製造や使用中に生じ得る圧縮圧力及び／又は変形操作に耐えることができるような

機械的強度及び／又は構造完全性を有し得て、故障が生じず、デバイス信頼性を上昇させることができる。被殻を備えるエネルギー貯蔵デバイスは、層厚の変動に耐えることができる。均一又は実質的に均一なデバイスの層厚を維持することができる。例えば、被殻を備えるセパレータは、圧縮圧力や変形操作に耐え、デバイスの短絡を抑制又は防止するように電極間の均一な又は実質的に均一な間隔を維持することによって、エネルギー貯蔵デバイスの信頼性の向上を促進し得る。

【0217】

被殻を備えるエネルギー貯蔵デバイスの機械的強度の増大は、多様な印刷技術を用いるエネルギー貯蔵デバイスの信頼性のある製造を促進することによって、そのデバイスによって電力供給される応用の製造プロセスと共に、製造プロセスの歩留まり及び／又は統合性を増大させ、コスト効率的なデバイス製造を可能にする。

10

【0218】

エネルギー貯蔵デバイスは、被殻を備えるインクを用いて印刷され得る。例えば、印刷エネルギー貯蔵デバイスの一つ以上の膜が被殻を備え得る。多様な基板、フレキシブルな又はフレキシブルではない基板、織物、デバイス、プラスチック、金属や半導体のフィルムなどの多様なフィルム、多様な紙、及び／又はこれらの組み合わせ等（これらに限定されるものではない）の上に、被殻を有する印刷エネルギー貯蔵デバイスの一つ以上の膜を確実に印刷し得る。例えば、適切な基板は、グラフィトペーパー、グラフェンペーパー、ポリエステルフィルム（例えば、マイラー（登録商標））、ポリカーボネートフィルム、アルミニウム箔、銅箔、ステンレス鋼箔、及び／又は炭素発泡体等を含み得る。フレキシブル基板上への印刷エネルギー貯蔵デバイスの製造は、そのような特定の印刷エネルギー貯蔵デバイスの信頼性の向上、例えば、一つ以上の層が被殻を備える結果としての耐久性の向上に起因して、多様なデバイス及び実施においてフレキシブル印刷エネルギー貯蔵デバイスを使用可能にする。

20

【0219】

被殻を備える印刷エネルギー貯蔵デバイスの機械的強度の向上は、印刷デバイス層の厚さを減少させることも可能にし得る。例えば、被殻は、エネルギー貯蔵デバイス層に対する構造的な支持を与え、圧縮圧力や変形操作に耐えるのに十分な構造安定性を有する薄層を可能にし、ひいてはデバイス全体の厚さを減少させ得る。印刷エネルギー貯蔵デバイスの厚さの減少は、更に、印刷デバイスのエネルギー貯蔵密度を改善し、及び／又は印刷デバイスのより広範な使用を実現し得る。

30

【0220】

被殻を備える印刷エネルギー貯蔵デバイスは、向上したデバイス性能、例えば向上したデバイス効率を有し得る。エネルギー貯蔵デバイス層の厚さの減少が、デバイス性能の向上を可能にし得る。エネルギー貯蔵デバイスの性能は、エネルギー貯蔵デバイスの内部抵抗に少なくとも部分的に依存し得る。例えば、エネルギー貯蔵デバイスの性能は、第一電極と第二電極との間の間隔距離に少なくとも部分的に依存し得る。信頼性の所定の尺度としてのセパレータ膜厚の減少は、第一電極と第二電極との間の距離を減少させ、内部抵抗を減少させ、エネルギー貯蔵デバイスの効率を向上させることができる。エネルギー貯蔵デバイスの内部抵抗は、第一電極と第二電極との間のイオン種の移動度に少なくとも部分的に依存し得る。被殻表面の多孔率がイオン種の移動度を与え得る。例えば、被殻を備えるセパレータは、エネルギー貯蔵デバイスの電極間のより構造安定的な分離を可能にする一方で、電極間のイオン種の移動度を促進し得る。被殻表面の多孔率は、第一電極と第二電極との間を移動可能なイオン種の直接的な経路を促進して、抵抗を減少させ及び／又は効率を増大させ得る。被殻を備える電極層の厚さの減少と電極被殻の多孔率は、貯蔵デバイスの性能を向上させることもできる。電極厚さの減少は、イオン種が電極内の活物質にアクセスことを増大させ得る。電極中の被殻の多孔率及び／又は導電性は、電極内のイオン種の移動度を促進し得る。電極中の被殻は、デバイス性能を向上させることもでき、例えば、活物質及び／又は活物質を備える構造がその上に適用又は形成されている基板として機能し、活物質用の表面積を増やすことによって、イオン種が活物質にアクセスするこ

40

50

とを促進する。

【0221】

図1は、被殻10を有する珪藻土のSEM像である。被殻10は一般的に円筒形状を有しているが、一部の被殻は破損していたり異なる形状のものであったりしている。一部実施形態では、円筒状被殻10は、略3 μ mから略5 μ mまでの間の直径を有する。一部実施形態では、円筒状被殻10は、略10 μ mから略20 μ mまでの間の長さを有する。他の直径及び／又は長さも可能である。被殻10は、例えば、その構造（例えば、直径、形状）、物質、及び／又はそれらの組み合わせ等に起因して、顕著な機械的強度やせん断応力抵抗性を有し得る。例えば、被殻10の機械的強度は、被殻10のサイズに反比例し得る。一部実施形態では、略30 μ Nから略130 μ Nまでの間の範囲内の長軸を有する被殻10は、略90 μ Nから略730 μ Nまでの圧縮力に耐えることができる。

10

【0222】

図2は、多孔質表面12を含む被殻10の一例のSEM像である。多孔質表面12は、円形又は実質的に円形の開口14を含む。開口14の他の形状も可能である（例えば、曲線状、多角形、細長等）。一部実施形態では、被殻10の多孔質表面12は、均一又は実質的に均一な多孔率を有し、例えば、均一又は実質的に均一な形状、寸法及び／又は間隔を有する開口14を含む（例えば、図2を参照）。一部実施形態では、被殻10の多孔質表面12は多様な多孔率を有し、例えば、異なる形状、寸法及び／又は間隔の開口14を含む。複数の被殻10の多孔質表面12が均一又は実質的に均一な多孔率を有し得て、又は異なる被殻10の多孔質表面12の多孔率は異なり得る。多孔質表面12は、ナノ多孔率、マイクロ多孔率、メソ多孔率、及び／又はマクロ多孔率を有し得る。

20

【0223】

図3は、円筒形状又は実質的に円筒形状を各々有する被殻10の例のSEM像である。被殻特徴は、異なる種の珪藻では異なり得て、各珪藻種は、異なる形状、サイズ、多孔率、物質、及び／又は他の被殻特質を有する。市販の珪藻土（例えば、オーストラリアキャンベラのMount Sylvia Diatomite Pty社製、フロリダ州フォートローダーデールのContinental Chemical USA社製、ジョージア州メーコンのLintech International社製）が被殻の源となり得る。一部実施形態では、珪藻土は、所定の被殻特徴に従って分類される。例えば、分類は、各々所定の特徴、例えば、形状、寸法、物質、多孔率及び／又はこれらの組み合わせ等を含む被殻をもたらし得る。被殻の分類は、例えば、濾過、スクリーニング（例えば、被殻の形状やサイズに従った分離のための振動篩の使用等）、Voraxial又は遠心分離技術を含む分離プロセス（例えば、被殻密度に従った分離）、他の適切な固体と固体とを分離するプロセス、及び／又はこれらの組み合わせ等の分離プロセスのうち一つ又は複数を含み得る。被殻は、被殻特徴に従って既に分類されているものとしても入手可能であり（例えば、市販のものとして）、被殻が均一又は実質的に均一な形状、サイズ、物質、多孔率、他の所定の被殻特質、及び／又はこれらの組み合わせ等を既に備えているようになる。例えば、或る地域（例えば、米国、ペルー、オーストラリア等の国の地域、地球上の地域等）及び／又は或る種の自然環境（例えば、淡水環境、塩水環境等）から入手可能な被殻は、その地域及び／又は環境において典型的に見つかる種の被殻を備え得て、均一又は実質的に均一な形状、サイズ、物質、多孔率、他の所定の被殻特質、及び／又はこれらの組み合わせを有する被殻を与える。

30

40

【0224】

一部実施形態では、分離プロセスを用いて、破損していない被殻のみを残すように、又は破損していない被殻のみを実質的に残すように被殻を分類することができる。一部実施形態では、分離プロセスを用いて、破損した又は小さな被殻を除去して、特定の長さ及び／又は直径を有する円筒形の被殻のみを得ること、又は円筒形の被殻のみを実質的に得ることができる（例えば、図3に示されるように）。破損した被殻を除去する分離プロセスとして、スクリーニング、例えば、所定の寸法を有する被殻のみを残す、又は所定の寸法のみを有する被殻のみを実質的に残すように選択されたメッシュサイズを有する篩を用い

50

るものが挙げられる。例えば、篩のメッシュサイズは、略40 μm 以下、略30 μm 以下、略20 μm 以下、又は略10 μm 以下（上記値の境界及び間の範囲を含む）の寸法（例えば、長さや直径）を有する被殻を除去するように選択され得る。他の篩メッシュサイズも適したものとなり得る。

【0225】

一部実施形態では、破損した被殻を除去する分離プロセスは、分散液に入れられた被殻への超音波の適用を含み、例えば、水バス中に分散させた被殻を超音波に晒す超音波処理を含む。出力、周波数、及び／又は持続期間等の超音波処理パラメータは、被殻の一つ以上の特質に少なくとも部分的に基づいて調整され得る。一部実施形態では、超音波処理は、略20キロヘルツ（kHz）から略100 kHzまでの間、略30 kHzから略80 kHzまでの間、略40 kHzから略60 kHzまでの間の周波数を有する音波の使用を含む。一部実施形態では、超音波処理は略20 kHz、略25 kHz、略30 kHz、略35 kHz、略40 kHz、略45 kHz、上記値の境界及び間の範囲を含む周波数を有する音波を用い得る。超音波処理ステップは、略2分から略20分までの間、略2分から略15分までの間、略5分から略10分までの間の持続期間を有し得る。一部実施形態では、超音波処理ステップは、略2分間、略5分間、略10分間、上記値の境界及び間を含む範囲の持続期間を有し得る。例えば、被殻流体サンプルは略35 kHzの周波数で略5分間の持続期間にわたって超音波を受け得る。

【0226】

一部実施形態では、分離プロセスは沈降を含む。例えば、分離プロセスは、超音波処理及び沈降の両方を含み、超音波処理中に、被殻流体サンプルからのより重い粒子が、被殻流体サンプルの懸濁相から沈降するようにする。一部実施形態では、被殻流体サンプルからのより重い粒子の沈降プロセスは、略15秒から略120秒までの間、略20秒から略80秒までの間、略30秒から略60秒までの間の持続期間を有する。一部実施形態では、沈降は、略120秒以下、略60秒以下、略45秒以下、略30秒以下の持続期間を有する。

【0227】

破損した被殻を除去する分離プロセスは、密度に基づいた物理的分離用の高速遠心分離技術の使用、例えば、超遠心分離プロセスを含み得る。例えば、分離プロセスは、被殻流体サンプルの懸濁相の超遠心分離を含み得る。超遠心分離パラメータ、例えば角速度、及び／又は持続期間等は、懸濁相の組成（例えば、被殻の密度）及び／又は使用した装置の特性に少なくとも部分的に依存し得る。例えば、懸濁相は、略10000 RPM（毎分回転数）から略40000 RPMまでの間、略10000 RPMから略30000 RPMまでの間、略10000 RPMから略20000 RPMまでの間、略10000 RPMから略15000 RPMまでの間の角速度で超遠心分離され得る。懸濁相は、略1分から略5分までの間、略1分から略3分までの間、略1分から略2分までの間の持続期間にわたって超遠心分離され得る。例えば、被殻流体サンプルの懸濁相は、略13000 RPMの角速度で略1分にわたって超遠心分離され得る。

【0228】

図4A及び図4Bは、被殻分離プロセス20の例示的なステップの流れ図である。プロセス20は、例えば破損した珪藻被殻及び破損していない珪藻被殻を有する固体混合物から破損した及び／又は破損していない珪藻被殻を分離することができる。一部実施形態では、分離プロセス20は大規模被殻分類を可能にする。

【0229】

本願で説明されるように、ナノ構造化物質及び／又はナノデバイス用の珪藻被殻の源としては、生きている珪藻と珪藻土という二つの源が存在し得る。珪藻は自然から直接採取されたものか、又は培養されたものとなり得る。人工的には、多数の同一のシリカ被殻を数日以内に培養することができる。天然の珪藻をナノ構造化物質及び／又はナノデバイス用として使用するため、分離プロセスをおこなって、他の有機材料及び／又は物質から珪藻を分離することができる。他の方法は珪藻土の使用であり、その堆積物は豊富に存在し、

10

20

30

40

50

材料コストは安価である。

【0230】

珪藻土は、異なる珪藻種の混合物から単一の珪藻種までに及ぶ被殻を有し得る（例えば、数種の淡水堆積物を含む）。珪藻土は、破損した及び／又は完全な珪藻被殻に加えて、異なる起源の汚染物質を備え得る。応用に応じて、完全な珪藻被殻のみ、破損した被殻のみ、又は両者の混合物を用い得る。例えば、完全な被殻を分離する場合には、一種類の被殻を有する珪藻土を用い得る。

【0231】

一部実施形態では、分離方法は、完全な珪藻被殻を珪藻被殻の破損片から分離することを備える。一部実施形態では、分離プロセスは、共通の被殻特性（例えば、長さや直径を含む寸法、形状、及び／又は物質）に従って珪藻被殻を分類すること、及び／又は、共通の被殻特性（例えば、長さや直径を含む寸法、形状、破損度及び／又は物質）に基づいて珪藻被殻の部分を分類することを備える。例えば、分離プロセスは、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻又は珪藻被殻部分を抽出し得る。一部実施形態では、分離プロセスは、異なる化学的起源を有する汚染物質を珪藻被殻及び／又は珪藻被殻部分から除去することを備える。

【0232】

長期にわたって変化しないままである珪藻及び珪藻被殻は、生物学、生態学及び関連する地球科学の研究において用いられることがある。被殻の小さなサンプルを水や堆積物から抽出する多数の方法が開発されている。堆積物（珪藻土）は、珪藻被殻（破損したもの、破損していないもの）に加えて、炭酸塩、雲母、粘土、有機物及び他の堆積粒子を含む。破損していない被殻の分離は、以下の三つの主要ステップを含み得る：有機残留物の除去、異なる化学的起源の粒子の除去、破損片の除去。有機物の除去は、漂白剤（例えば、過酸化水素及び／又は硝酸）中でのサンプルの加熱、及び／又はより高温でのアニーリングによって実現可能である。炭酸塩、粘土及び他の可溶性の非シリカ物質は、塩酸及び／又は硫酸によって除去され得る。破損した及び破損していない被殻の分離には、以下の複数の方法が適用可能である：即ち、篩分け、沈降、遠心分離、重液遠心分離、分流水水平輸送薄分離セル（split-flow lateral-transport thin separation cell）、これらの組み合わせ。これら全ての方法は、破損した及び破損していない被殻の凝集の問題を有することが多く、分離の質を劣化させ得て、及び／又は、研究室規模のサンプルとしてのみ適切な分離プロセスとなり得る。

【0233】

分離手順の規模拡大が、珪藻被殻を産業的なナノ物質として使用可能なものにし得る。

【0234】

一部実施形態では、産業規模での珪藻の分離に利用可能な分離手順は、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分の分離を備える。例えば、共通の特性は、破損していない珪藻被殻、又は破損した珪藻被殻となり得る。図4A及び図4Bに示されるような分離プロセス20は、珪藻の産業規模での分離を可能にする分離手順の例である。一部実施形態では、珪藻の大規模分離を可能にする分離手順は、表面活性剤及び／又はディスクスタック遠心分離等を用いることによって、被殻の凝集を減少させることができる。一部実施形態では、表面活性剤の使用が大規模分離を可能にする。一部実施形態では、ディスクスタック遠心分離（例えば、牛乳分離型遠心分離プロセス）が大規模分類を可能にする。例えば、表面活性剤を用いて珪藻被殻を分散させると共にディスクスタック遠心分離で、被殻特性に基づき被殻を分類することで、珪藻被殻の凝集を減らすことによって、珪藻の大規模分類を促進し得る。従来のディスクスタック遠心分離ではないプロセスでは、被殻の沈降を生じさせる。上澄みを廃棄し、沈降した被殻を溶媒中に再分散させ、その後、遠心分離で被殻の沈降を再び生じさせる。このプロセスを、所望の分離が達成されるまで繰り返す。ディスクスタック遠心分離プロセスは、連続的に再分散を行い、沈降した被殻を分離することができる。例えば、完全な被殻が豊富な相を、ディスクスタック遠心分離を介して連続的に循環させて、より豊富にする。一部実施形態では、ディスクスタック遠心

分離は、破損した珪藻被殻を破損していない珪藻被殻から分離することができる。一部実施形態では、ディスクスタック遠心分離は、珪藻被殻特性に従って珪藻被殻を分離することができる。例えば、ディスクスタック遠心分離は、少なくとも一つの共通の特性（例えば、寸法、形状、破損度、及び／又は物質）を有する被殻の抽出を可能にする。

【0235】

図4A及び図4Bに示される分離プロセス20等の工業的規模での被殻の分離を可能にする分離手順は以下のステップを含み得る：

【0236】

1. 珪藻被殻及び／又は珪藻被殻部分を備える固体混合物（例えば、珪藻土）の粒子は、岩石状であり得て、より小さな粒子に破壊可能である。例えば、固体混合物の粒子サイズを、分離プロセス20を促進するように減少させ得る。一部実施形態では、粉末を得るため、例えば、乳鉢及び乳棒、ジャーミル、岩石粉碎機、及び／又はこれらの組み合わせを用いて、珪藻土を穏やかに粉碎したりすり潰したりし得る。

【0237】

2. 一部実施形態では、珪藻被殻及び珪藻被殻部分よりも大きな珪藻土の成分を、篩分けステップを介して除去し得る。一部実施形態では、篩分けステップは、珪藻土を粉碎した後に行われる。例えば、珪藻土粉末を篩分けして、被殻よりも大きな粉末粒子を除去し得る。固体混合物（例えば、粉碎された珪藻土）を液体溶媒中に分散させることによって、篩分けを促進することができる。溶媒は水及び／又は他の適切な液体溶媒であり得る。固体混合物及び溶媒を備える混合物を超音波処理することによって、溶媒中への固体混合物の分散を促進し得る。分散を促進する他の方法も適したものとなり得る。一部実施形態では、分散物は、略1重量パーセントから略5重量パーセントまで、略1重量パーセントから略10重量パーセントまで、略1重量パーセントから略15重量パーセントまで、略1重量パーセントから略20重量パーセントまでの範囲内の重量パーセントの珪藻を備える。分散物中の固体混合物の濃度を減少させて、被殻よりも大きな分散物の粒子を除去する篩分けステップを促進し得る。篩の開口はサンプル中の珪藻のサイズに依存する。例えば、適切な篩は、略20マイクロメートルのメッシュサイズ、又は、被殻よりも大きな固体混合物の分散粒子の除去を可能にする他の適切なメッシュサイズを有し得る（例えば、篩は、略15マイクロメートルから略25マイクロメートルまでの、又は略10マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する）。振動篩を用いて、篩を介する流れを効果的に増大させ得る。

【0238】

3. 一部実施形態では、分離プロセスは、被殻（例えば、珪藻被殻や珪藻被殻部分）から有機汚染物質を除去する精製ステップを含む。有機汚染物質を除去するのに適したプロセスは、漂白剤（例えば、硝酸及び／又は過酸化水素）中への珪藻の含浸及び／又は加熱、及び／又は、より高温での被殻のアニーリングを備え得る。例えば、被殻のサンプルを、略10体積パーセントから略50体積パーセントまで（例えば、30体積パーセント）の過酸化水素を備える或る体積の溶液中で略1分から略15分まで（例えば、10分）にわたって加熱し得る。他の組成、濃度及び／又は持続期間も適したものとなり得る。例えば、使用される溶液の組成、使用される溶液の濃度、及び／又は、加熱の持続期間は、精製されるサンプルの組成（例えば、有機汚染物質及び／又は珪藻の種類）に依存し得る。一部実施形態では、溶液中で珪藻を、その溶液から泡が出なくなるまで又は実質的に出なくなるまで（例えば、有機汚染物質の除去が完了したこと又は実質的に完了したことを示す）加熱して、有機汚染物質の十分な除去を促進し得る。溶液中への含浸及び／又は加熱を、有機汚染物質が除去される又は実質的に除去されるまで繰り返し得る。

【0239】

有機汚染物質からの被殻の精製に続いて、水での洗浄が行われ得る。一部実施形態では、液体溶媒（例えば、水）で珪藻を洗浄し得る。珪藻は、例えば、遠心分離ステップを含む沈降プロセスを介して溶媒から分離され得る。適切な遠心分離技術として、例えば、ディスクスタック遠心分離、デカンタ遠心分離、管状ボウル遠心分離、及び／又はこれらの

組み合わせが挙げられる。

【0240】

4. 一部実施形態では、分離プロセスは、無機汚染物質を除去する精製プロセスを含む。珪藻を塩酸及び／又は硫酸と混合することによって、無機汚染物質を除去し得る。無機汚染物質は、炭酸塩、粘土、及び他の可溶性の非シリカ物質を含み得る。例えば、珪藻のサンプルを、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸（例えば、略20体積パーセントの塩酸）を備える或る体積の溶液と略20分から略40分までの持続期間（例えば30分）にわたって混合し得る。他の組成、濃度及び／又は持続期間も適したものとなり得る。例えば、使用される溶液の組成、使用される溶液の濃度、及び／又は混合の持続期間は、精製されるサンプルの組成（例えば、無機汚染物質及び／又は珪藻の種類）に依存し得る。一部実施形態では、溶液中で珪藻を、その溶液が泡を出さなくなる又は実質的に泡を出さなくなる（例えば、無機汚染物質の除去が完了した又は実質的に完了したことを示す）まで混合して、無機汚染物質の十分な除去を促進し得る。溶液との珪藻の混合は、無機汚染物質が除去される又は実質的に除去されるまで繰り返され得る。

10

【0241】

可溶性無機汚染物質からの珪藻の精製に続いて、水での洗浄が行われ得る。一部実施形態では、珪藻は液体溶媒（例えば水）で洗浄され得る。例えば遠心分離ステップを含む沈降プロセスを介して、被殻が溶媒から分離され得る。適切な遠心分離技術として、例えば、ディスクスタック遠心分離、デカンタ遠心分離、管状ボウル遠心分離、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

20

【0242】

5. 一部実施形態では、分離プロセスは、界面活性剤中への被殻の分散を備える。表面活性剤は、被殻及び／又は被殻部分を互いに分離することを促進し、被殻及び／又は被殻部分の凝集を減らし得る。一部実施形態では、添加剤を用いて、珪藻の凝集を減らす。例えば、珪藻を表面活性剤及び添加剤中に分散させ得る。一部実施形態では、表面活性剤及び／又は添加剤中への被殻の分散を、珪藻、表面活性剤及び／又は添加剤を備える混合物を超音波処理することによって、促進し得る。

【0243】

6. 一部実施形態では、破損した被殻片を湿式篩分けプロセスによって抽出し得る。例えば、濾過プロセスを用い得る。一部実施形態では、濾過プロセスは、破損した被殻のより小さな片を除去するための篩を用いることを備える。篩は、破損した被殻のより小さな片を除去するのに適したメッシュサイズを備え得る（例えば、7マイクロメートル篩）。湿式篩分けプロセスは、例えば、堆積物の凝集を防止することによって、篩の細孔中に小さな堆積物が凝集することを抑制又は防止し、及び／又は、小さな粒子が篩の細孔を通過できるようにする。凝集の防止は、例えば、篩メッシュ上の堆積物の物質の攪拌、バブリング、振盪、これらの組み合わせ等を含み得る。一部実施形態では、濾過プロセスは、一組の篩（例えば、徐々に細孔又はメッシュサイズが小さくなるもの）を介した連続的なものになり得る（例えば、単一の入出力を有する機械中の複数の篩）。

30

【0244】

7. 一部実施形態では、液体中での被殻の連続遠心分離（牛乳分離機型の機械）を用いることができる。例えば、ディスクスタック遠心分離を用い得る。このプロセスを用いて、共通の特性に従って珪藻を分離し、例えば、破損した被殻片を破損していない被殻から更に分離し得る。一部実施形態では、ディスクスタック遠心分離ステップを繰り返して、所望の分離（例えば、破損していない被殻からの破損し被殻の所望のレベルの分離）を達成することができる。

40

【0245】

8. 本願で説明されるように、被殻は溶媒中で洗浄され、これに続いて沈降プロセス（例えば遠心分離）が行われて、被殻を溶媒から抽出し得る。例えば、遠心分離を用いて、各洗浄ステップの後及び／又は最終的な使用の前に被殻又は被殻部分を沈降させることができる。洗浄ステップ後に被殻を沈降させるのに適した遠心分離技術として、連続遠心分

50

離が挙げられ、ディスクスタック遠心分離、デカンタ遠心分離、及び／又は管状ボウル遠心分離が含まれるがこれらに限定されるものではない。

【0246】

オーストラリア クイーンズランドのMount Silvia Pty社（珪藻岩採掘会社）からの淡水珪藻を用いて、例示的な分離手順を試験した。サンプル中の珪藻の大部分は、アウラコセイラsp. の一種類の珪藻を有していた。被殻は直径略5マイクロメートルで長さが10マイクロメートルから20マイクロメートルまでの円筒形状を有していた。

【0247】

例示的な分離手順、図4A及び図4Bに示される分離プロセス20のフローチャートは単に一例である。フローチャートにおけるパラメータの量は例示的な量として与えられている（例えば、選択されたサンプルのみに適している）。例えば、その量は、異なる種類の珪藻では異なり得る。

【0248】

珪藻の表面はアモルファスシリカを含み得て、また、負に帯電しているシラノール基を含み得る。ゼータ電位測定から見つかる等電点は、珪藻についてはpH2付近にあることが多い（例えば、アモルファスシリカと同様）。

【0249】

一部実施形態では、表面活性剤はカチオン性界面活性剤を備え得る。適切なカチオン性界面活性剤として、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、ブロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、水酸化テトラメチルアンモニウム、及び／又はこれらの混合物等が挙げられる。表面活性剤は非イオン性表面活性剤でもあり得る。適切な非イオン性表面活性剤として、セチルアルコール、ステアリルアルコール、セトステアリルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノドデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、トリトンX-100、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、ポロキシマー、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0250】

一部実施形態では、一種以上の添加剤を添加して、凝集を減らすことができる。適切な添加剤として、塩化カリウム、塩化アンモニウム、水酸化アンモニウム、水酸化ナトリウム、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0251】

被殻は、その被殻の表面に適用された一つ以上の改質を有し得る。一部実施形態では、被殻は、被殻の一つ以上の表面上に一つ以上の構造を形成するための基板として用いられ得る。図5Aは、構造52を備える被殻50の一例を示す。例えば、被殻50は、中空の円筒状又は実質的に円筒状の形状を有し得て、その円筒の外側及び内側表面の両方上の構造52を備え得る。構造52は、被殻50の特性又は特質（例えば、被殻50の導電性等）を変更又は影響を与え得る。例えば、電気絶縁性の被殻50が、被殻50の一つ以上の表面上に導電性構造52を形成することによって、導電性にされ得る。被殻50は、銀、アルミニウム、タンタル、黄銅、銅、リチウム、マグネシウム、及び／又はこれらの組み合わせ等を備える構造52を含み得る。一部実施形態では、被殻50は、ZnOを備える構造52を含む。一部実施形態では、被殻50は、マンガンの酸化物、例えば、二酸化マンガン（ MnO_2 ）、酸化マンガン（II, III）（ Mn_3O_4 ）、酸化マンガン（I）（ MnO ）、酸化マンガン（III）（ Mn_2O_3 ）、及び／又はオキシ水酸化マンガン（ $MnOOH$ ）を備える構造52を含む。一部実施形態では、被殻50は、他の金属含有化合物や酸化物を備える構造52を含む。一部実施形態では、被殻50は、半導体、例えば、シリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、ヒ化ガリウム、及び／又はこれらの組み合わせ等を備える構造52を含む。一部実施形態では、被殻50は、被殻50

10

20

30

40

50

の表面全体又は実質的に全体に改質構造 5 2 を備える。

【0252】

被殻 5 0 の表面上に適用又は形成された構造 5 2 は、多様な形状、寸法、及び／又は他の特質を備え得る。被殻 5 0 は、均一な又は実質的に均一な形状、寸法、及び／又は他の構造 5 2 の特質を有する構造 5 2 を備え得る。一部実施形態では、被殻 5 0 は、ナノワイヤ、ナノチューブ、ナノシート、ナノフレーク、ナノスフィア、ナノ粒子、ロゼット形状を有する構造、及び／又はこれらの組み合わせ等を備える構造 5 2 を有し得る。一部実施形態では、ナノ構造は、略 0.1 ナノメートル (nm) から略 1000 nm までの長さを有する寸法を有し得る。一部実施形態では、寸法はナノ構造の直径である。一部実施形態では、寸法はナノ構造の最長寸法である。一部実施形態では、寸法はナノ構造の長さ及び／又は幅である。被殻の表面上のナノ構造は、物質が大きな表面積を有することを促進し、電気化学反応を生じさせることができる表面積が増えた物質を与える。一部実施形態では、珪藻被殻は、製造プロセス中における及び／又はその製造プロセスによって製造された製品（例えば、珪藻被殻を用いて製造された電極、そのような電極を備えるデバイス）中におけるナノ構造の凝集を低減、防止、又は実質的に防止し得る。ナノ構造の凝集の減少は、電解質がアクセスするための活性表面積を増やすことを促進し得る（例えば、電極の活性表面積の増大、そのような電極を備えるデバイスのより良い電気性能）。一部実施形態では、珪藻被殻の表面の多孔率が、電極の活性表面への電解質イオンの拡散の促進等の活性表面エリアへの電解質のアクセスを促進し得る（例えば、珪藻被殻は、略 1 ナノメートル (nm) から略 500 nm までの細孔サイズを有し得る）。

10

20

【0253】

一部実施形態では、被殻 5 0 は、ナノ構造 5 2 によって厚く覆われ得る。一部実施形態では、ナノ構造 5 2 の質量体被殻 5 0 の質量の比は、略 1 : 1 から略 20 : 1 までの間、略 5 : 1 から略 20 : 1 までの間、略 1 : 1 から略 10 : 1 までの間である。ナノ構造 5 2 は、好ましくは、コーティング前の被殻 5 0 の質量よりも大きな質量を有する。ナノ構造 5 2 の質量は、コーティング前後の被殻 5 0 の重さを測り、その差がナノ構造 5 2 の質量として決定され得る。

【0254】

構造 5 2 は、被殻 5 0 の表面上に形成又は堆積可能であり、これは、少なくとも部分的には、所望の物質を備える処方と被殻 5 0 を組み合わせて、被殻 5 0 の表面上に構造 5 2 のコーティング又はシーディングを可能にすることによって行われる。

30

【0255】

本願で説明されるように、被殻 5 0 の表面上の構造 5 2 は、酸化亜鉛、例えば酸化亜鉛ナノワイヤを備え得る。一部実施形態では、酢酸亜鉛二水和物 ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 及びエタノールを有する溶液と被殻 5 0 を組み合わせることによって、酸化亜鉛ナノワイヤを形成することができる。例えば、エタノール中で 0.005 mol/L (M) の濃度の酢酸亜鉛二水和物を有する溶液を被殻 5 0 と組み合わせて、被殻 5 0 の表面をコーティングし得る。次いで、コーティングされた被殻 5 0 は空気乾燥され、エタノールで濯がれ得る。一部実施形態では、次いで、乾燥させた被殻 5 0 をアニーリングし得る（例えば、略 350 °C の温度で）。次いで、酸化亜鉛ナノワイヤを被殻 5 0 のコーティングされた表面上に成長させることができる。一部実施形態では、アニーリングされた被殻 5 0 を室温以上の温度に維持して（例えば、略 95 °C の温度付近で維持して）、酸化亜鉛ナノワイヤの形成を促進する。

40

【0256】

また、被殻 5 0 は、被殻 5 0 の特性又は特質を変更するように被殻 5 0 の表面上に形成又は堆積された物質も備え得る。例えば、電気絶縁性の被殻 5 0 を、その被殻の一つ以上の表面上に導電性物質を形成又は適用することによって、導電性にし得る。被殻 5 0 は、銀、アルミニウム、タンタル、黄銅、銅、リチウム、マグネシウム、及び／又はこれらの組み合わせ等を含み得る。一部実施形態では、被殻 5 0 は ZnO を備える物質を含む。一部実施形態では、被殻 5 0 は、マンガンの酸化物を備える物質を含む。一部実施形態では

50

、被殻50は、半導体、例えばシリコン、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、ヒ化ガリウム、及び／又はこれらの組み合わせ等を備える物質を含む。表面改質物質は、被殻50の外側表面及び／又は内側表面上に存在し得る。一部実施形態では、被殻50は、被殻50の表面全体又は実質的に全体上に表面改質物質を備える。

【0257】

物質は、少なくとも部分的には、被殻50の表面上へのコーティング又はシーティングを可能にするように所望の物質を含む処方と被殻50を組み合わせることによって、被殻50の表面上に形成又は堆積可能である。

【0258】

本願で説明されるように、物質を被殻50の表面上に堆積させ得る。一部実施形態では、物質は、導電性金属、例えば、銀、アルミニウム、タンタル、銅、リチウム、マグネシウム、黄銅等を備える。一部実施形態では、銀を含む物質での被殻50の表面のコーティングは、少なくとも部分的に、アンモニア (NH_3) 及び硝酸銀 (AgNO_3) を有する溶液と被殻50を組み合わせることを含む。一部実施形態では、トレンス試薬を調製するのに用いられることが多いプロセスと同様のプロセスで、その溶液を調製することができる。例えば、溶液の調製は、アンモニアを含み硝酸銀に加えて、沈殿物を形成し、次いで、沈殿物が溶解するまでアンモニアを更に加えることを備え得る。次いで、溶液を被殻50と組み合わせ得る。一例として、5ミリリットル (mL) のアンモニアを150 mL の含水硝酸銀に攪拌しながら加えて、沈殿物を形成し、次いで、沈殿物が溶解するまで更に5 mL のアンモニアを加える。次いで、その溶液を0.5グラム (g) の被殻50及びグルコース水溶液 (例えば、10 mL の蒸留水中に溶解させた4 g のグルコース) と組み合わせることによって、混合物を形成し得る。ついで、その混合物を或る温度に維持されたバス (例えば、略70℃の温度に維持された温水バス) 中に浸漬された容器中に入れて、被殻50のコーティングを促進し得る。

【0259】

[珪藻被殻又は珪藻被殻部分上のナノ構造の成長]

本願で説明されるように、珪藻土は、化石化した珪藻と呼ばれる微生物からの天然由来の堆積物である。化石化した微生物は、多くの場合略1マイクロメートルから略200マイクロメートルまでのサイズで高度に構造化したシリカ製の硬い被殻を備える。異なる種の珪藻は異なる三次元形状及び特徴を有し、源毎に異なる。

【0260】

珪藻土は、高度に多孔質で、研磨性で、及び／又は耐熱性の物質を含み得る。こうした性質のため、珪藻土には多様な応用が見つかり、例えば、濾過、液体吸収、断熱、セラミックのような添加剤、弱研磨剤、洗浄、食品添加物、化粧品等が挙げられる。

【0261】

珪藻被殻は、ナノサイエンス及びナノテクノロジーにとって魅力的な特徴、つまり、天然由来のナノ構造、ナノ細孔、ナノキャビティ、ナノバンプを有する (例えば、図1から図3に示されるように)。珪藻種に依存する被殻形状の多様性 (105種を超える) は他の魅力的な性質である。珪藻被殻は二酸化シリコンから形成され、その二酸化シリコンは、珪藻ナノ構造を維持しながら有用な物質でコーティング又は置換可能である。珪藻ナノ構造は多くのプロセス及びデバイス (色素増感太陽電池、ドラッグデリバリー、エレクトロルミネセントディスプレイ、Liイオン電池用のアノード、ガスセンサ、バイオセンサ等) によって有用なナノ物質であり得る。MgO、ZrO₂、TiO₂、BaTiO₃、SiC、SiN及びSiの形成は、SiO₂の高温ガス置換を用いて達成可能である。

【0262】

一部実施形態では、珪藻被殻を三次元ナノ構造でコーティングすることができる。珪藻は、内側及び／又は外側表面 (珪藻のナノ細孔の内側等) に対してコーティングされ得る。コーティングは珪藻の構造を正確には保たないものとなり得る。しかしながら、コーティング自体がナノ細孔及びナノバンプを有し得る。このようなシリカ被殻／ナノ構造複合材は被殻を支持体として用いる。ナノ構造化物質は、互いに密に結合した小さなナノ粒子

(ナノワイヤ、ナノスフィア、ナノプレート、ナノ粒子の稠密アレイ、ナノディスク、及び／又はナノベルト)を有し得る。全体としては、その複合材は非常に大きな表面積を有し得る。

【0263】

多様な物質を備えるナノ構造を被殻の表面上に形成し得る。一部実施形態では、ナノ構造は、金属物質を備える。例えば、被殻の一つ以上の表面上に形成されたナノ構造は、亜鉛 (Zn)、マグネシウム (Mg)、アルミニウム (Al)、水銀 (Hg)、カドミウム (Cd)、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カルシウム (Ca)、鉄 (Fe)、鉛 (Pb)、ニッケル (Ni)、銀 (Ag)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は酸化金属を備える。例えば、被殻表面上に形成されたナノ構造は、酸化亜鉛 (ZnO)、二酸化マンガン (MnO_2)、酸化マンガン (II, III) (Mn_3O_4)、酸化マンガン (II) (MnO)、酸化マンガン (III) (Mn_2O_3)、酸化水銀 (HgO)、酸化カドミウム (CdO)、酸化銀 (I, III) (Ag_2O)、酸化銀 (I) (Ag_2O)、酸化ニッケル (NiO)、酸化鉛 (II) (PbO)、酸化鉛 (II, IV) (Pb_2O_3)、二酸化鉛 (PbO_2)、酸化バナジウム (V) (V_2O_5)、酸化銅 (CuO)、三酸化モリブデン (MoO_3)、酸化鉄 (II) (Fe_2O_3)、酸化鉄 (II) (FeO)、酸化鉄 (II, III) (Fe_3O_4)、酸化ルビジウム (IV) (RuO_2)、二酸化チタン (TiO_2)、酸化イリジウム (IV) (IrO_2)、酸化コバルト (II, III) (Co_3O_4 物)、二酸化錫 (SnO_2)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は他の金属含有化合物、例えば、オキシ水酸化マンガン (III) (MnOOH)、オキシ水酸化ニッケル (NiOOH)、ニッケル銀酸化物 (AgNiO_2)、硫化鉛 (II) (PbS)、銀鉛酸化物 ($\text{Ag}_5\text{Pb}_2\text{O}_6$)、酸化ビスマス (III) (Bi_2O_3)、銀ビスマス酸化物 (AgBiO_3)、銀バナジウム酸化物 (AgV_2O_5)、硫化銅 (I) (CuS)、二硫化鉄 (FeS_2)、硫化鉄 (FeS)、ヨウ化鉛 (II) (PbI_2)、硫化ニッケル (Ni_3S_2)、塩化銀 (AgCl)、銀クロム酸化物又はクロム酸銀 (Ag_2CrO_4)、銅酸化物リン酸塩 ($\text{Cu}_4\text{O}(\text{PO}_4)_2$)、リチウムコバルト酸化物 (LiCoO_2)、水素化金属合金 (例えば、LaCePrNdNiCoMnAl)、リン酸鉄リチウム (LiFePO_4 , LEP)、過マンガン酸リチウム (LiMn_2O_4)、リチウムマンガン二酸化物 (LiMnO_2)、 $\text{Li}(\text{NiMnCo})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$ 、オキシ水酸化コバルト (CoOOH)、窒化チタン (TiN)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備える。

【0264】

一部実施形態では、被殻の表面上に形成されたナノ構造は非金属又は有機物質を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は炭素を備え得る。例えば、ナノ構造は、多層及び／又は単層カーボンナノチューブ、グラフェン、グラファイト、カーボンナノオニオン、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、ナノ構造は、フッ化炭素 (例えば、 CF_x)、硫黄 (S)、導電性 n/p 型ドーブポリマー (例えば、導電性 n/p 型ドーブのポリフルオレン、ポリフェニレン、ポリピレン、ポリアズレン、ポリナフタレン、ポリピロール、ポリカルバゾール、ポリインドール、ポリアゼピン、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリ 3, 4 - エチレンジオキシチオフェン、及び／又はポリ p - フェニレン硫化物)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。

【0265】

珪藻被殻の表面上に形成されたナノ構造として、1) 銀 (Ag) ナノ構造、2) 酸化亜鉛 (ZnO) ナノ構造、カーボンナノチューブ “フォレスト”、及び／又は 4) マンガン含有ナノ構造が挙げられる。本願で説明されるように、その一つ以上の表面上にナノ構造が形成された珪藻被殻は、電池、スーパーキャパシタ、太陽電池等のエネルギー貯蔵デバイス及び／又はガスセンサとして使用可能である。ナノ構造は、破損していない被殻及び／又は破損した被殻の一つ以上の表面上に形成され得る。一部実施形態では、ナノ構造形成プロセスにおいて使用される被殻又は被殻部分は、本願で説明される分離ステップを備

える分離手順（例えば、図 4 A 及び図 4 B に示される分離プロセス 20）を介して抽出されたものであり得る。一部実施形態では、ナノ構造化活物質の成長前に、被殻を一種以上の機能化化学物質（例えば、シロキサン、フッ化シロキサン、タンパク質及び／又は表面活性剤）で前処理することができる。一部実施形態では、ナノ構造化活物質の成長前に、被殻を導電性物質（例えば、金属及び／又は導電性炭素）、及び／又は半導体物質でプレコーティングすることができる。例えば、被殻は、銀（A g）、金（A u）、銅（C u）、ニッケル（N i）、白金（P t）、グラフェン、グラファイト、カーボンナノチューブ、シリコン（S i）、ゲルマニウム（G e）、半導体含有合金（例えば、アルミニウムシリコン（A l S i）合金）、及び／又はこれらの組み合わせ等でプレコーティングされ得る。

10

【0266】

一部実施形態では、ナノ構造を、二段階方法を用いて成長させる。第一段階は、一般的に、珪藻被殻の表面上のシードの成長を含む。シードは、珪藻被殻の表面に直接結合（例えば、化学結合）しているナノ構造であり、特定の粒サイズ及び／又は均一性を有し得る。このような結合を生じさせるためにエネルギーを付与し得る。シーディングプロセスは、高温下で行われ得て、及び／又は、熱や他の形態のエネルギー利得を生じさせることができる他の方法を含み得る。

【0267】

ナノ構造を形成する第二段階は、一般的に、シードから最終的なナノ構造を成長させることを含む。シードでプレコーティングされた被殻を、特定の条件下で初期物質の環境に浸漬し得る。ナノ構造は、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子、ナノベルト、ナノディスク、及び／又はこれらの組み合わせ等のうち一種以上を含み得る。形状因子は、ナノ構造の成長条件に依存し得る（例えば、ナノ構造の形態は、シード層上のナノ構造の形成中の一つ以上の成長条件（例えば、成長温度、加熱パターン、ナノ構造成長中の化学添加剤の含有、及び／又はこれらに組み合わせ等）に依存し得る）。

20

【0268】

[珪藻被殻の表面上に A g ナノ構造を形成する例示的なプロセス]

銀でシリカを初期コーティング（又はシーディング）することを、マイクロ波、超音波処理、表面改質を用いた A g⁺ 塩の還元、及び／又は還元剤を用いた硝酸銀（A g N O₃）の還元によって行うことができる。

30

【0269】

シード成長ステップは、溶媒中への銀塩及び還元剤の溶解（例えば、還元剤及び溶媒は同じ物質であり得る）と、混合物中への精製被殻の分散を含み得る。溶解の間及び／又は後に、物理的な力（混合、攪拌、加熱、超音波処理、マイクロ波、及び／又はこれらの組み合わせ等）を印加し得る。シード層成長プロセスは多様な時間にわたって行われ得る。

【0270】

[珪藻被殻の表面上に A g シードを成長させることの例]

例 1 は以下のステップを含む。0.234 g の精製珪藻、0.1 g の A g N O₃ 及び 60 °C で溶融させた 50 m L の P E G 600（ポリエチレングリコール）をビーカー中で混合する。一部実施形態では、クリーンな珪藻と銀寄与成分（例えば、硝酸銀）と還元剤とを備える混合物を反復加熱方式で加熱し得る。一部実施形態では、還元剤と溶媒は同じ物質であり得る。例えば、毎分略 100 ワットから略 500 ワットまでで熱を変化させながら、略 20 分から略 40 分にわたって混合物を加熱し得る。例えば、洗浄された珪藻と硝酸銀と溶融 P E G を備える混合物を、略 30 分にわたってマイクロ波で加熱した。マイクロ波のパワーを毎分 10 から 500 ワットまでで変化させて、混合物の過熱を防止した。一部の市販のマイクロ波加熱器では、使用者が特定期間後の含有物の温度を決定することができ、及び／又は、多様な期間後における多数の温度を決定することができ（例えば、温度勾配を定めることができる）、その結果が得られるようにマイクロ波加熱器がパワーを制御する。例えば、マイクロ波加熱器は、50 m L の水を 1 分間で 85 °C に加熱するよりも 50 m L の水を 2 分間で 85 °C に加熱するのにより低いパワーが必要であることを決

40

50

定し得て、この調整が、例えば温度センサに基づいて、加熱プロセス中に行われ得る。他の例では、マイクロ波加熱器は、100 mLの水を2分間で85℃に加熱するよりも50 mLの水を2分間で85℃に加熱するのにより低いパワーが必要であることを決定し得て、この調整は、例えば温度センサに基づいて、加熱プロセス中に行われ得る。珪藻は遠心分離されエタノールで洗浄された。そのシードが図5B及び図5Cに示されている。

【0271】

例2は以下のステップを含む。45 mLのN,N-ジメチルホルムアミドと、0.194 gの6000 MW PVP（ポリビニルピロリドン）と、5 mLの0.8 mM AgNO₃水溶液と、0.1 gの濾過及び精製した珪藻をビーカー中で混合する。超音波処理器のチップ（例えば、直径13 mm、20 kHz、500ワット）を混合物中に入れて、混合物を有するビーカーを氷バスに入れた。チップ振幅を100%に設定する。超音波処理を30分間持続させる。この手順後に、3000 RPMで5分にわたるバス中での超音波処理及び遠心分離を用いて、珪藻をエタノール中で二回洗浄する。次いで、珪藻上にシードが見られるまで、このプロセスを更に二回繰り返す。

【0272】

図5Bは、珪藻被殻60の表面上に形成された銀シード62の50 k倍の倍率のSEM像を示す。図5Cは、珪藻被殻60の表面上に形成された銀シード62の250 k倍の倍率のSEM像を示す。

【0273】

〔銀でシーディングされた珪藻被殻表面上に銀ナノ構造を形成することの例〕

シーティングされた被殻を銀で更にコーティングすることは、酸化銀の形成を抑止するようにアルゴン（Ar）雰囲気下で行われ得る。一部実施形態では、珪藻被殻部分を焼成して（例えば、略400℃から略500℃までの間の温度に加熱する）、珪藻被殻部分の一つ以上の表面上に形成され得る酸化銀（シーディングされた珪藻被殻部分を銀で更にコーティングするプロセス中に形成された酸化銀を含む）から銀を得る。例えば、珪藻被殻部分の焼成は、導電性銀インク（例えば、本願で説明されるような紫外性硬化性導電性銀インク）を製造する際に用いられる珪藻被殻部分に対して行われ得る。一部実施形態では、焼成は、酸化銀を銀に還元することを促進する雰囲気（例えば、水素ガス）下のものとなり得る。導電性銀インクが備える珪藻被殻部分を焼成して酸化銀から銀を得ることは、銀は酸化銀よりも導電性であること、及び／又は、銀と銀との接点（例えば、銀と酸化銀との接点及び／又は酸化銀と酸化銀との接点に対して）を増やし得ることに起因して、導電性銀インクの導電性を改善し得る。焼成に代えて又は加えて、酸化銀から銀を得る他の方法（例えば、化学反応を有するプロセス等）も適したものとなり得る。

【0274】

シード層上のナノ構造の形成は、銀塩、還元剤及び溶媒を含み得る。混合ステップ、加熱ステップ及び／又は滴定ステップ（例えば、ナノ構造成長プロセスの成分の相互作用を促進する）が、シード層上にナノ構造を形成するように適用され得る。

【0275】

シード層上にナノ構造を形成するためのプロセスの一例は以下のプロセスを含む。

【0276】

5 mLの0.0375 M PVP（6000 MW）水溶液を一つのシリンジ内に入れ、5 mLの0.094 M AgNO₃水溶液を他のシリンジ内に入れる。0.02 gのシーディングされ洗浄され乾燥させた珪藻を5 mLのエチレングリコールと混合して、略140℃に加熱した。シリンジポンプを用いて、略0.1ミリリットル毎分（mL/分）の速度で珪藻を銀塩（例えば、AgNO₃）及びPVP溶液で滴定する。滴定の終了後、混合物を30分にわたって攪拌する。次いで、エタノール、バス超音波処理及び遠心分離を用いて、珪藻を洗浄する（例えば二回洗浄する）。

【0277】

図5D及び図5Eは、銀ナノ構造54が珪藻被殻60の表面上に形成されている例のSEM像を示す。図5D及び図5Eは、厚いナノ構造化コーティングを高表面積で有する被

10

20

30

40

50

殻 60 を示す。図 5 D は 20 k 倍の倍率での被殻表面の SEM 像であり、図 5 E は 150 k 倍の倍率での被殻表面の SEM 像である。図 5 L は、表面上に銀ナノ構造を有する珪藻被殻 60 の 50 k 倍の倍率での他の SEM 像である。図 5 L には、珪藻被殻 60 の厚いナノ構造化コーティングを見て取ることができる。

【0278】

Ag 成長に適した還元剤の例として、銀の無電解析出に用いられる一般的な還元剤が挙げられる。銀の無電解析出に適したいくつかの還元剤として、ヒドラジン、ホルムアルデヒド、グルコース、酒石酸ナトリウム、シュウ酸、ギ酸、アスコルビン酸、エチレングリコール、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0279】

適切な Ag⁺ 塩及び酸化物の例として銀塩が挙げられる。最も一般的に用いられる銀塩は水溶性である（例えば、AgNO₃）。適切な銀塩として、AgNO₃ のアンモニウム溶液が挙げられる（例えば、Ag(NH₃)₂NO₃）。一部実施形態では、銀(I) 塩又は酸化物が使用され得る（例えば、水溶性及び／又は非水溶性）。例えば、酸化銀（Ag₂O）、塩化銀（AgCl）、シアン化銀（AgCN）、テトラフルオロホウ酸銀、六フッ化リン酸銀、エチル硫酸銀、及び／又はこれらの組み合わせ等も適したものとなり得る。

【0280】

適切な溶媒として以下のものが挙げられる：水、アルコール、例えば、メタノール、エタノール、N - プロパノール（例えば、1 - プロパノール、2 - プロパノール（イソプロパノール、IPA, isopropanol）、1 - メトキシ - 2 - プロパノール等）、ブタノール（例えば、1 - ブタノール、2 - ブタノール（イソブタノール）等）、ペンタノール（例えば、1 - ペンタノール、2 - ペンタノール、3 - ペンタノール等）、ヘキサノール（例えば、1 - ヘキサノール、2 - ヘキサノール、3 - ヘキサノール）、オクタノール、N - オクタノール（例えば、1 - オクタノール、2 - オクタノール、3 - オクタノール等）、テトラヒドロフルフリルアルコール（THFA, tetrahydrofurfuryl alcohol）、シクロヘキサノール、シクロペンタノール、テルピネオール等； ラクトン、例えば、ブチルラクトン等； エーテル、例えば、メチルエチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルプロピルエーテル、ポリエーテル等； ケトン（ジケトン、シクロケトンを含む）、例えば、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロヘプタノン、シクロオクタノン、アセトン、ベンゾフェノン、アセチルアセトン、アセトフェノン、シクロプロパノン、イソホロン、メチルエチルケトン； エステル、例えば、エチルアセトン、アジピン酸ジメチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、グルタル酸ジメチル、コハク酸ジメチル、酢酸グリセリン、カルボン酸塩等； 炭酸塩、例えば、炭酸プロピレン等； ポリオール（又は液体ポリオール）、グリセロール、他の高分子ポリオールやグリコール、例えば、グリセリン、ジオール、トリオール、テトラオール、ペンタオール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、グリコールエーテル、酢酸グリコールエーテル、1, 4 - ブタンジオール、1, 2 - ブタンジオール、2, 3 - ブタンジオール、1, 3 - プロパンジオール、1, 4 - ブタンジオール、1, 5 - ペンタンジオール、1, 8 - オクタンジオール、1, 2 - プロパンジオール、1, 3 - ブタンジオール、1, 2 - ペンタンジオール、エトヘキサジオール、p - メンタン - 3, 8 - ジオール、2 - メチル - 2, 4 - ペンタンジオール； テトラメチル尿素、n - メチルピロリドン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン（THF, tetrahydrofuran）、ジメチルホルムアミド（DMF, dimethyl formamide）、N - メチルホルムアミド（NMF, N - methyl formamide）、ジメチルスルホキシド（DMSO, dimethyl sulfoxide）； 塩化チオニル、塩化スルフリル、及び／又はこれらの組み合わせ等。

【0281】

一部実施形態では、溶媒は還元剤としても機能し得る。

10

20

30

40

50

【0282】

[低コスト紫外線硬化性銀珪藻導電性インクを製造する例示的な方法]

熱硬化性銀フレーク及び銀ナノ粒子導電性インクは、多数の製造業者、例えば、ヘンケル（Henkel）社、スプレーラット（Spraylat）社、コンダクティブコンパウンズ（Conductive Compounds）社、デュボン社、クリエイティブマテリアルズ（Creative Materials）社等から入手可能である。それほど一般的にはない製品は、紫外線（UV）で硬化可能な銀導電性インクである。僅か数社（例えば、ヘンケル社）のみが、そのようなインクを提供している。紫外線硬化性銀導電性インクは、高い銀担持量、及び導電率に対する1平方メートル当たりのコストの高さに起因して、非常に高価になることが多い。その導電率は、同じウェット膜厚において適用された熱硬化銀導電性インクの導電率の1/5から1/10になり得る。

10

【0283】

現状入手可能な紫外線硬化性インクと少なくとも同じ又はより良い導電率を有する低コスト紫外線硬化性銀が必要とされていることは明らかである。一部の紫外線硬化性銀は、インク中に存在する多量の銀を完全には活用していないものであり得るので、はるかに少ない銀を用いて、現状の紫外線硬化性銀インクと同様又はより優れた導電率及び／又は硬化性を有する銀インクを開発することが必要とされている。

【0284】

紫外線硬化性銀の開発の難しさは、銀の紫外線吸収特性に起因するものであり得る。熱硬化銀インクにおいては、高アスペクト比を有する銀フレークを用いて、フレーク内接触面積を最大にすることによって最高の導電率を得ることができる。この種の銀フレークを、導電インクに適した紫外線硬化性樹脂系と混ぜて、印刷又は他のコーティングプロセスを用いて表面に適用し、紫外線に晒すと、紫外線が銀インクのウェット層を介して散乱する前に、紫外線の多くが銀によって吸収され得る。銀フレークによる紫外線吸収は、ウェットインクフィルムにおいて紫外線開始の重合を生じさせることを抑制又は防止し得る（例えば、特定の深さを越えたウェットインクの紫外線開始の重合を抑制又は防止する）。インクフィルムの重合の低減は、例えば、銀インク層の底の大部分が未硬化で湿っているので、基板に接着しない銀インクの不完全な硬化層を生じさせ得る。低アスペクト比の銀粒子を紫外線硬化性銀インクに用いて、銀インクの適用層を介する可能な光散乱経路の数を増やすことによって、銀インクの適用層全体にわたる適切な硬化を達成し得る。低アスペクト比の粒子は、小さな表面積を有し、フレーク内接触面積を減らし得て、今度はそれが、高アスペクト比のフレークを用いた場合に可能なものに対して硬化フィルムの導電率を低下させ得る。この硬化の問題を解決することができれば、より大きなアスペクトで高い導電率の銀フレークを銀インクにおいて用いることができ、結果としての銀フィルムの導電率を向上させ、及び／又は、高導電率を達成するのに用いられる銀の量を減らし得る。

20

30

【0285】

一部実施形態では、非導電性基板（例えば、珪藻被殻フレークなどの珪藻被殻部分）を銀でメッキすることができる。紫外線は、珪藻被殻フレークの本体部の一つ以上の表面上の穿孔を通過し得る。銀インクにおいて銀メッキ珪藻フレークを用いると、銀インクの硬化を促進して、銀インクにおいて高アスペクト比のフレークを使用することが可能になる。一部実施形態では、銀メッキ珪藻被殻を備える銀インクは、硬化した銀インクの導電率を増大させると共に、インクのコストを削減することを可能にし得る。

40

【0286】

一部実施形態では、銀インクに用いられる珪藻被殻の部分（例えば、破損した珪藻被殻）は、無傷の珪藻粒子から精製及び分離され得て、また、珪藻被殻の部分の一つ以上の表面が、例えば本願で説明される方法に従って、銀で無電解コーティングされ得る。

【0287】

珪藻表面は、銀でコーティングされた場合であっても、規則的なパターンの孔又は開口で孔が開いたものであり得る（例えば直径略300nmの孔を含む）。開口は、UV波長

50

が銀でコーティングされた珪藻粒子を介して散乱することを可能にするのに十分大きなものであり得る。銀でコーティングされた破損珪藻は、高アスペクト比の穿孔フレーク状の破片を備え得る。図5Fは、Agナノ構造（例えば、銀ナノ構造64）でコーティングされた珪藻被殻の破損片（例えば、珪藻被殻フレーク60A）のSEM像を示す。

【0288】

一部実施形態では、導電性粒子が高アスペクト比を有し、つまりは大きな表面積を有する場合であっても、銀でコーティングされ孔が開いた珪藻フレークを、中程度の厚さのインク（例えば、略5 μ mから略15 μ mまでの厚さを有する銀インク）で用いる際に硬化可能な紫外線銀インクを製造するのに用いることができる。被殻フレークの大きな表面積は、フレーク内電気接点の数を増やすことによって、優れたフレーク内導電性を生じさせて、所望のシート導電率を達成するのに必要な程度の銀のみを実質的に用い、その残余の容量は安価な珪藻充填材及び紫外線バインダー樹脂が占めるという高導電性インクをもたらす。

10

【0289】

銀ナノ構造は、被殻の実質的に全表面（被殻穿孔の内側表面を含む）を覆い得るが、穿孔を塞がない（例えば、穿孔及び被殻表面の一つ以上の表面が銀ナノ構造及び／又は銀シード層でメッキされ得る）。Agでコーティングされた珪藻フレークの穿孔は、紫外線が珪藻フレークを通過するようにして、適用された銀インクフィルムの深部までの硬化を促進する一方で、電流が穿孔を通してフレークの一方の側から他方の側に直接伝わることを可能にし得る。フレークを介する導電経路の長さの削減は、銀インク製の硬化フィルムの

20

【0290】

例示的な紫外線誘起重合性インクの処方は、以下に挙げる成分を含む。一部実施形態では、珪藻被殻フレークを有する銀インクを、以下に挙げる成分を組み合わせることによって製造することができ、例えば、一つ以上の表面上に形成された銀ナノ構造を有する複数の被殻部分（例えば、被殻フレーク）を以下に挙げる一つ以上の他の銀インク成分と組み合わせる。銀フィルムは、銀インクを紫外線源で硬化させることによって製造され得る。

【0291】

1) 被殻、多様な種類のうちいずれか、略10nmから略500nmまでの間の厚さのAgコーティングでメッキされたもの（例えば、その上にナノ構造が形成されたもの）。Agコーティングの厚さは、珪藻穿孔の細孔サイズに依存し得る。組成中の割合は略50重量%から略80重量%までの間であり得る。その断片を用いることができる珪藻種の例は、アウラコセイラsp. 1である。

30

【0292】

2) 銀に対して良好な親和性を有する極性ビニルモノマー、例えば、n-ビニル-ピロリドンや、n-ビニルカプロラクタム。

【0293】

3) レオロジー改質剤として優れた伸長特性を有し、硬化フィルムの柔軟性を改善するアクリレートオリゴマー。

【0294】

4) 架橋を増やすことで丈夫で溶媒に耐性がある硬化フィルムを生成するための架橋剤としての一種以上の二官能性又は三官能性アクリレートモノマー又はオリゴマー。こうした物質は、表面硬化を改善し得る光開始共力剤（synergist）として機能するように選択され得る。例として、エトキシ化又はプロポキシ化ヘキサジオール、例えば、サートマー（Sartomer）CD560（登録商標）、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート（例えば、SR454（登録商標）との型番でサートマーから入手可能）、シアヌル酸トリアリル（例えば、SR507A（登録商標）との型番でサートマーから入手可能）が挙げられる。アクリル酸アミン共力剤も一つの選択肢であり、例として、サートマーCN371（登録商標）や、サートマーCN373（登録商標）が挙げられる。

40

50

【0295】

5) バブリングを減らしウェットインクの質を改善するためのアクリレート系のフロー及びレベル剤（例えば、適切なフロー及びレベル剤として、Modaflow 2100（登録商標）、Modaflow 9200（登録商標）が挙げられる）。ウェットインクの質の改善は、硬化した銀インクフィルムの質を改善し得る。

【0296】

6) 色素担持インク系に適した一種以上の光開始剤。一部実施形態では、少なくとも一種の光開始剤は、銀メッキ珪藻フレークの平均細孔サイズ近く又は以下の波長に感度を有し、紫外線光子が細孔を通過して、フレークの下で重合を開始し、及び／又は、他の銀メッキ珪藻フレーク中で穿孔を介して散乱して、未硬化のフィルムの更に深くに入り込んで、そこで重合を開始する。光開始剤の例として、Ciba Irgacure 907（登録商標）、イソプロピルチオキサントン（ITX, isopropyl thioxo thanone、英国 Lambson から、Speedcure ITX（登録商標）との商品名で入手可能である）。

10

【0297】

7) 任意の接着促進アクリレート（例えば、2-カルボキシエチルアクリレート）。

【0298】

8) 表面張力を低下させてフレークの湿潤性を改善するための任意の湿潤剤（例えば、デュボンの Capstone FS-30（登録商標）、デュボンの Capstone FS-31（登録商標））。

20

【0299】

9) 銀金属の存在によって引き起こされる早期重合を抑制するための任意の紫外性安定剤（例えば、ヒドロキノン、メチルエチルヒドロキノン（MEHQ, methyl ethyl hydroquinone））

【0300】

10) 粘度を低下させて、銀インク組成物を高速コーティングプロセス（フレキシソ印刷、グラビア印刷、及び／又はこれらの組み合わせ等のプロセス）で使用することを促進する任意の低沸点溶媒。

【0301】

一部実施形態では、珪藻被殻部分を備える銀インクは熱硬化可能である。一部実施形態では、銀インクを熱源に晒すことができる。例えば、銀インクを加熱して、銀インクのポリマー成分同士の間での重合反応を促進し得る。一部実施形態では、銀インクの熱硬化は、溶媒成分の除去を促進し得る。例えば、銀インクを熱源に晒して、銀インクの温度を銀インク溶媒成分の沸点以上に上げて、溶媒成分の除去を促進し得る。

30

【0302】

[珪藻被殻の表面上に酸化亜鉛（ZnO）ナノ構造を形成する例示的なプロセス]

一般的に、コロイド状 ZnO のスプレー又はスピンコーティングを用いて、又は、亜鉛塩溶液の熱分解で、基板上に ZnO シードを堆積させることができる。例えば、酢酸亜鉛前駆体の熱分解が、垂直に良好に整列した ZnO ナノワイヤを与えることができる。

【0303】

シードからの ZnO ナノ構造の成長は、塩基性溶液中での Zn 塩の加水分解によって実現可能である。このプロセスは、室温又はより高温で行われ得る。マイクロ波加熱はナノ構造の成長を大幅に加速させることができる。成長パラメータに応じて、多様なナノ構造が観測された（例えば、ナノ構造の形態は、シード層状にナノ構造を形成している間の一つ以上の成長条件（例えば、成長温度、加熱のパターン、ナノ構造成長中の化学添加剤の含有、及び／又はこれらの組み合わせ）に依存し得る）。例えば、化学添加剤を用いて、所望の形態のナノ構造を得ることができる。また、ZnO ナノ構造は、その半導体特性を制御するようにドーピング可能でもある。

40

【0304】

[珪藻被殻の表面上に ZnO シードを成長させるための例示的なプロセス]

50

1. ZnOのシードの構築は、エタノール中の0.1gの精製珪藻と10mLの0.05M酢酸亜鉛($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) (例えば、亜鉛寄与成分)との混合物を乾燥するまで略200℃ (例えば、略175℃から略225℃までを含む)に加熱することによって行われ得る。ZnOでシーディングされた被殻表面の100k倍の倍率でのSEM像が図5G及び図5Hに示されている。図5G及び図5Hは、被殻70の表面上に形成されたZnOを備えるシード72のSEM像を示す。図5Gは、酸化亜鉛を備えるシード72を有する被殻表面の100k倍の倍率のSEM像を示す。図5H、酸化亜鉛を備えるシード72を有する被殻表面の100k倍の倍率でのSEM像を示す。

【0305】

一部実施形態では、被殻表面をZnOでシーディングするプロセスは、以下の組成を有する混合物を形成することを備える：2重量%から略5重量%までの被殻、略0.1重量%から略0.5重量%までの亜鉛塩 (例えば、 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$)、及び、略94.5重量%から略97.9重量%までのアルコール (例えば、エタノール)。一部実施形態では、被殻表面上にZnOシードを形成することは、混合物を加熱することを備える。混合物を所望の温度に所定の期間にわたって加熱して、被殻の表面上にZnOシードを形成すること及び混合物から液体を除去することを促進し得る。加熱は、混合物を所望の温度に所望の期間にわたって加熱することができるあらゆる数の加熱装置 (ホットプレート等)を用いて行われ得る。一部実施形態では、混合物を略80℃を超える温度に加熱して、被殻表面上へのZnOシードの形成を促進し、また、ZnOでシーティングされた被殻を乾燥させることができる。一部実施形態では、加熱した混合物を真空オーブン中で更に加熱して、液体を更に除去することを促進し得る。例えば、混合物を真空オーブン中で略1ミリバール (mbar)の圧力で略50℃から略100℃までの或る温度で加熱し得る。

【0306】

一部実施形態では、乾燥させた被殻はアニーリングプロセスを受け得る。一部実施形態では、アニーリングプロセスは、ZnOの所望の形成を促進するように構成され、例えば、亜鉛塩を分解してZnOを形成することを促進する。一部実施形態では、アニーリングプロセスの条件は、被殻の更なる乾燥を達成するように構成され得て、例えば、残留している液体を被殻から蒸発させる。一部実施形態では、アニーリングプロセスは、乾燥させた被殻を不活性雰囲気において、略200℃から略500℃までの或る温度で加熱することを備え得る。一部実施形態では、アニーリングプロセスは、アルゴンガス (Ar) 及び/又は窒素ガス (N_2)を含む雰囲気での過熱を含み得る。

【0307】

[珪藻被殻のZnOでシーティングされた表面上にZnOナノ構造を成長させるための例示的なプロセス]

2. 本願で説明されるように、被殻表面上に形成されたZnOシード上に、ZnOナノ構造を成長させることができる。一部実施形態では、ZnOナノ構造の成長は、水中において、0.1gのシーティングされた被殻と、10mLの0.025M ZnNO_3 (例えば、亜鉛寄与成分) 及び0.025M ヘキサメチレンテトラアミン溶液 (例えば、塩基性溶液)との混合物中において行われ得る。その混合物を略90℃ (例えば、略80℃から略100℃までを含む)に略二時間 (例えば、略一時間から略三時間までを含む)にわたって攪拌プレート上で加熱し得て、又は、略10分の持続期間 (例えば、略5分から略30分までの持続期間を含む)にわたる周期的な加熱ルーチン (例えば、マイクロ波加熱)を用い得て、この場合、サンプルは、略2分 (例えば、略30秒から略5分まで、略1分から略5分まで、略5分から略20分までを含む)にわたって略500ワット (例えば、略480ワットから略520ワットまでを含む)のパワーで加熱され、次いで、略1分 (例えば、略30秒から略5分までを含む)にわたって加熱をオフにして、その後、500ワットでの加熱を繰り返す。上記プロセスを用いた結果としての被殻70の内側及び外側表面上のナノワイヤ74が図5I及び図5Jに示されている。図5Iは、珪藻被殻70の内側表面及び外側表面の両方の上に形成されたZnOナノワイヤ74の50k倍の倍

率のSEM像を示す。一部実施形態では、ZnOナノワイヤ74は、珪藻被殻70の内部の表面の一部の上に形成され得る。例えば、ZnOナノワイヤ74は、珪藻被殻70の内部の全て又は実質的に全ての表面上に形成され得る。ZnOナノワイヤ74は、珪藻被殻70の内部及び外部の表面の全て又は実質的に全ての上に形成され得る。本願の図面は、珪藻被殻上にナノ構造（例えば、ZnOナノワイヤ）を成長させること（珪藻被殻の内部にナノ構造（例えば、ZnOナノワイヤ）を成長させることを含む）が可能であることを立証している。珪藻被殻の全て又は実質的に全ての面をZnOナノワイヤでコーティングすることは、例えば、基板の外側の上のみに形成されたZnOナノ構造を備える物質（例えば、インクやそれから印刷された層）と比較して、ZnOナノ構造でコーティングされた珪藻被殻を備える物質（例えば、インクやそれで印刷された層）の導電率を増大させ得る。図5Jは、珪藻被殻70の表面上に形成されたZnOナノワイヤ74の25k倍の倍率のSEM像を示す。図5M及び図5Nは、一つ以上の表面上にZnOナノワイヤ74を有する珪藻被殻70の更なるSEM像である。図5Mは、10k倍の倍率の珪藻被殻70のSEM像である。図5Nは、100k倍の倍率の珪藻被殻70のSEM像である。多面体で多角形断面でロッド状の構造のZnOナノワイヤ74が被殻70の表面に付着している様子を図5Nに明確に見て取れる。100ワットのマイクロ波での加熱（例えば、略80ワットから略120ワット、略2分間オンにして、次いで略1分間オフにして、略10分の総持続期間にわたって繰り返す）を行うと、被殻70の表面上にナノプレート76を形成することができる（例えば、図5Kに示されるように）。

10

【0308】

20

一部実施形態では、ZnOでシーディングされた被殻の一つ以上の表面上にZnOナノ構造を形成するためのプロセスは、以下の組成を有する混合物を形成することを備える：略1重量%から略5重量%までのシーディングされた被殻、略6重量%から略10重量%までの亜鉛塩（例えば、 $Zn(NO_3)_2$ ）、略1重量%から略2重量%までの塩基（例えば、水酸化アンモニウム（ NH_4OH ））、略1重量%から略5重量%までの添加剤（例えば、ヘキサメチレンテトラアミン（HMTA, hexamethylenetetramine））、及び、略79重量%から略91重量%までの精製水。一部実施形態では、ZnOナノ構造を形成することは、混合物を加熱することを備える。マイクロ波を用いて混合物を加熱し得る。例えば、混合物をマイクロ波デバイス中で、略100℃から略250℃までの或る温度に略30分（min）から略60分までにわたって加熱し得る（例えば、略10mLから略30mLまで等の混合物の小規模合成用のMonowave 300中で、又は、略1リットル（L）の混合物等の大規模合成用のMasterwave BTR中で、これらはどちらもアントンパール（登録商標）社から市販されている）。一部実施形態では、混合物をマイクロ波で加熱しながら攪拌し得る。例えば、混合物を加熱中に磁気攪拌器を用いて略200RPM（毎分回転数）から略1000RPMで攪拌し得る。マイクロ波加熱の使用は加熱期間の削減を有利に促進して、より効率的な製造プロセスを提供し得る。

30

【0309】

一部実施形態では、その上にZnOナノ構造が形成された被殻は、略5重量%から略95重量%まで（略10重量%から略95重量%まで、略20重量%から略95重量%まで、略30重量%から略95重量%まで、略40重量%から略95重量%まで、略50重量%から略95重量%までを含む）のZnOを備え、残余の質量部が被殻となる。一部実施形態では、その上にZnOナノ構造が形成された被殻は、略5重量%から略95重量%までの被殻を備え、残余の質量部がZnOとなる。一部実施形態では、その上にZnOナノ構造が形成された被殻は略40重量%から略50重量%までの被殻を備え、残余の質量部がZnOとなる。一部実施形態では、その上にZnOナノ構造が形成された被殻は略50重量%から略60重量%までの被殻を備え、残余の質量部がZnOとなる。ZnOの質量対被殻の質量は、略1：20から略20：1まで（略1：15から略20：1まで、略1：10から略20：1まで、略1：1から略20：1まで、略2：1から略10：1まで、略2：1から略9：1までを含む）となり得る。ZnOナノ構造は、コーティング前の

40

50

被殻の質量よりも大きな質量を有することが好ましい。一部実施形態では、ZnOナノ構造の質量対被殻の質量は、略1:1、略10:1又は略20:1よりも大きくなり得る。このような特定の実施形態では、上限は、例えば、被殻の細孔の開放性に基づき得る（例えば、ZnOナノ構造が細孔を完全に塞いでいないこと）。

【0310】

一部実施形態では、ZnOの質量対被殻の質量は略1:20から略100:1まで（略1:1から略100:1まで、略10:1から略100:1まで、略20:1から略100:1まで、略40:1から略100:1まで、略60:1から略100:1まで、略80:1から略100:1までを含む）となり得る。一部実施形態では、ZnOナノ構造の質量対被殻の質量は、略30:1、略40:1、略50:1、略60:1、略70:1、略80:1、又は略90:1よりも大きくなり得る。一部実施形態では、ZnOの質量対被殻の質量は所望のデバイス性能を与えるように選択可能である。

【0311】

一部実施形態では、被殻の細孔はナノ構造で塞がれ得る。例えば、被殻の細孔内の表面を含む被殻の表面上にZnOナノ構造が形成されて、ZnOナノ構造が、被殻の細孔の一部又は全部を塞ぎ得て又は実質的に塞ぎ得る。

【0312】

ZnOナノ構造の質量は、コーティング前後の被殻の重さを測り、その差がZnOナノ構造の質量であるとして決定され得る。一部実施形態では、ZnOナノ構造を形成するための混合物の組成は、ZnOで覆われた被殻が所望の重量%のZnOを備えるようにして形成され得る。一部実施形態では、被殻表面上のZnOの重量%は、対向エネルギー貯蔵デバイス電極上の電極活物質の所望の質量に基づいて選択可能である。例えば、ZnOナノ構造を形成するための混合物の組成は、対向エネルギー貯蔵電極のマンガンの酸化物の質量（MnO、Mn₂O₃、Mn₃O₄、MnOOHのうち一種以上の質量等）に基づいて選択可能である。例えば、化学量論計算に基づいて、エネルギー貯蔵デバイス電極中のMn₂O₃の質量は、対向電極中のZnOの質量の少なくとも2.5倍となり得る。

【0313】

図5Oを参照すると、その上にZnOナノ構造が形成された複数の被殻70の500倍の倍率のSEM像が示されている。ZnOナノ構造で覆われた被殻70は、まず、略2重量%から略5重量%までの被殻、略0.1重量%から略0.5重量%までのZn(CH₃COO)₂、及び略94.5重量%から略97.9重量%までのエタノールから本質的に成る混合物を用いて、ZnOでシーティングされた。ZnOでシーティングされた被殻を形成するための混合物を、ZnOでシーティングされた被殻を形成し、ZnOでシーティングされた被殻の所望の乾燥を達成するような持続期間にわたって略80℃を超える温度に加熱した。次いで、略1重量%から略5重量%までのZnOでシーティングされた被殻、略6重量%から略10重量%までのZn(NO₃)₂、略1重量%から略2重量%までの水酸化アンモニウム（NH₄OH）、略1重量%から略5重量%までのヘキサメチレンテトラミン（HMTA）、及び略78重量%から略91重量%までの精製水から本質的に成る混合物を用いて、ZnOでシーティングされた被殻上にZnOナノ構造を形成した。マイクロ波を用いて、略30分（min）から略60分までにわたって略100℃の温度に混合物を加熱して、ZnOナノ構造の形成及び被殻の乾燥を促進した。図5Oに示されるように、その上にZnOナノ構造が形成された複数の被殻70は、予期せずに全く又は実質的に凝集していなかった。各被殻はZnOナノ構造で個別に覆われ又は実質的に覆われていた。図5Oに示されるその上にZnOナノ構造が形成された被殻70の各々は、略50重量%から略60重量%までのZnOを含んでいた。図5Pは、その上にZnOナノ構造が形成された被殻70の5k倍の倍率のSEM像を示す。図5Pの被殻70上のZnOナノ構造は、図5Oを参照して説明したプロセスを用いて形成された。図5Pに示されるように、被殻70はZnOナノフレーク78によって覆われている。図5Pに示されるように、その上にZnOナノフレーク78が形成された被殻70は多孔質である。例えば、ZnOナノフレーク78は被殻70の細孔を塞いでおらず、その上にZnOナノフレ

ーク78が形成された被殻70を備える電極を介する電解質の輸送を有利に促進する。

【0314】

ZnOシーディング及びナノ構造成長に使用可能な適切なZn塩の例として、酢酸亜鉛水和物、硝酸亜鉛六水和物、塩化亜鉛、硫化亜鉛、亜鉛酸ナトリウム、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0315】

ZnOナノ構造成長に適した塩基の例として、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、水酸化テトラメチルアンモニウム、水酸化リチウム、ヘキサメチレンテトラアミン、アンモニア溶液、炭酸ナトリウム、エチレンジアミン、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

10

【0316】

ZnOナノ構造の形成に適した溶媒の例として、一種以上のアルコールが挙げられる。Agナノ構造成長に適しているものとして本願で説明されている溶媒は、ZnOナノ構造形成にも適したものとなり得る。

【0317】

ナノ構造形態制御に使用可能な添加物の例として、トリブチルアミン、トリエチルアミン、トリエタノールアミン、ジイソプロピルアミン、リン酸アンモニウム、1,6-ヘキサジアノール、トリエチルジエタノール、イソプロピルアミン、シクロヘキシルアミン、n-ブチルアミン、塩化アンモニウム、ヘキサメチレンテトラアミン、エチレングリコール、エタノアミン、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ドデシル硫酸ナトリウム、セチルトリメチルアンモニウムブロミド、カルバミド、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

20

【0318】

[珪藻被殻の表面上にカーボンナノチューブを形成する例示的なプロセス]

化学気相堆積法(CVD法)及びそのバリエーションによって、カーボンナノチューブ(例えば、多層及び／又は単層)を珪藻表面(例えば、内側及び／又は外側)上に成長させることができる。この方法では、被殻をまず触媒シードでコーティングし、次いでガス混合物を導入する。ガスのうち一つは還元ガスであり得て、他のガスは炭素源であり得る。一部実施形態では、ガスの混合物を用い得る。一部実施形態では、濃度制御のために中性ガスを含み得る(例えば、アルゴン)。アルゴンは、液体炭素質物質(例えば、エタノール)を運ぶためにも使用され得る。カーボンナノチューブを形成するためのシードを、スプレーコーティング等の方法によって金属として堆積させること、及び／又は、液体、気体及び／又は固体から導入して、高温での熱分解によって後で還元することができる。炭素質ガスの還元は、例えば、略600℃から略1100℃までの範囲内の高温で生じ得る。

30

【0319】

シードコーティングプロセス及びガス反応はどちらも、そのナノ多孔率に起因して被殻表面上に実現され得る。多様な基板(シリコン、アルミナ、酸化マグネシウム、石英、グラファイト、炭化シリコン、ゼオライト、金属、シリカ等)の上にカーボンナノチューブ「フォレスト」を成長させるための方法が開発されている。

40

【0320】

触媒シードの成長に適した金属化合物の例として、ニッケル、鉄、コバルト、コバルトモリブデン二金属粒子、銅(Cu)、金(Au)、Ag、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、マグネシウム(Mg)、クロム(Cr)、アンチモン(Sb)、アルミニウム鉄モリブデン(Al/Fe/Mo)、ペンタカルボニル鉄($\text{Fe}(\text{CO})_5$)、硝酸鉄(III)六水和物($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、 $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、モリブデン酸アンモニウム四水和物($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、 MoO_2Cl_2 、アルミナナノ粉末、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0321】

50

適切な還元ガスの例として、アンモニア、窒素、水素、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0322】

炭素源として機能し得る適切なガス（例えば、炭素質ガス）の例として、アセチレン、エチレン、エタノール、メタン、酸化炭素、ベンゼン、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0323】

〔珪藻被殻の表面上にマンガン含有ナノ構造を形成する例示的なプロセス〕

一部実施形態では、マンガン含有ナノ構造を被殻の一つ以上の表面上に形成することができる。一部実施形態では、マンガンの酸化物を被殻の一つ以上の表面上に形成することができる。一部実施形態では、化学式 Mn_xO_y （ここで、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）のマンガンの酸化物を備えるナノ構造を被殻の一つ以上の表面上に形成することができる。例えば、二酸化マンガン（ MnO_2 ）、酸化マンガン（ II ）（ Mn_3O_4 ）、酸化マンガン（ II ）（ MnO ）、及び／又は酸化マンガン（ II ）（ Mn_2O_3 ）を備えるナノ構造を被殻の一つ以上の表面上に形成することができる。一部実施形態では、オキシ水酸化マンガン（ $MnOOH$ ）を備えるナノ構造を被殻の一つ以上の表面上に形成することができる。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスの膜が、マンガン含有ナノ構造を有する被殻を含むことができる。一部実施形態では、印刷エネルギー貯蔵デバイス（例えば、電池、キャパシタ、スーパーキャパシタ、及び／又は燃料電池）が、マンガン含有ナノ構造を備える複数の被殻を有する一つ以上の電極を含むことができる。一部実施形態では、フィルムを印刷するためのインクが、マンガン含有ナノ構造を備える被殻が分散している溶液を備えることができる。

【0324】

一部実施形態では、電池の一つ以上の電極が、一つ以上の表面上にマンガン含有ナノ構造を備える被殻を含むことができる（例えば、亜鉛マンガン電池の電極）。充電した電池は、二酸化マンガン（ MnO_2 ）を備えるナノ構造を備える被殻を含む第一電極と、亜鉛を備える第二電極（例えば、亜鉛コーティングを備える被殻）とを含むことができる。一部実施形態では、第二電極は他の物質を備えることができる。放電した電池は、酸化マンガン（ II ）（ Mn_3O_4 ）、酸化マンガン（ II ）（ MnO ）、酸化マンガン（ II ）（ Mn_2O_3 ）及び／又はオキシ水酸化マンガン（ $MnOOH$ ）を備えるナノ構造を備える被殻を含む第一電極と、酸化亜鉛（ ZnO ）を含む第二電極（例えば、酸化亜鉛を備えるナノ構造を備える被殻）とを含むことができる。一部実施形態では、放電した電池の第二電極は他の物質を備えることができる。一部実施形態では、充電した電池は、酸化マンガン（ II ）（ Mn_3O_4 ）、酸化マンガン（ II ）（ MnO ）、酸化マンガン（ II ）（ Mn_2O_3 ）及び／又はオキシ水酸化マンガン（ $MnOOH$ ）がその上に形成された被殻を備える第一電極と、その上に ZnO 構造が形成された第二対向電極とを含むことができる。一部実施形態では、電池は再充電可能な電池であり得る。

【0325】

珪藻被殻部分上にマンガン含有ナノ構造を形成する方法は、酸化型酢酸マンガン溶液に被殻を加えることと、被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を加熱することとを含むことができる。被殻の一つ以上の表面上に Mn_3O_4 を形成するためのプロセスの一例を与える。例えば、純水（例えば、マサチューセッツ州ビルリカのEMD Millipore社から市販されている純水）を、酸素ガス（ O_2 ）で略10分（min）から略60分までの持続期間にわたってバブリングして（例えば、 O_2 パージ）、過酸化水を形成することができる。次いで、酢酸マンガン（ II ）（ $Mn(CH_3COO)_2$ ）を略0.05モル／リットル（M）から略1.2Mの濃度で酸化水中に溶解させて、酸化型酢酸マンガン溶液を形成することができる。

【0326】

酸化型酢酸マンガン溶液に被殻を加えることができる。酸化型酢酸マンガン溶液に加えられた被殻は、被殻表面上にナノ構造及び／又はコーティングが予め形成されていないも

のであり得る。一部実施形態では、酸化型酢酸マンガ溶液に加えられた被殻は、被殻表面上に一つ以上のナノ構造及び／又はコーティングを有し得る。一部実施形態では、酸化型酢酸マンガ溶液に加えられた被殻は、被殻表面の少なくとも一部の上に一つ以上のナノ構造及び／又はコーティングを有し得る。例えば、被殻は、被殻表面部分上に炭素含有ナノ構造を有し得て、本願で説明される一つ以上のプロセスに従って形成されたマンガ含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造中に分散するようにし得る。一部実施形態では、炭素含有ナノ構造は、還元型酸化グラフェン、カーボンナノチューブ（例えば、単層及び／又は多層）、及び／又はカーボンナノオニオンを含み得る。本願で説明される一つ以上のプロセス又は他のプロセスに従って、炭素含有ナノ構造を被殻表面上に形成し得る。

【0327】

一部実施形態では、酸化型酢酸マンガ溶液に被殻を加えて、溶液が略0.01重量%から略1重量%の被殻を備えるようにし得る。一部実施形態では、他の Mn^{2+} 塩が適したものとなり得る。一部実施形態では、他の酸化剤（例えば、過酸化剤）が適切なものとなり得る。

【0328】

一部実施形態では、マンガ含有ナノ構造の成長は、熱的手法及び／又はマイクロ波手法を用いて行われ得る。一部実施形態では、ナノ構造の所望の成長は、熱的方法を用いた場合により長い持続時間を含み得る。例えば、熱的手法は、ナノ構造成長プロセスにおける熱での加熱を含み得る。ナノ構造を成長させる熱的方法の例として、酸化型酢酸マンガ溶液中で被殻を略15時間から略40時間までの持続期間（例えば、24時間）にわたって混合しながら（例えば、任意の数の適切な手法を用いて攪拌する）、その混合物を略50セルシウス度（℃）から略90℃までの或る温度に（例えば、略60℃に）維持する。一部実施形態では、混合物の温度は、混合物を熱で加熱することによって、維持され得る。

【0329】

一部実施形態では、ナノ構造を成長させるマイクロ波方法が、より短期のナノ構造成長プロセスを促進し、及び／又は、拡張可能なナノ構造成長プロセスを促進し得る。例えば、ナノ構造成長のマイクロ波方法は、ナノ構造成長プロセスにおいてマイクロ波加熱を用いることを含み得る。マイクロ波手法を用いるナノ構造成長プロセスの一例は、酸化型酢酸マンガ溶液に被殻を加えること、混合物を略50℃から略150℃までの或る温度で略10分（min）から略120分までにわたって維持することを含み得る。混合物を、その温度に維持しながら攪拌し得る。

【0330】

一部実施形態では、（例えば洗浄及び乾燥後に）赤茶色を有するマンガ含有構造が、本願で説明される一つ以上のプロセスを用いて、被殻の一つ以上の表面上に形成され得る。一部実施形態では、酸化マンガ構造は四面体形状を有し得る。赤茶色は、酸化マンガ（II, III）（ Mn_3O_4 ）の存在を示すものであり得る。一部実施形態では、四面体のナノ結晶の形成が、酸化マンガ（II, III）（ Mn_3O_4 ）の存在を示すものであり得る。

【0331】

図5Qは、その表面上に酸化マンガ（II, III）（ Mn_3O_4 ）を備えるナノ構造82を有する被殻80の一例の20k倍の倍率での走査型電子顕微鏡（SEM）像であり、そのナノ構造82は、ナノ構造成長のマイクロ波方法を用いて形成されている。図5Rは、図5Qに示される被殻80の50k倍の倍率のSEM像である。図5Q及び図5Rに示される酸化マンガ（II, III）（ Mn_3O_4 ）を備えるナノ構造82は、略30分の持続期間にわたって純水を通して酸素ガス（ O_2 ）をバブリングすることによって調製され略0.15Mの酢酸マンガ濃度を有する酸化型溶液を用いて、形成可能である。例えば、市販級の酸素ガス（例えば、95%よりも高い純度、例えば、略97%以上の純度、略99%以上の純度等）が使用可能である。例えば、97%以上の純度を有する酸素ガスを、略30分の持続期間にわたって室温で（例えば略25℃で）、ガラスフリット

10

20

30

40

50

を通して、略 15 mL の純水を含むバイアル（例えば、略 20 ミリリットル（mL）の容積のバイアル）にバブリングし得る。重さ 0.55 グラム（g）の酢酸マンガン四水和物（例えば、シグマアルドリッチ社から市販されている）を過酸化純水中に溶解させ得る。重量 0.005 グラム（g）の被殻を酸化型マンガン含有溶液に加え得る。次いで、被殻が追加された混合物を含む溶液をマイクロ波加熱器（例えば、アントンパール社製の Monowave 300 マイクロ波加熱器）に入れて、合成を所望の温度で所望の期間にわたって行い得る。溶液及び被殻を備える混合物を略 30 分にわたって略 60 °C の温度に維持し、例えば連続的に攪拌し得る（例えば、磁気攪拌棒を用いて、例えば略 600 rpm の回転速度で）。一部実施形態では、次いで、その混合物を水で希釈し、遠心分離し（例えば、略 5000 rpm で略 5 分にわたって）、その上澄みを廃棄できるようにし得る。一部実施形態では、沈殿物を水で再び希釈して、次いで分散させ（振盪及び／又はボルテックス）、再び遠心分離して、その上澄みを廃棄できるようにし得る。次いで、堆積物を真空オーブン中で略 70 °C から略 80 °C までで乾燥させる。

10

【0332】

図 5 R を参照すると、ナノ構造 82 は四面体形状を有し得る。驚くべきことに、酸化マンガン（II, III）（ Mn_3O_4 ）が、被殻から離れて溶液中で成長するのではなく、被殻の表面上に成長することが観測された。

【0333】

図 5 S は、図 5 Q 及び図 5 R に示される被殻の表面上に形成されたナノ構造 82 の透過型電子顕微鏡（TEM, transmission electron microscope）像である。ナノ構造 82 の一つ以上の個々の原子が見て取れ、サイズ比較用に目盛りが与えられている。図 5 T は、酸化マンガン（II, III）（ Mn_3O_4 ）粒子の電子線回折像を示す。

20

【0334】

一部実施形態では、被殻表面上に形成されたナノ構造の形状及び／又は寸法は、ナノ構造形成プロセスのパラメータに依存し得る。例えば、ナノ構造の形態は、溶液濃度及び／又は溶液の酸化レベルに依存し得る。図 5 U は、その表面上にマンガン含有ナノ構造 92 が形成された被殻 90 の 10 k 倍の倍率の SEM 像であり、そのマンガン含有ナノ構造 92 は、図 5 Q 及び図 5 R に示されるナノ構造 82 の形状に用いられるプロセスと比較して、高酸素濃度（例えば、略 40 分の持続期間にわたる水の酸素バージ）及び高マンガン濃度（例えば、略 1 M の酢酸マンガン濃度）の溶液を用いて形成されたものである。例えば、以下の相違点を除いては、ナノ構造 82 の形成に関して説明したようなプロセスに従って、ナノ構造 92 を被殻 90 上に形成し得る：純水の酸素ガスバブリングを略 40 分の持続期間にわたって行い、略 0.9 グラム（g）の酢酸マンガンを含む過酸化純水に加え、略 0.01 グラム（g）の珪藻をマンガン含有溶液に加え、珪藻及びマンガン含有溶液を備える混合物を略 150 °C の温度でマイクロ波処理し得る。

30

【0335】

図 5 U に示されるように、ナノ構造 92 は、細長の繊維形状を有し得る。一部実施形態では、ナノ構造 92 は、薄い細長の形状（薄いウィスカー状構造）を有し得る。一部実施形態では、繊維状構造の形成は、オキシ水酸化マンガン（ $MnOOH$ ）の存在を示すものであり得る。

40

【0336】

一部実施形態では、被殻の一つ以上の表面上に化学式 Mn_xO_y （ここで、 x は略 1 から略 3 まで、 y は略 1 から略 4 まで）を有するマンガンの一種以上の酸化物を備えるナノ構造を形成することは、過酸化水中で被殻をマンガン源（マンガン塩等、例えば、酢酸マンガン（ $Mn(CH_3COO)_2$ ））及び塩基（例えば、水酸化アンモニウム（ NH_4OH ））と組み合わせることを含み得る。一部実施形態では、被殻の一つ以上の表面上に Mn_xO_y ナノ構造を形成することは、以下の組成を有する混合物を形成することを含み得る：略 0.5 重量％から略 2 重量％までの被殻、略 7 重量％から略 10 重量％までの $Mn(CH_3COO)_2$ 、略 5 重量％から略 10 重量％までの NH_4OH 、及び、略 78 重量

50

%から略87.5重量%までの過酸化純水。一部実施形態では、混合物用の過酸化純水は、略10分から略30分までにわたって純水を通して酸素をバブリングすることによって調製され得る。マイクロ波を用いて、混合物を加熱して、 Mn_xO_y ナノ構造の形成を促進し得る（例えば、例えば、略10mLから略30mLまで等の混合物の小規模合成用のMonowave 300中で、又は、略1リットル（L）の混合物等の大規模合成用のMasterwave BTR中で、これらはどちらもアントンパール（登録商標）社から市販されている）。例えば、マイクロ波を用いて、混合物を略100℃から略250℃までの或る温度に略30分から略60分にわたって加熱し得る。一部実施形態では、混合物を加熱しながら攪拌し得て、例えば、磁気攪拌器によって、略200RPM（毎分回転数）から略1000RPMまでで攪拌する。

10

【0337】

一部実施形態では、マンガンの酸化物（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、ここで、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）のナノ構造がその上に形成された被殻は、略5重量%から略95重量%まで（略30重量%から略95重量%まで、略40重量%から略95重量%まで、略30重量%から略85重量%まで、略50重量%から略85重量%まで、略55重量%から略95重量%まで、略75重量%から略95重量%までを含む）のマンガンの酸化物を備え、残余の質量部が被殻となる。一部実施形態では、マンガンの酸化物（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、ここで、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）のナノ構造がその上に形成された被殻は、略5重量%から略50重量%までの被殻を備え、残余の質量部がマンガンの酸化物のナノ構造となる。一部実施形態では、マンガンの酸化物のナノ構造の質量対被殻の質量は、略1：20から略20：1まで（略1：15から略20：1まで、略1：10から略20：1まで、略1：1から略20：1まで、略5：1から略20：1まで、略1：1から略10：1まで、略2：1から略9：1までを含む）となり得る。マンガンの酸化物のナノ構造は、好ましくは、コーティング前の被殻の質量よりも大きな質量を有する。一部実施形態では、マンガンの酸化物の質量対被殻の質量の比は、略1：1、略10：1、又は略20：1よりも大きくなり得る。このような特定の実施形態では、上限は、例えば、被殻の細孔の開放性にに基づき得る（例えば、マンガンの酸化物のナノ構造が細孔を完全に塞いでいないこと）。

20

【0338】

一部実施形態では、被殻の細孔は、ナノ構造によって塞がれ得る。例えば、マンガンの酸化物のナノ構造は、被殻の細孔内部の表面を含む被殻の表面上に形成され得て、マンガンの酸化物のナノ構造が被殻の細孔の一部又は全部を塞ぎ得て又は実質的に塞ぎ得る。

30

【0339】

一部実施形態では、マンガンの酸化物のナノ構造の質量対被殻の質量は、略1：20から略100：1まで（略1：1から略100：1まで、略10：1から略100：1まで、略20：1から略100：1まで、略40：1から略100：1まで、略60：1から略100：1まで、略80：1から略100：1までを含む）。一部実施形態では、マンガンナノ構造の質量対被殻の質量は、略30：1、略40：1、略50：1、略60：1、略70：1、略80：1、又は略90：1よりも大きくなり得る。一部実施形態では、マンガンナノ構造の質量対被殻の質量は、所望のデバイス性能を与えるように選択され得る。

40

【0340】

マンガンの酸化物のナノ構造の質量は、コーティング前後の被殻の重さを測り、その差がマンガンの酸化物のナノ構造の質量であることによって決定され得る。一部実施形態では、マンガンの酸化物のナノ構造を形成するための混合物の組成は、所望の重量%のマンガンの酸化物が形成可能であるように選択され得る。一部実施形態では、被殻表面上のマンガンの酸化物の重量%は、対向エネルギー貯蔵デバイス電極上の電極活物質の所望の質量に基づいて選択され得る。例えば、マンガンの酸化物のナノ構造を形成するための混合物の組成は、対向エネルギー貯蔵デバイス電極中の ZnO の質量に基づいて選択され得る。一部実施形態では、化学量論計算に基づいて、エネルギー貯蔵デバイス電極中の

50

Mn_2O_3 の質量は、対向電極中の ZnO の質量の少なくとも2.5倍となり得る。

【0341】

図5Vは、マンガンの酸化物のナノ構造がその上に形成された被殻94の20k倍の倍率のSEM像である。ナノ構造96は多様なマンガンの酸化物の混合物を含んでいて、その酸化物は化学式 Mn_xO_y を有し、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4までである。図5Vに示されるように、被殻94は、マンガンの酸化物のナノ構造96によって厚く覆われている。図5Wは、マンガンの酸化物のナノ構造96（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、ここで、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）がその上に形成された被殻94の断面図の50k倍の倍率のSEM像である。被殻94を集束イオンビーム（FIB, focused ion beam）法を用いて切断し、その切断した被殻94の断面図が図5Wに示されている。図5Wに示されるように、マンガンの酸化物のナノ構造96は、被殻の94の内部及び外部表面に形成され得て、ナノ構造96の体積は被殻94の体積よりも大きくなり得る。図5Xは、マンガンの酸化物のナノ構造96（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、ここで、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）がその上に形成された被殻94の側壁の100k倍の倍率のSEM像である。図5Xに示されるように、被殻94の側壁は、側壁上の細孔を塞がずに、マンガンの酸化物のナノ構造96によって覆われ得る。被殻の細孔を塞がずに又は実質的に塞がずにマンガンの酸化物のナノ構造がその上に形成された被殻は、マンガンの酸化物のナノ構造によって覆われた被殻を備える電極を介する電解質の輸送を有利に促進し得る。

【0342】

図5Vから図5Xに示されるマンガンの酸化物のナノ構造96がその上に形成された被殻94は、略0.5重量%から略2重量%までの被殻、略7重量%から略10重量%までの $Mn(CH_3COO)_2$ 、略5重量%から略10重量%までの NH_4OH 、及び略78重量%から略87.5重量%までの過酸化純水から本質的に成る混合物を用いて形成された。マイクロ波を用いて、略100℃から略250℃までの或る温度に略30分から略60分にわたって混合物を加熱した。図5Vから図5Xに示されるように、被殻94は、マンガンの酸化物のナノ構造96によって厚く覆われていた。例えば、略75重量%から略95重量%までのマンガンの酸化物のナノ構造で覆われた被殻は、ナノ構造であり、残余の質量が被殻の質量であった。

【0343】

[コーティングの組み合わせ]

一部実施形態では、コーティングの組み合わせも可能である。例えば、被殻の表面がニッケルコーティング及びカーボンナノチューブコーティングを両方含み得る（例えば、そのような被殻は、エネルギー貯蔵デバイス（スーパーキャパシタ等）に使用可能である）。

【0344】

図6は、例示的な実施形態のエネルギー貯蔵デバイス100を概略的に示す。図6は、エネルギー貯蔵デバイス100の断面又は立面図であり得る。エネルギー貯蔵デバイス100は第一電極140と第二電極150とを含み、例えばそれぞれカソードとアノードであり、又はそのような関係はない。第一電極140と第二電極150とはセパレータ130によって離隔される。エネルギー貯蔵デバイス100は任意で、一つ以上の集電体110、120を含み、集電体は電極140、150の一方又は両方に電気的に接続される。

【0345】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100は、第一電極140、第二電極150、及び／又はセパレータを備え、それらはいずれも膜又は層（堆積膜又は層を含む）であり得る。

【0346】

集電体110、120は、外部配線までの電子の経路を与えるあらゆる部品を含み得る。例えば、集電体110、120は、第一電極140、第二電極150の表面に隣接して配置され、電極140と電極150との間のエネルギーの流れを電気デバイスに伝えるこ

とを可能にする。図6に示される実施形態では、第一集電体層110、第二集電体層120がそれぞれ第一電極140の表面、第二電極150の表面に隣接している。集電体110、120は、セパレータ層130に隣接する電極140、150の表面の反対側の表面に隣接している。

【0347】

一部実施形態では、集電体110、120は、導電性箔（例えば、グラファイト（グラファイトペーパー等）、グラフェン（グラフェンペーパー等）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、ステンレス鋼（SS, stainless steel）、炭素発泡体）を備える。一部実施形態では、集電体110、120は、基板上に堆積させた導電性物質を備える。例えば、集電体110、120は基板上に印刷した導電性物質を備え得る。一部実施形態では、適切な基板として、ポリエステル、ポリイミド、ポリカーボネート、セルロース（例えば、ボール紙、紙（コーティングされた紙等、例えば、プラスチックでコーティングされた紙、及び／又は繊維紙））が挙げられる。一部実施形態では、導電性物質は、銀（Ag）、銅（Cu）、炭素（C）（例えば、カーボンナノチューブ、グラフェン、及び／又はグラファイト）、アルミニウム（Al）、ニッケル（Ni）、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。集電体に適したニッケルを含む導電性物質の例は、国際出願第PCT/US2013/078059号（名称「NICKEL INKS AND OXIDATION RESISTANT AND CONDUCTIVE COATINGS」、2013年12月27日出願）（特許文献1）に与えられていて、その全体は参照として本願に組み込まれる。

【0348】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100は、被殻を備える少なくとも一つの層又は膜を含む。例えば、エネルギー貯蔵デバイス100は、被殻を含む分散体を備える層又は膜を含み得る。被殻を備える層又は膜は、例えば、第一電極140、第二電極150、セパレータ130、第一集電体層110、第二集電体層120、及び／又はこれらの組み合わせ等を含み得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100は、均一又は実質的に均一な形状、寸法（例えば、直径、長さ）、物質、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、他の適切な特徴や特質、及び／又はこれらの組み合わせ等を有する被殻を含む。エネルギー貯蔵デバイス100の複数の層が被殻を備える実施形態では、被殻は同じ若しくは実質的に同じであるか（例えば、同様の寸法を有する）、又は、異なるものであり得る（例えば、セパレータ130では絶縁性で、電極140、150では導電性）。

【0349】

エネルギー貯蔵デバイス100は、略0.5μmから略50μmまで、略1μmから略50μmまで、略1μmから略40μmまで、略1μmから略30μmまで、略1μmから略20μmまで、略1μmから略10μmまで、略5μmから略50μmまで、略5μmから略40μmまで、略5μmから略30μmまで、略5μmから略20μmまで、略5μmから略10μmまでの範囲内の長さを有する被殻を備える一つ以上の層又は膜を含み得る。一部実施形態では、円筒形状の被殻は、略50μm以下、略40μm以下、略30μm以下、略20μm以下、略15μm以下、略10μm以下、又は、略5μm以下の長さを有する。他の被殻長さも可能である。

【0350】

エネルギー貯蔵デバイス100は、略0.5μmから略50μmまで、略1μmから略50μmまで、略1μmから略40μmまで、略1μmから略30μmまで、略1μmから略20μmまで、略1μmから略10μmまで、略5μmから略50μmまで、略5μmから略40μmまで、略5μmから略30μmまで、略5μmから略20μmまで、略5μmから略10μmまでの範囲内の直径を有する被殻を備える一つ以上の層又は膜を備え得る。一部実施形態では、円筒形状の被殻は、略50μm以下、略40μm以下、略30μm以下、略20μm以下、略15μm以下、略10μm以下、略5μm以下、略2μm以下、又は略1μm以下の直径を有する。他の被殻直径も可能である。

【0351】

エネルギー貯蔵デバイス100は、均一又は実質的に均一な被殻内多孔率及び／又は被殻間多孔率を有する被殻、及び／又は、特定の範囲内の多孔率を有する被殻を備え得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100は、略10%から略50%まで、略15%から略45%まで、略20%から略40%までの範囲内の多孔率を有する被殻を含む一つ以上の層又は膜を備える。一部実施形態では、被殻表面の細孔は、略1ナノメートル(nm)から略500nmまでのサイズ(例えば、長さ、幅、直径、及び／又は最長寸法)を有し得る。例えば、被殻表面の細孔は、所望のエネルギー貯蔵デバイス性能(例えば、デバイスの所望の電気性能を促進するためのエネルギー貯蔵デバイスの電解質イオンの拡散)を促進することができるサイズを有し得る。他の被殻多孔率も可能である。

【0352】

本願で説明されるように、エネルギー貯蔵デバイス100は、被殻の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造52を備えない又は実質的に備えない被殻50、及び／又は、被殻50の特性又は特質を改質するように被殻50の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造52を備える被殻を含む一つ以上の層又は膜を含み得る。例えば、セパレータ130は、被殻50の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造52を備えない又は実質的に備えない被殻50を備え得て、一つ以上の電極140、150は、被殻の特性又は特質を改質するように被殻50の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造52を備える被殻50を備え得る。他の例としては、セパレータ130は、被殻50の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造52を備えない又は実質的に備えない被殻50をいくつかと、被殻50の特性又は特質を改質するように被殻の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造52を備える被殻50をいくつか備え得る。

【0353】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100は、不均一又は実質的に不均一な形状、寸法、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、他の適切な特質、及び／又はこれらの組み合わせを有する被殻を備える。

【0354】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100の一つ以上の層又は膜が印刷され得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス100の一つ以上の層又は膜はインクから印刷され得る。一部実施形態では、本願で説明される多様な方法(ステンシル印刷、スクリーン印刷、輪転印刷、ダイコーティング、輪転グラビア印刷、フレキソ及びパッド印刷、及び／又はこれらの組み合わせ等)を用いて、インクを印刷し得る。一部実施形態では、適用される印刷方法に基づいて、インクの粘度を調整し得る(例えば、インクに用いられる溶媒の質を調整することによって、所望の粘度が得られる)。

【0355】

一部実施形態では、導電性インクを用いて、集電体を印刷し得る。例えば、集電体は、基板上に印刷された導電性物質を備え得る。一部実施形態では、適切な基板として、ポリエステル、ポリイミド、ポリカーボネート、セルロース(例えば、ボール紙、紙(コーティングされた紙等、例えば、プラスチックでコーティングされた紙、及び／又は繊維紙))が挙げられる。一部実施形態では、導電性インクは、アルミニウム、銀、銅、ニッケル、ビスマス、導電性炭素、カーボンナノチューブ、グラフェン、グラファイト、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。導電性物質は、銀(Ag)、銅(Cu)、炭素(C)(例えば、カーボンナノチューブ、グラフェン、及び／又はグラファイト)、アルミニウム(Al)、ニッケル(Ni)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。集電体に適したニッケルを含む導電性物質の例は、国際出願第PCT/US2013/078059号(名称「NICKEL INKS AND OXIDATION RESISTANT AND CONDUCTIVE COATINGS」、2013年12月27日出願)(特許文献1)に与えられていて、その全体は参照として本願に組み込まれる。

【0356】

一部実施形態では、インクは、複数の被殻を用いて調製され得る。被殻を備えるインク

を印刷して、エネルギー貯蔵デバイスの部品、例えば、エネルギー貯蔵デバイスの電極やセパレータを形成し得る。一部実施形態では、インクは、ナノ構造がその上に形成された被殻（本願で説明される一つ以上のナノ構造を含む）を備え得る。例えば、ナノ構造で覆われた被殻を備えるインクを印刷して、エネルギー貯蔵デバイス100の電極を形成し得る。一部実施形態では、インクは、その上に形成されたナノ構造を有さない又は実質的に有さない被殻を備え得る。例えば、表面改質を有さない又は実質的に有さない被殻を備えるインクを印刷して、エネルギー貯蔵デバイス100のセパレータ130を印刷し得る。

【0357】

図7Aから図7Eは、エネルギー貯蔵デバイスの例の断面図を示す概略図である。一部実施形態では、図7Aから図7Eのエネルギー貯蔵デバイスは、印刷エネルギー貯蔵デバイスである。例えば、図7Aから図7Eのエネルギー貯蔵デバイスは、第一集電体110と、第二集電体120と、第一電極140と、第二電極150と、セパレータ130とを含み得て、これら全てが印刷されたものである。例えば、図7Aから図7Cの印刷エネルギー貯蔵デバイスの一つ以上の層を別々の基板上に印刷して、次いで、それら別々の基板を互いに組み立てて、エネルギー貯蔵デバイスを形成し得て、一方、図7D及び図7Eのエネルギー貯蔵デバイスの層は一つの基板上に印刷され得る。

【0358】

一部実施形態では、図7Aから図7Cは、部分的な印刷エネルギー貯蔵デバイスの例の断面図を示す概略図であり、一方、図7D及び図7Eは、完全な印刷エネルギー貯蔵デバイスの断面図を示す概略図であり、各製造プロセスの多様な段階におけるものである。図7Aから図7Cに示されるエネルギー貯蔵デバイスは、印刷されたもの（例えば、別の基板上に印刷）及び／又は印刷されたものではない（例えば、その上に他の層が印刷される基板として機能する）であり得る集電体110、120を含み得る。図7D及び図7Eは、印刷されたもの（例えば、各々が一つの基板上に印刷される）又は印刷されたものではない（例えば、図7Dの第一集電体110は、その上に他の層が印刷される基板として機能し、図7Eの第一集電体110及び第二集電体120は共に、その上に他の層が印刷される基板として機能する）であり得る集電体110、120を含むエネルギー貯蔵デバイスの断面図を示す。

【0359】

一部実施形態では、図7Aから図7Eの第一集電体110、第二集電体120、第一電極140、第二電極150、及び／又はセパレータ130は、本願で説明されるような一つ以上の性質を有し得て、及び／又は本願で説明されるように製造され得る。例えば、本願で説明されるような一つ以上の方法及び／又はインク組成を用いて、第一集電体110、第二集電体120、第一電極140、第二電極150、及び／又はセパレータ130を印刷し得る。例えば、電極140、150の一方が、マンガンの酸化物（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）を備えるナノ構造を含む被殻を備え得て、電極140、150の他方が亜鉛（例えば、 ZnO ）を備えるナノ構造を含む被殻を備え得て、これらの一方又は両方がインクから印刷され得る。他の例として、セパレータ130は、表面改質を有さない又は実質的に有さない被殻を備え得て、その被殻がインクから印刷され得る。本願で説明されるように、印刷されたものではない集電体は、導電性箔、例えば、アルミニウム、銅、ニッケル、ステンレス鋼、グラファイト（例えば、グラファイトペーパー）、グラフェン（例えば、グラフェンペーパー）、カーボンナノチューブ、炭素発泡体、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、導電性箔を積層し得て、また、両面のうち一方の上にポリマー層を有し得る。

【0360】

図7Aでは、エネルギー貯蔵デバイス200は、第一構造202及び第二構造204を含む。第一構造202は、第一集電体110上の第一電極140と、第一電極140上のセパレータ130とを備える。第二構造204は、第二集電体120上の第二電極150を備える。一部実施形態では、第一電極140が第一集電体110上に印刷され得る。例

えば、セパレータ130を第一電極140上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130を第一電極140上に印刷して、セパレータ130及び第一集電体110が第一電極140を封止する又は実質的に封止するようにし得る。一部実施形態では、第二電極150を第二電極120の上に、例えば第二電極120に直接接触して印刷し得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス200を製造するためのプロセスは、第一構造202及び第二構造204を互いに組み立てることを含み得る。例えば、図7Aに示されるエネルギー貯蔵デバイス200の製造は、第二構造204の第二電極205を第一構造202のセパレータ130と接触させて、セパレータ130が第一電極140と第二電極150との間になるようにすることを含み得る。

【0361】

図7Bは、第一集電体110上の第一電極140と、第一電極140上のセパレータの第一部分とを備える第一構造212を備えるエネルギー貯蔵デバイス210を示す。エネルギー貯蔵デバイス210は、第二集電体120上の第二電極150と、第二電極150上のセパレータ130の第二部分とを備える第二構造214を備え得る。一部実施形態では、第二電極は第二集電体120上に印刷され得る。例えば、第二電極150を第二集電体120上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130の第二部分を第二電極150上に印刷し得る。例えば、セパレータ130の第二部分を第二電極150上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、第一電極140を第一集電体110上に印刷し得る。例えば、第一電極140を第一集電体110の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130の第一部分を第一電極140上に印刷し得る。例えば、セパレータ130の第一部分を第一電極140の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130の第一部分と第二部分を印刷して、セパレータ130の第一部分及び第一集電体110が第一電極140を封止又は実質的に封止し、及び／又は、セパレータ130の第二部分及び第二集電体120が第二電極150を封止又は実質的に封止するようにし得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス210を製造するためのプロセスは、第一構造212及び第二構造214を互いに組み立てて、エネルギー貯蔵デバイス210を形成することを含み得る。第一構造212及び第二構造214を組み立てることは、第一電極140と第二電極150との間にセパレータ130の第一部分及び第二部分を設けることを備え得る。例えば、図7Bに示されるエネルギー貯蔵デバイス210の製造は、第二構造214のセパレータ130の第二部分を第一構造212のセパレータ130の第一部分と接触させて、セパレータ130の二つの部分が第一電極140と第二電極150との間にあるようにすることを含み得る。

【0362】

図7Cに示されるように、一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス220は、第一集電体110上の第一電極140と、第一電極140上のセパレータ130と、セパレータ130上に第二電極とを備える第一構造222を備え得る。エネルギー貯蔵デバイス220は、第二集電体120を備える第二構造224を備え得る。一部実施形態では、第一電極140を第一集電体110の上に印刷し得る。例えば、第一電極140を第一集電体110の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130を第一電極140の上に印刷し得る。例えば、セパレータ130を第一電極の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ130を第一電極140の上に印刷して、セパレータ130及び第一集電体110が第一電極を封止又は実質的に封止するようにし得る。一部実施形態では、第二電極150をセパレータ140の上に印刷し得る。例えば、第二電極150をセパレータ130の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス220の組み立ては、第一構造222及び第二構造224を結合させて、エネルギー貯蔵デバイス220を形成することを含む。一部実施形態では、第一構造222及び第二結合224の結合は、第二集電体120を第二電極150に接触させて、第二電極150が第二集電体140とセパレータ130との間にあるようにすることを含み得る。

【0363】

本願で説明されるように、図 7 D 及び図 7 E は、完全な印刷エネルギー貯蔵デバイスの概略図である。図 7 D は、印刷された集電体 110、120、電極 140、150、及びセパレータ 130 を備える垂直積層エネルギー貯蔵デバイス 230 の一例を示す。図 7 D を参照すると、一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイス 230 の第一集電体 110 を基板上に印刷し得る。一部実施形態では、第一電極 140 を第一集電体 110 の上に印刷し得る。例えば、第一電極 140 を第一集電体 110 の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ 130 を第一電極 140 の上に印刷し得る。例えば、セパレータ 130 を第一電極 140 の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、第二電極 150 をセパレータ 130 の上に印刷し得る。例えば、第二電極 150 をセパレータ 130 の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、次いで、第二集電体 120 を第二電極 150 の上に印刷し得る。例えば、第二集電体 120 を第二電極 150 の上に印刷して、第二集電体 120 及びセパレータ 130 が第二電極 150 を封止又は実質的に封止するようにし得る。一部実施形態では、セパレータ 130 を第一電極 140 上に印刷して、セパレータ 130 及び第一集電体 110 が第一電極 140 を封止又は実質的に封止するようにし得る。

【0364】

図 7 E を参照すると、横方向に間隔の空いた電極 140、150 を有するエネルギー貯蔵デバイス 240 が示されている。エネルギー貯蔵デバイス 240 は、第二集電体 120 から横方向に間隔の空いた第一集電体 110 と、第一集電体 110 上の第一電極 140 と、第二集電体 120 上の第二電極 150 とを含み得る。セパレータ 130 は、第一電極 140 及び第二電極 150 の上に存在し得る。例えば、セパレータ 130 を第一電極 140 と第二電極 150 との間に形成して、電極 140、150 が互いに電氣的に絶縁されるようにし得る。一部実施形態では、セパレータ 130 は、第一集電体 110 と第二集電体 120 との間の電氣的絶縁を促進する。一部実施形態では、第一集電体 110 と第二集電体 120 と第一電極 140 と第二電極 150 とセパレータ 130 との各々が印刷され得る。例えば、第一集電体 110 及び第二集電体 120 を基板上に印刷し得る。一部実施形態では、第一電極 140 を第一集電体 110 の上に印刷し得る。例えば、第一電極 140 を第一集電体 110 の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、第二電極 150 を第二集電体 120 の上に印刷し得る。例えば、第二電極 150 を第二集電体 120 の上に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ 130 を第一電極 140 及び第二電極 150 の上に、例えば、第一電極 140 及び第二電極 150 の両方に直接接触させて印刷し得る。一部実施形態では、セパレータ 130 を第一電極 140 及び第二電極 150 の上に印刷して、セパレータ 130 と第一集電体 110 と第二集電体 120 とが、第一電極 140 及び第二電極 150 を封止又は実質的に封止し得るようにする。一部実施形態では、図 7 A の第一構造 202 及び第二構造 204 と同様の第一構造及び第二構造（例えば、集電体と電極と任意でセパレータとを備える）を異なる電極活物質（例えば、一種以上のマンガンの酸化物、ZnO）を備えて形成し、次いで、横方向に結合させ得る。

【0365】

図 8 は、エネルギー貯蔵デバイスの一部を形成し得るセパレータ層又は膜 300 の例示的な実施形態を示す（例えば、図 6 及び図 7 A から図 7 E に関して説明したいずれかのエネルギー貯蔵デバイスのセパレータ 130）。セパレータ 300 は被殻 320 を含む。一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスは、被殻 320 を備えるセパレータ層又は膜 300 を含む。例えば、エネルギー貯蔵デバイスは、被殻 320 を含む分散体を備えるセパレータ 300 を含み得る。本願で説明されるように、被殻 320 は、形状、寸法、物質、多孔率、及び／又はこれらの組み合わせ等に従って分類され得て、セパレータ 300 は、均一又は実質的に均一な形状、寸法（例えば、長さ、直径）、多孔率、物質、及び／又はこれらの組み合わせ等を有する被殻 320 を備える。例えば、セパレータ 300 は、円筒状又は実質的に円筒状の形状（例えば、図 8 に示されるような）、球形又は実質的に球形の形状、他の形状、及び／又はこれらの組み合わせを有する被殻 320 を含み得る。一部

実施形態では、セパレータ 300 は、被殻 320 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造を有する被殻 320 を含む。セパレータ 300 は、被殻 320 の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造を備えない又は実質的に備えない被殻 320 を備え得る（例えば、図 8 に示されるような）。セパレータ 300 は、被殻 320 の特性又は特質を改質するように被殻 320 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造を備える被殻 320 を備え得る。セパレータは、被殻の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造を備えない又は実質的に備えない被殻 320 をいくつか備え、且つ、被殻 320 の特性又は特質を改質するように被殻 320 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造を備える被殻 320 をいくつか備え得る。

【0366】

セパレータ 300 は、エネルギー貯蔵デバイスの第一電極 140 と第二電極 150（例えば、図 6 及び図 7 A から図 7 E のいずれかの第一電極 140 と第二電極 150）との間の安定な離隔又は実質的に安定な離隔を可能にするのに十分な機械的強度を有する被殻 320 を備え得る。一部実施形態では、セパレータ 300 は、例えば第一電極 140 と第二電極 150 との間の間隔を減らすことによって、及び／又は、第一電極 140 と第二電極 150 との間のイオン種の流れを促進することによって、エネルギー貯蔵デバイスの効率を増大させるように構成された被殻 320 を備える。例えば、被殻 320 は、エネルギー貯蔵デバイスの効率及び／又は強度を改善するため、均一な又は実質的に均一な形状、寸法、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、及び／又はこれらの組み合わせ等を有し得る。エネルギー貯蔵デバイスのセパレータ 300 は、所望の多孔率、寸法及び／又は表面改質物質及び／又は構造を有する壁を含む円筒状又は実質的に円筒状の被殻を備え得る。

【0367】

セパレータ 300 は、被殻 320 の一つ以上の層を備え得る。被殻 320 を備えるセパレータ 300 は均一な又は実質的に均一な厚さを有し得る。一部実施形態では、被殻 320 を備えるセパレータ 300 の厚さは可能な限り薄い。一部実施形態では、被殻 320 を備えるセパレータ 300 の厚さは、略 1 μm から略 100 μm までであり、例えば、略 1 μm から略 80 μm まで、略 1 μm から略 60 μm まで、略 1 μm から略 40 μm まで、略 1 μm から略 20 μm まで、略 1 μm から略 10 μm まで、略 5 μm から略 60 μm まで、略 5 μm から略 40 μm まで、略 5 μm から略 20 μm まで、略 5 μm から略 15 μm まで、略 5 μm から略 10 μm まで、略 10 μm から略 60 μm まで、略 10 μm から略 40 μm まで、略 10 μm から略 20 μm まで、略 10 μm から略 15 μm まで、略 15 μm から略 30 μm まで等である。一部実施形態では、セパレータは、略 100 μm 未満、略 90 μm 未満、略 80 μm 未満、略 70 μm 未満、略 60 μm 未満、略 50 μm 未満、略 40 μm 未満、略 30 μm 未満、略 20 μm 未満、略 15 μm 未満、略 10 μm 未満、略 5 μm 未満、略 2 μm 未満、略 1 μm 未満の厚さ（上記値の境界及び間の範囲を含む）を有する。セパレータ 300 の他の厚さも可能である。例えば、セパレータ 300 は、被殻 320 の単層を備え得て、セパレータ 300 の厚さが、被殻 320 の寸法（例えば、最長軸、長さ、直径）の少なくとも部分的に依存するようになり得る。

【0368】

セパレータ 300 は、不均一な又は実質的に不均一な形状、寸法、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、及び／又はこれらの組み合わせ等を有する被殻 320 を備え得る。

【0369】

一部実施形態では、被殻は、非導電性物質製の中実及び／又は中実のマイクロスフィアを含み得る。例えば、セパレータ 300 は、ガラス、アルミナ、シリカ、ポリスチレン、メラニン、及び／又はこれらの組み合わせ等製の中実及び／又は中実のマイクロスフィアを含み得る。一部実施形態では、マイクロスフィアはセパレータ 300 の印刷を促進するサイズを有し得る。例えば、セパレータ 300 は、略 0.1 マイクロメートル（ μm ）から略 50 μm までの直径を有するマイクロスフィアを含み得る。中実及び／又は中実のマイクロスフィアを備えるセパレータの例は、米国特許出願第 13/223279 号（名称「PRINTABLE IONIC GEL SEPARATION LAYER FO

10

20

30

40

50

R E N E R G Y S T O R A G E D E V I C E S」、2012年8月9日出願）（特許文献2）に与えられていて、その全体は参照として本願に組み込まれる。

【0370】

一部実施形態では、セパレータ300は、エネルギー貯蔵デバイスの第一電極140と第二電極150との間の電気抵抗を低下させるように構成された物質を備える。例えば、図8を参照すると、一部実施形態では、セパレータ300は電解質340を備える。電解質340としては、イオン種の伝導性を促進するあらゆる物質が挙げられ、例えば、エネルギー貯蔵デバイスの第一電極140と第二電極150との間を伝わるができる移動性イオン種を備える物質が挙げられる。電解質340はイオン種を形成し得るあらゆる化合物を備え得て、例えば、硫酸ナトリウム（ Na_2SO_4 ）、塩化リチウム（ LiCl ）、及び／又は硫酸カリウム（ K_2SO_4 ）が挙げられるが、これらに限定されるものではない。一部実施形態では、電解質340は酸、塩基、又は塩を備える。一部実施形態では、電解質340は、強酸（例えば、硫酸（ H_2SO_4 ）及び／又はリン酸（ H_3PO_4 ）が挙げられるが、これらに限定されるものではない）、又は強塩基（例えば、水酸化ナトリウム（ NaOH ）及び／又は水酸化カリウム（ KOH ）が挙げられるが、これらに限定されるものではない）。一部実施形態では、電解質340は、一種以上の溶解イオン種を有する溶媒を備える。例えば、電解質340は有機溶媒を備え得る。一部実施形態では、電解質340はイオン液体又は有機液体塩を含む。電解質340はイオン液体を有する水溶液を備え得る。電解質340はイオン液体を有する塩溶液を備え得る。一部実施形態では、電解質340は、プロピレングリコール及び／又はアセトニトリルを含むイオン液体を備える。一部実施形態では、イオン液体を備える電解質340は酸又は塩基を含む。例えば、電解質340は、水酸化カリウムと混ぜたイオン液体を備え得る（例えば、 KOH の0.1M溶液を加える）。

【0371】

一部実施形態では、電解質は、米国特許出願第14/249316号（名称「PRINTED ENERGY STORAGE DEVICE」、2014年4月9日出願、その全体が参照として本願に組み込まれる）（特許文献2）に記載されている一種以上のイオン液体及び／又は一種以上の塩を含み得る。

【0372】

一部実施形態では、セパレータ300はポリマー360、例えば、ポリマーゲルを備える。ポリマー360は電解質340と混ぜられ得る。適切なポリマー360は、電気化学反応中及び／又は電位の印加（例えば、エネルギー貯蔵デバイスの電極140と電極150との間の電位）の際に電氣的及び電気化学的安定性を示し得て、例えば、電解質350と混ぜた際の完全性及び／又は機能性を維持する。一部実施形態では、ポリマー360は無機ポリマーであり得る。一部実施形態では、ポリマー360は合成ポリマーであり得る。セパレータ300は、例えば、セルロース（例えば、セロファン）、ポリアミド（例えば、ナイロン）、ポリプロピレン、ポリオレフィン、ポリエチレン（例えば、放射線グラフトポリエチレン）、ポリフッ化ビニリデン、ポリ酸化エチレン、ポリアクリロニトリル、ポリビニルアルコール、ポリメチルメタクリレート、ポリ塩化ビニル、ポリビスメトキシエトキシエトキシホスファゼン、ポリスルホン酸ビニル、ポリビニルピロリドン、ポリ酸化プロピレン、これらのコポリマー、及び／又はこれらの組み合わせ等を含むポリマー360を含み得る。一部実施形態では、ポリマー360はポリテトラフルオロエチレン（PTFE, polytetrafluoroethylene）を備え、例えば、PTFEの水分散体を備える水溶液（例えば、テフロン（登録商標）水性懸濁液）を備える。一部実施形態では、セパレータ300は、アスベスト、チタン酸カリウム繊維、繊維質のソーセージの皮、ボロシリケートガラス、酸化ジルコニウム、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、電解質340はポリマー360の内部又は上に固定されて、固体又は半固体物質を形成する。一部実施形態では、電解質340はポリマー360の上又は内部に固定されて、例えば電解質ゲルを形成する。

【0373】

一部実施形態では、セパレータ 300 は任意で接着物質を備え、セパレータ 300 内部での、及び／又は、セパレータ 300 とエネルギー貯蔵デバイスの第一電極 140 及び／又は第二電極 150 との間での被殻 320 の接着を改善することができる。一部実施形態では、接着物質はポリマー 360 を備える。例えば、接着物質は、セパレータ 300 内部での、及び／又は、セパレータ 300 とエネルギー貯蔵デバイスの第一電極 140 及び／又は第二電極 150 との間での十分な接着を与える。

【0374】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスのセパレータを印刷するためのインクは、表面改質を有さない又は実質的に有さない複数の被殻、ポリマー、イオン液体、電解質塩、及び／又は溶媒を備える。適切な溶媒の例は、米国特許出願第 14/249316 号（名称「PRINTED ENERGY STORAGE DEVICE」、2014 年 4 月 9 日出願、その全体が参照として本願に組み込まれる）（特許文献 3）に与えられている。一部実施形態では、セパレータを印刷するのに用いられるインク用の溶媒は、ジメチルホルムアミド（DMF, dimethyl formamide）、ジメチルアセトアミド（DMAC, dimethyl acetamide）、テトラメチル尿素、ジメチルスルホキシド（DMSO, dimethyl sulfoxide）、リン酸トリエチル、n-メチル-2-ピロリドン（NMP, n-methyl-2-pyrrolidone）、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、セパレータを印刷するためのインクは以下の組成を有する：略 5 重量％から略 20 重量％までの表面改質を有さない被殻（例えば、精製被殻）、略 3 重量％から略 10 重量％までのポリマー成分（例えば、ポリフッ化ビニリデン、例えば、ペンシルバニア州キングオブブルシアのアルケマ社から市販されている Kynar（登録商標）ADX）、略 15 重量％から略 40 重量％までのイオン液体（例えば、1-エチル-3-エチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート）、略 1 重量％から略 5 重量％までの塩（例えば、テトラフルオロホウ酸亜鉛）、略 25 重量％から略 76 重量％までの溶媒（例えば、N-メチル-2-ピロリドン）。一部実施形態では、他のポリマー、イオン液体、塩（例えば、他の亜鉛塩）、及び／又は溶媒も適したものとなり得る。

【0375】

一部実施形態では、セパレータ用のインクを調製するためのプロセスは、バインダーを溶媒中に溶解させることを含み得る。例えば、バインダーを溶媒中に溶解させることは、バインダー及び溶媒を備える混合物を略 5 分から略 30 分にわたって略 80℃から略 180℃までの或る温度で加熱することを含み得る。一部実施形態では、加熱はホットプレートを用いて行われ得る。一部実施形態では、例えば加熱後で混合物が温かい間にイオン液体及び電解質塩を混合物に加え得る。バインダーと溶媒とイオン液体と電解質塩を、例えば略 5 分から略 10 分までにわたって攪拌して、所望の混合を促進し得る。一部実施形態では、次いで被殻を加え得る。被殻の追加を、混合によって、例えば遊星型遠心分離混合器を用いること等によって促進し得る。遊星型遠心分離混合器を用いて略 1 分から略 15 分にわたって混合を行い得る。

【0376】

図 9 は、エネルギー貯蔵デバイス（例えば、図 6 及び図 7A から図 7E に関して説明したいずれかのエネルギー貯蔵デバイス）の一部を形成し得る例示的な電極層又は膜 400 を示す。電極 400 は被殻 420 を含む。一部実施形態では、被殻 420 を備える一つ以上の電極層又は膜 400 を含む（例えば、図 6 及び図 7A から図 7E に関して説明したいずれかのエネルギー貯蔵デバイスの第一電極 140 及び／又は第二電極 150）。例えば、エネルギー貯蔵デバイスは、被殻 420 を含む分散体を備える電極層又は膜 400 を含み得る。本願で説明されるように、被殻 420 は、形状、寸法、物質、多孔率、及び／又はこれらの組み合わせ等に従って分類され得て、電極 400 は、均一又は実質的に均一な形状、寸法（例えば、長さ、直径）、多孔率、物質、及び／又はこれらの組み合わせ等を有する被殻 420 を備える。例えば、電極 400 は、円筒状又は実質的に円筒状の形状（例えば、図 9 に示されるような）、球形又は実質的に球形の形状、他の形状、及び／又は

これらの組み合わせを有する被殻 420 を含む得る。一部実施形態では、電極 400 は、被殻 420 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造を有する被殻 420 を含む。電極 400 は、被殻 420 の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造を備えない又は実質的に備えない被殻 420 を備え得て、絶縁性であり得て、及び／又は、被殻 420 の特性又は特質を改質するように被殻 420 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造（例えば、図 9 において、被殻 420 の表面上に鶏の足状の特徴で概略的に示されるように）を備える被殻 420 を備え得る。電極 400 は、被殻 420 の表面上に適用又は形成された表面改質物質及び／又は表面改質構造を備えない又は実質的に備えない被殻 420 をいくつか備え、且つ、被殻 420 の特性又は特質を改質するように被殻 420 の表面上に適用又は形成された物質及び／又は構造を備える被殻 420 をいくつか備え得る。

10

【0377】

電極 400 は、電極 400 を含むエネルギー貯蔵デバイスが圧縮力及び／又は変形に耐えられるようにする機械的強度のために選択された被殻 420 を備え得る。一部実施形態では、電極 400 は、例えば電極 400 内部における及び／又は電極 400 とエネルギー貯蔵デバイスの他の部分との間におけるイオン種の流れを促進することによって、エネルギー貯蔵デバイスの効率を増大させるように構成された被殻 420 を備える。例えば、被殻 420 は、エネルギー貯蔵デバイスの効率及び／又は強度を改善するため、均一な又は実質的に均一な形状、寸法、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、及び／又はこれらの組み合わせ等を有し得る。エネルギー貯蔵デバイスの電極 400 は、所望の多孔率、寸法及び／又は表面改質物質及び／又は構造を有する壁を含む円筒状又は実質的に円筒状の被殻 420 を備え得る。

20

【0378】

電極 400 は、被殻 420 の一つ以上の層を備え得る。被殻 420 を備える電極 400 は均一な又は実質的に均一な厚さを有し得る。一部実施形態では、被殻 420 を備える電極 400 の厚さは、抵抗、利用可能な物質質量、所望のエネルギーデバイス厚さ等に少なくとも部分的に依存し得る。一部実施形態では、被殻 420 を備える電極 420 の厚さは、略 1 μm から略 100 μm までであり、例えば、略 1 μm から略 80 μm まで、略 1 μm から略 60 μm まで、略 1 μm から略 40 μm まで、略 1 μm から略 20 μm まで、略 1 μm から略 10 μm まで、略 5 μm から略 60 μm まで、略 5 μm から略 40 μm まで、略 5 μm から略 20 μm まで、略 5 μm から略 15 μm まで、略 5 μm から略 10 μm まで、略 10 μm から略 60 μm まで、略 10 μm から略 40 μm まで、略 10 μm から略 20 μm まで、略 10 μm から略 15 μm まで、略 15 μm から略 30 μm まで等である。一部実施形態では、被殻 420 を備える電極 400 の厚さは、略 100 μm 未満、略 90 μm 未満、略 80 μm 未満、略 70 μm 未満、略 60 μm 未満、略 50 μm 未満、略 40 μm 未満、略 30 μm 未満、略 20 μm 未満、略 15 μm 未満、略 10 μm 未満、略 5 μm 未満、略 2 μm 未満、略 1 μm 未満である（上記値の境界及び間の範囲を含む）。電極 400 の他の厚さも可能である。

30

【0379】

電極 400 は、不均一な又は実質的に不均一な形状、寸法、多孔率、表面改質物質及び／又は構造、及び／又はこれらの組み合わせ等を有する被殻 420 を備え得る。

40

【0380】

一部実施形態では、電極 400 は、電極 400 内部の電子の伝導性を向上させる物質を任意で備える。例えば、図 9 を再び参照すると、一部実施形態では、電極 400 は、電極 400 の導電性を改善する導電性充填材 460 を備える。導電性充填材 460 は導電性炭素物質を備え得る。例えば、導電性充填材 460 は、グラファイト状炭素、グラフェン、カーボンナノチューブ（例えば、単層及び／又は多層）、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、導電性充填材 460 は、金属物質（例えば、銀（Ag）、金（Au）、銅（Cu）、ニッケル（Ni）及び／又は白金（Pt））を含む得る。一部実施形態では、導電性充填材 460 は半導体物質（例えば、シリコン（Si）、ゲル

50

マニウム (Ge)、及び／又は半導体含有合金 (例えば、アルミニウムシリコン (AlSi) 合金)) を含み得る。複数の電極 400 を備えるエネルギー貯蔵デバイス 100 では、電極 400 は異なる被殻及び／又は異なる添加剤を含み得て、例えば、異なるイオン種及び／又はイオン生成種を含み得る。一部実施形態では、電極 400 は電解質、例えば、図 8 のセパレータ 300 に関して説明した電解質 340 を備え得る。一部実施形態では、電極は一種以上の活物質 (例えば、自由活物質、例えば、珪藻被殻の一つ以上の表面上のナノ構造化活物質とは別の活物質) を含み得る。

【0381】

一部実施形態では、電極 400 はバインダーを含み得る。バインダーはポリマーを備え得る。電極バインダーに適したポリマー、ポリマー前駆体及び／又は重合可能前駆体として、例えば、ポリビニルピロリドン (PVP, polyvinyl pyrrolidone)、ポリビニルアルコール (PVA, polyvinyl alcohol)、ポリフッ化ビニリデン、ポリフッ化ビニリデン-三フッ化エチレン、ポリ四フッ化エチレン、ポリジメチルシロキサン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド、ポリエチレングリコールヘキサフルオロプロピレン、ポリエチレンテレフタレートポリアクリロニトリル、ポリビニルブチラール、ポリビニルカプロラクタム、ポリ塩化ビニル、ポリイミドポリマー及びコポリマー (例えば、脂肪族、芳香族、及び／又は半芳香族ポリイミド)、ポリアミド、ポリアクリルアミド、アクリレート及びメタアクリレートポリマー及びコポリマー、例えば、ポリメチルメタクリレート、ポリアクリロニトリル、アクリロニトリルブタジエンスチレン、アリルメタクリレート、ポリスチレン、ポリブタジエン、ポリブチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリクロロブレン、ポリエーテルスルホン、ナイロン、スチレンアクリロニトリル樹脂、ポリエチレングリコール、粘土、例えば、ヘクトライト粘土、ガラマイト粘土、有機修飾粘土、サッカリドやポリサッカリド、例えば、グアーガム、キサンタンガム、スターチ、ブチルゴム、アガロース、ペクチン、セルロースや変性セルロース、例えば、ヒドロキシルメチルセルロース、メチルセルロース、エチルセルロース、プロピルメチルセルロース、メトキシセルロース、メトキシメチルセルロース、メトキシプロピルメチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、エチルヒドロキシエチルセルロース、セルロースエーテル、セルロースエチルエーテル、キトサン、これらのコポリマー、及び／又はこれらの組み合わせ等が挙げられる。

【0382】

一部実施形態では、電極 400 は腐食防止剤及び／又は一種以上の他の機能性添加剤を含み得る。一部実施形態では、腐食防止剤は、一種以上の表面活性有機化合物を含み得る。一部実施形態では、腐食防止剤は、グリコール、シリケート、水銀 (Hg)、カドミウム (Cd)、鉛 (Pb)、ガリウム (Ga)、インジウム (In)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。

【0383】

一部実施形態では、電極 400 は、電極 400 の内部及び／又は電極 400 とエネルギーストレージデバイスの他の部品 (セパレータ 130 及び／又は集電体 110、120 等) との間における被殻 420 の接着を向上させることができる接着物質を任意で備える。一部実施形態では、電極 400 の接着物質はポリマー、例えば、本願で説明されるポリマー 360 を備える。

【0384】

一部実施形態では、エネルギー貯蔵デバイスの電極を印刷するためのインクは、一つ以上の表面上に形成されたナノ構造を備える複数の被殻、導電性充填材 (例えば、カーボンナノチューブ、グラファイト)、バインダー成分、電解質 (例えば、イオン液体、電解質塩)、及び／又は溶媒を備え得る。例えば、電解質は本願で説明される組成を備え得る。一部実施形態では、セパレータインクに関して説明される一種以上の溶媒が電極を印刷するためのインクとしても適したものとなり得る。一部実施形態では、電極を印刷するのに用いられるインク用の溶媒は、ジメチルホルムアミド (DMF)、ジメチルアセトアミド

10

20

30

40

50

(DMAC)、テトラメチル尿素、ジメチルスルホキシド(DMSO)、リン酸トリエチル、n-メチル-2-ピロリドン(NMP)、及び／又はこれらの組み合わせ等を備え得る。一部実施形態では、電極を印刷するためのインクは、一つ以上の表面上に形成された満願の酸化物のナノ構造を有する被殻を備え得る。一部実施形態では、電極を印刷するためのインクは、一つ以上の表面上に形成されたZnOナノ構造を有する被殻を備える。

【0385】

一部実施形態では、マンガンの酸化物を備えるエネルギーストレージの電極を印刷するためのインクは以下の組成を有し得る。略10重量%から略20重量%までのマンガンの酸化物によって覆われた一つ以上の表面を有する被殻、略0.2重量%から略2重量%までのカーボンナノチューブ(例えば、多層カーボンナノチューブ、例えば、オクラホマ州ノーマンのサウスウエストナノテクノロジーズから市販されている)、最大10重量%のグラファイト(例えば、スイスのTimcal Graphite and Carbonから市販されているC65)、略1重量%から略5重量%までのバインダー(例えば、ポリフッ化ビニリデン、例えば、ペンシルバニア州キングオブプルシアのアルケマ社から市販されているHSV 900 Kynar(登録商標))、略2重量%から略15重量%までのイオン液体(例えば、1-エチル-3-エチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート)、及び略48重量%から略86.8重量%までの溶媒(例えば、N-メチル-2-ピロリドン)。一部実施形態では、マンガンの酸化物は化学式 Mn_xO_y を有し、ここで、xは略1から略3まで、yは略1から略4までである。例えば、そのインクを印刷して、電池のカソードを形成し得る。

【0386】

一部実施形態では、ZnOを備えるエネルギーストレージの電極を印刷するためのインクは以下の組成を有し得る。略10重量%から略20重量%までのZnOがその上に形成された被殻、略0.2重量%から略2重量%までのカーボンナノチューブ(例えば、多層カーボンナノチューブ、例えば、オクラホマ州ノーマンのサウスウエストナノテクノロジーズから市販されている)、最大10重量%のグラファイト(例えば、スイスのTimcal Graphite and Carbonから市販されているC65)、略1重量%から略5重量%までのバインダー(例えば、ポリフッ化ビニリデン、例えば、ペンシルバニア州キングオブプルシアのアルケマ社から市販されているHSV 900 Kynar(登録商標))、略2重量%から略15重量%までのイオン液体(例えば、1-エチル-3-エチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート)、略0.3重量%から略1重量%までの電解質塩(例えば、亜鉛テトラフルオロボレート)、及び略48重量%から略86.8重量%までの溶媒(例えば、N-メチル-2-ピロリドン)。例えば、そのインクを印刷して、電池のアノードを印刷し得る。

【0387】

一部実施形態では、カーボンナノチューブは多層及び／又は単層カーボンナノチューブを備え得る。一部実施形態では、他の種類のグラファイト、ポリマーバインダー、イオン液体及び／又は溶媒も適切なものとなり得る。

【0388】

一部実施形態では、電極を印刷するためのインクを調製するプロセスは、インク中にカーボンナノチューブの所望の分散体を与え、被殻をイオン液体で飽和させ(例えば、被殻の内部、内側表面、外側表面、及び／又は細孔の内部にイオン液体を与える)、及び／又は、インクの成分を完全に混合するように構成され得る。一部実施形態では、インクを調製するプロセスは、イオン液体中にカーボンナノチューブを分散させることを備える。一部実施形態では、自動化された乳鉢及び乳棒を用いてカーボンナノチューブをイオン液体中に分散させ得る。一部実施形態では、次いで、カーボンナノチューブ及びイオン液体を溶媒中に分散させ得る。超音波チップを用いてカーボンナノチューブ及びイオン液体を溶媒中に分散させ得る。一部実施形態では、その上にナノ構造(例えば、マンガンの酸化物やZnOナノ構造)が形成された被殻とグラファイトとをカーボンナノチューブとイオン液体と溶媒に加えて、遠心混合器を用いて攪拌し得る。一部実施形態では、被殻及びグラ

ファイトと共に電解質塩をカーボンナノチューブとイオン液体と溶媒に加えて、遠心混合器を用いて攪拌し得る。例えば、被殻、グラファイト、カーボンナノチューブ、イオン液体、溶媒、及び／又は電解質塩を遊星型遠心分離機を用いて、略1分（min）から略10分にわたって混合し得る。一部実施形態では、溶媒中にポリマーバインダーを備える溶液を、被殻、グラファイト、カーボンナノチューブ、イオン液体、溶媒及び／又は電解質塩を備える混合物に加えて、加熱し得る。ポリマーバインダー及び溶媒を備える溶液は、略10重量%から略20重量%のポリマーバインダーを有し得る。ポリマーバインダー、被殻、グラファイト、カーボンナノチューブ、イオン液体、溶媒及び／又は電解質塩を備える混合物を略80℃から略180℃までの或る温度に加熱し得る。一部実施形態では、加熱は略10分から略30分にわたって行われ得る。一部実施形態では、加熱にホットプレートを用い得る。一部実施形態では、加熱しながら攪拌を行い得る（例えば、混合棒を用いて）。

10

【0389】

図10から図13は、本願で説明されるプロセスを用いて製造されたマンガンの酸化物（例えば、化学式 Mn_xO_y の酸化物、 x は略1から略3まで、 y は略1から略4まで）のカソードとZnOアノードを備える印刷電池の例の電気性能を示す。図10は、印刷 Mn_xO_y 及びZnO電池の放電曲線グラフであり、そのカソードはマンガンの酸化物のナノ構造がその上に形成された複数の被殻を含み、アノードはZnOがその上に形成された複数の被殻を含んでいた。電池の電位がボルト（V）単位でy軸に示されていて、放電期間が時間（hr）単位でx軸に示されている。電池を1.27センチメートル（cm）×1.27cmの正方形（つまり、0.5インチ（in）×0.5インチの正方形）でスクリーン印刷した。電池は、印刷された集電体、アノード、カソード及びセパレータを含んでいた。アノード及びカソードは各々略40マイクロメートル（ μm ）の平均厚さを有していた。カソードは、略0.023グラム（g）の総重量を有し、マンガンの酸化物の重量は略0.01gであった。アノード中の活物質ZnOの重量は過剰であった。

20

【0390】

図10では、電池を完全な又は実質的に完全な充電状態から略0.8Vのカットオフ電圧に放電した。電池を略0.01アンペア／グラム（A/g）で放電した。電池は、略1.28ミリアンペア時（mAh）の容量と、カソード活物質の重量に基づいて128ミリアンペア時／グラム（mAh/g）の容量を示した。図11は、複数回の充放電サイクル後の図10の印刷電池のキャパシタンス性能を示す。電池は40回のサイクルを受け、各サイクルのキャパシタンス性能が初期キャパシタンスの%として軸に示されている。図11に示されるように、複数回の充放電サイクル後のキャパシタンスが改善され得る。

30

【0391】

図12は、印刷 Mn_xO_y 及びZnO電池の他の例の充放電曲線であり、三回の充放電サイクル中の時間の関数として各充放電サイクルの電位性能を示す。電位はボルト（V）単位でy軸に示されていて、時間は時（hr）単位でx軸に示されている。印刷電池は略1.27センチメートル（cm）×1.27cmの正方形（つまり、0.5インチ（in）×0.5インチの正方形）でスクリーン印刷された。電池のカソードは、マンガンの酸化物のナノ構造がその上に形成された複数の被殻を含み、アノードはZnOナノ構造がその上に形成された複数の被殻を含んでいた。電池は、印刷された集電体、アノード、カソード及びセパレータを含んでいた。アノード及びカソードは各々略40マイクロメートル（ μm ）の平均厚さを有していた。カソードは略0.021グラム（g）の総重量を有し、マンガンの酸化物の重量は略0.01gであった。アノード中の活物質（例えば、ZnO）の重量は過剰であった。図12の印刷電池を、カソード中の活物質の重量に基づいて略0.01アンペア／グラム（A/g）で充放電した。図13は、図12の印刷 Mn_xO_y 及びZnO電池の充放電曲線であり、充放電を略0.04A/gで行った。二組の曲線は充電及び放電の両方について優れた再現性を示し、印刷 Mn_xO_y ／ZnO電池が効率的な再充電可能電池となり得ることを示している。

40

【0392】

50

〔例示的な実施形態〕

以下の例示的な実施形態は、本願で開示される特徴の組み合わせとして可能な並びの一部を示すが、他の特徴の組み合わせの並びも可能である。

【0393】

1. 印刷エネルギー貯蔵デバイスであって、
第一電極と、
第二電極と、
第一電極と第二電極との間のセパレータと、を備え、第一電極と第二電極とセパレータとのうち少なくとも一つが被殻含む、デバイス。

【0394】

2. セパレータが被殻を含む、実施形態1に記載のデバイス。

【0395】

3. 第一電極が被殻を含む、実施形態1又は2に記載のデバイス。

【0396】

4. 第二電極が被殻を含む、実施形態1から3のいずれかに記載のデバイス。

【0397】

5. 被殻が実質的に均一な性質を有する、実施形態1から4のいずれかに記載のデバイス。

【0398】

6. 性質が形状を備える、実施形態5に記載のデバイス。

【0399】

7. 形状が円筒、球、円板、又は角柱を備える、実施形態6に記載のデバイス。

【0400】

8. 性質が寸法を備える、実施形態5から7のいずれかに記載のデバイス。

【0401】

9. 寸法が直径を備える、実施形態8に記載のデバイス。

【0402】

10. 直径が略2 μm から略10 μm までの範囲内にある、実施形態9に記載のデバイス。

【0403】

11. 寸法が長さを備える、実施形態8に記載のデバイス。

【0404】

12. 長さが略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態9に記載のデバイス。

【0405】

13. 寸法が最長軸を備える、実施形態8に記載のデバイス。

【0406】

14. 最長軸が略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態9に記載のデバイス。

【0407】

15. 性質が多孔率を備える、実施形態5から14のいずれかに記載のデバイス。

【0408】

16. 多孔率が略20%から略50%までの範囲内にある、実施形態15に記載のデバイス。

【0409】

17. 性質が機械的強度を備える、実施形態5から16のいずれかに記載のデバイス。

【0410】

18. 被殻が表面改質構造を備える、実施形態1から17のいずれかに記載のデバイス。

【0411】

10

20

30

40

50

19. 表面改質構造が導電性物質を含む、実施形態18に記載のデバイス。
- 【0412】
20. 導電性物質が、銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態19に記載のデバイス。
- 【0413】
21. 表面改質構造が酸化亜鉛（ZnO）を含む、実施形態18から21のいずれかに記載のデバイス。
- 【0414】
22. 表面改質構造が半導体を含む、実施形態18から21のいずれかに記載のデバイス。 10
- 【0415】
23. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態22に記載のデバイス。
- 【0416】
24. 表面改質構造が、ナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える、実施形態18から23のいずれかに記載のデバイス。
- 【0417】
25. 表面改質構造が被殻の外部表面上に存在している、実施形態18から24のいずれかに記載のデバイス。
- 【0418】 20
26. 表面改質構造が被殻の内部表面上に存在している、実施形態18から25のいずれかに記載のデバイス。
- 【0419】
27. 被殻が表面改質物質を備える、実施形態1から26のいずれかに記載のデバイス。
- 【0420】
28. 表面改質物質が導電性物質を含む、実施形態27に記載のデバイス。
- 【0421】
29. 導電性物質が銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態28に記載のデバイス。 30
- 【0422】
30. 表面改質物質が酸化亜鉛（ZnO）を含む、実施形態27から29のいずれかに記載のデバイス。
- 【0423】
31. 表面改質物質が半導体を含む、実施形態27から30のいずれかに記載のデバイス。
- 【0424】
32. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態31に記載のデバイス。
- 【0425】 40
33. 表面改質物質が被殻の外部表面上に存在している、実施形態27から32のいずれかに記載のデバイス。
- 【0426】
34. 表面改質物質が被殻の内部表面上に存在している、実施形態27から33のいずれかに記載のデバイス。
- 【0427】
35. 第一電極が導電性充填材を備える、実施形態1から34のいずれかに記載のデバイス。
- 【0428】
36. 第二電極が導電性充填材を備える、実施形態1から35のいずれかに記載のデバ 50

イス。

【0429】

37. 導電性充填材がグラファイト状炭素を備える、実施形態35又は36に記載のデバイス。

【0430】

38. 導電性充填材がグラフェンを備える、実施形態35から37のいずれかに記載のデバイス。

【0431】

39. 第一電極が接着物質を備える、実施形態1から38のいずれかに記載のデバイス。

10

【0432】

40. 第二電極が接着物質を備える、実施形態1から39のいずれかに記載のデバイス。

【0433】

41. セパレータが接着物質を備える、実施形態1から40のいずれかに記載のデバイス。

【0434】

42. 接着物質がポリマーを備える、実施形態39から41のいずれかに記載のデバイス。

【0435】

43. セパレータが電解質を備える、実施形態1から42のいずれかに記載のデバイス。

20

【0436】

44. 電解質がイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える、実施形態43に記載のデバイス。

【0437】

45. 電解質が電解質ゲルを備える、実施形態43又は44に記載のデバイス。

【0438】

46. 第一電極と電氣的にやりとりする第一集電体を更に備える実施形態1から45のいずれかに記載のデバイス。

30

【0439】

47. 第二電極と電氣的にやりとりする第二集電体を更に備える実施形態1から46のいずれかに記載のデバイス。

【0440】

48. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがキャパシタを備える、実施形態1から47のいずれかに記載のデバイス。

【0441】

49. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがスーパーキャパシタを備える、実施形態1から47のいずれかに記載のデバイス。

【0442】

50. 印刷エネルギー貯蔵デバイスが電池を備える、実施形態1から47のいずれかに記載のデバイス。

40

【0443】

51. 互いの上に積層された複数の実施形態1から50のいずれかに記載のデバイスを備えるシステム。

【0444】

52. 実施形態1から50のいずれかに記載のデバイス又は実施形態51に記載のシステムを備える電気デバイス。

【0445】

53. 印刷エネルギー貯蔵デバイス用の膜であって、被殻を備える膜。

50

- 【0446】
54. 被殻が実質的に均一な性質を有する、実施形態53に記載の膜。
- 【0447】
55. 性質が形状を備える、実施形態54に記載の膜。
- 【0448】
56. 形状が円筒、球、円板、又は角柱を備える、実施形態55に記載の膜。
- 【0449】
57. 性質が寸法を備える、実施形態54から56のいずれかに記載の膜。
- 【0450】
58. 寸法が直径を備える、実施形態57に記載の膜。 10
- 【0451】
59. 直径が略2 μm から略10 μm までの範囲内にある、実施形態58に記載の膜。
- 【0452】
60. 寸法が長さを備える、実施形態54から59のいずれかに記載の膜。
- 【0453】
61. 長さが略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態60に記載の膜。
- 【0454】
62. 寸法が最長軸を備える、実施形態54から61のいずれかに記載の膜。
- 【0455】
63. 最長軸が略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態62に記載の膜 20
。
- 【0456】
64. 性質が多孔率を備える、実施形態54から63のいずれかに記載の膜。
- 【0457】
65. 多孔率が略20%から略50%までの範囲内にある、実施形態64に記載の膜。
- 【0458】
66. 性質が機械的強度を備える、実施形態54から66のいずれかに記載の膜。
- 【0459】
67. 被殻が表面改質構造を備える、実施形態53から66のいずれかに記載の膜。
- 【0460】
68. 表面改質構造が導電性物質を含む、実施形態67に記載の膜。 30
- 【0461】
69. 導電性物質が銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態68に記載の膜。
- 【0462】
70. 表面改質構造が酸化亜鉛 (ZnO) を含む、実施形態67から69のいずれかに記載の膜。
- 【0463】
71. 表面改質構造が半導体を含む、実施形態67から70のいずれかに記載の膜。
- 【0464】
72. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態71に記載の膜。 40
- 【0465】
73. 表面改質構造が、ナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える、実施形態67から72のいずれかに記載の膜。
- 【0466】
74. 表面改質構造が被殻の外部表面上に存在している、実施形態67から73のいずれかに記載の膜。
- 【0467】
75. 表面改質構造が被殻の内部表面上に存在している、実施形態67から74のいづ 50

れかに記載の膜。

【0468】

76. 被殻が表面改質物質を備える、実施形態53から75のいずれかに記載の膜。

【0469】

77. 表面改質物質が導電性物質を含む、実施形態76に記載の膜。

【0470】

78. 導電性物質が銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態77に記載の膜。

【0471】

79. 表面改質物質が酸化亜鉛 (ZnO) を含む、実施形態76から78のいずれかに記載の膜。 10

【0472】

80. 表面改質物質が半導体を含む、実施形態76から79のいずれかに記載の膜。

【0473】

81. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態80に記載の膜。

【0474】

82. 表面改質物質が被殻の外部表面上に存在している、実施形態76から81のいずれかに記載の膜。

【0475】

83. 表面改質物質が被殻の内部表面上に存在している、実施形態76から82のいずれかに記載の膜。 20

【0476】

84. 導電性充填材を更に備える実施形態53から83のいずれかに記載の膜。

【0477】

85. 導電性充填材がグラファイト状炭素を備える、実施形態84に記載の膜。

【0478】

86. 導電性充填材がグラフェンを備える、実施形態84又は85に記載の膜。

【0479】

87. 接着物質を更に備える実施形態53から86のいずれかに記載の膜。 30

【0480】

88. 接着物質がポリマーを備える、実施形態87に記載の膜。

【0481】

89. 電解質を更に備える実施形態53から88のいずれかに記載の膜。

【0482】

90. 電解質がイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える、実施形態89に記載の膜。

【0483】

91. 電解質が電解質ゲルを備える、実施形態89又は90に記載の膜。

【0484】

92. 実施形態53から91のいずれかに記載の膜を備えるエネルギー貯蔵デバイス。 40

【0485】

93. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがキャパシタを備える、実施形態92に記載のデバイス。

【0486】

94. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがスーパーキャパシタを備える、実施形態92に記載のデバイス。

【0487】

95. 印刷エネルギー貯蔵デバイスが電池を備える、実施形態92に記載のデバイス。

【0488】

９６．互いの上に積層させた複数の実施形態９２から９５のいずれかに記載のデバイスを備えるシステム。

【０４８９】

９７．実施形態９２から９５のいずれかのデバイス又は実施形態９６に記載のシステムを備える電気デバイス。

【０４９０】

９８．印刷エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、

第一電極を形成することと、

第二電極を形成することと、

第一電極と第二電極との間にセパレータを形成することと、を備え、第一電極と第二電極とセパレータとのうち少なくとも一つが被殻を含む、方法。

10

【０４９１】

９９．セパレータが被殻を含む、実施形態９８に記載の方法。

【０４９２】

１００．セパレータを形成することが、被殻を含む分散体を形成することを含む、実施形態９９に記載の方法。

【０４９３】

１０１．セパレータを形成することが、セパレータをスクリーン印刷することを含む、実施形態９９又は１００に記載の方法。

【０４９４】

20

１０２．セパレータを形成することが、被殻を含む膜を形成することを含む、実施形態９９に記載の方法。

【０４９５】

１０３．セパレータを形成することが、セパレータを含む膜をロールツーロール印刷することを含む、実施形態１０２に記載の方法。

【０４９６】

１０４．第一電極が被殻を含む、実施形態９８から１０３のいずれかに記載の方法。

【０４９７】

１０５．第一電極を形成することが、被殻を含む分散体を形成することを含む、実施形態１０４に記載の方法。

30

【０４９８】

１０６．第一電極を形成することが、第一電極をスクリーン印刷することを含む、実施形態１０４又は１０５に記載の方法。

【０４９９】

１０７．第一電極を形成することが、被殻を含む膜を形成することを含む、実施形態１０４に記載の方法。

【０５００】

１０８．第一電極を形成することが、第一電極を含む膜をロールツーロール印刷することを含む、実施形態１０７に記載の方法。

【０５０１】

40

１０９．第二電極が被殻を含む、実施形態９８から１０８のいずれかに記載の方法。

【０５０２】

１１０．第二電極を形成することが、被殻を含む分散体を形成することを含む、実施形態１０９に記載の方法。

【０５０３】

１１１．第二電極を形成することが、第二電極をスクリーン印刷することを含む、実施形態１０９又は１１０に記載の方法。

【０５０４】

１１２．第二電極を形成することが、被殻を含む膜を形成することを含む、実施形態１０９に記載の方法。

50

【0505】

113. 第二電極を形成することが、第二電極を含む膜をロールツーロール印刷することを含む、実施形態112に記載の方法。

【0506】

114. 性質に従って被殻を分類することを更に更に備える実施形態98から113のいずれかに記載の方法。

【0507】

115. 性質が形状と寸法と物質と多孔率とのうち少なくとも一つを備える、実施形態114に記載の方法。

【0508】

116. 溶液と、
溶液中に分散した被殻と、を備えるインク。

【0509】

117. 被殻が実質的に均一な性質を有する、実施形態116に記載のインク。

【0510】

118. 性質が形状を備える、実施形態117に記載のインク。

【0511】

119. 形状が円筒、球、円板、又は角柱を備える、実施形態118に記載のインク。

【0512】

120. 性質が寸法を備える、実施形態117から119のいずれかに記載のインク。

【0513】

121. 寸法が直径を備える、実施形態120に記載のインク。

【0514】

122. 直径が略2 μm から略10 μm までの範囲内にある、実施形態120に記載のインク。

【0515】

123. 寸法が長さを備える、実施形態117から122のいずれかに記載のインク。

【0516】

124. 長さが略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態123に記載のインク。

【0517】

125. 寸法が最長軸を備える、実施形態117から124のいずれかに記載のインク。

【0518】

126. 最長軸が略5 μm から略20 μm までの範囲内にある、実施形態125に記載のインク。

【0519】

127. 性質が多孔率を備える、実施形態117から126のいずれかに記載のインク。

【0520】

128. 多孔率が略20%から略50%までの範囲内にある、実施形態127に記載のインク。

【0521】

129. 性質が機械的強度を備える、実施形態117から128のいずれかに記載のインク。

【0522】

130. 被殻が表面改質構造を備える、実施形態116から129のいずれかに記載のインク。

【0523】

131. 表面改質構造が導電性物質を含む、実施形態130に記載のインク。

10

20

30

40

50

【0524】

132. 導電性物質が銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態131に記載のインク。

【0525】

133. 表面改質構造が酸化亜鉛 (ZnO) を含む、実施形態130から132のいずれかに記載のインク。

【0526】

134. 表面改質構造が半導体を含む、実施形態130から133のいずれかに記載のインク。

【0527】

135. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態134に記載のインク。

【0528】

136. 表面改質構造が、ナノワイヤと、ナノ粒子と、ロゼット形状を有する構造とのうち少なくとも一種を備える、実施形態130から135のいずれかに記載のインク。

【0529】

137. 表面改質構造が被殻の外部表面上に存在している、実施形態130から136のいずれかに記載のインク。

【0530】

138. 表面改質構造が被殻の内部表面上に存在している、実施形態130から137のいずれかに記載のインク。

【0531】

139. 被殻が表面改質物質を備える、実施形態116から138のいずれかに記載のインク。

【0532】

140. 表面改質物質が導電性物質を含む、実施形態139に記載のインク。

【0533】

141. 導電性物質が銀とアルミニウムとタンタルと銅とリチウムとマグネシウムと黄銅とのうち少なくとも一種を含む、実施形態140に記載のインク。

【0534】

142. 表面改質物質が酸化亜鉛 (ZnO) を含む、実施形態139から141のいずれかに記載のインク。

【0535】

143. 表面改質物質が半導体を含む、実施形態139から142のいずれかに記載のインク。

【0536】

144. 半導体がシリコンとゲルマニウムとシリコンゲルマニウムとヒ化ガリウムとのうち少なくとも一種を含む、実施形態143に記載のインク。

【0537】

145. 表面改質物質が被殻の外部表面上に存在している、実施形態139から144のいずれかに記載のインク。

【0538】

146. 表面改質物質が被殻の内部表面上に存在している、実施形態139から145のいずれかに記載のインク。

【0539】

147. 導電性充填材を更に備える実施形態116から146のいずれかに記載のインク。

【0540】

148. 導電性充填材がグラファイト状炭素を備える、実施形態147に記載のインク。

10

20

30

40

50

【0541】

149. 導電性充填材がグラフェンを備える、実施形態147又は148に記載のインク。

【0542】

150. 接着物質を更に備える実施形態116から149のいずれかに記載のインク。

【0543】

151. 接着物質がポリマーを備える、実施形態150に記載のインク。

【0544】

152. 電解質を更に備える実施形態116から151のいずれかに記載のインク。

【0545】

153. 電解質がイオン液体と酸と塩基と塩とのうち少なくとも一種を備える、実施形態152に記載のインク。

【0546】

154. 電解質が電解質ゲルを備える、実施形態152又は153に記載のインク。

【0547】

155. 実施形態116から154のいずれかに記載のインクを備えるデバイス。

【0548】

156. デバイスが印刷エネルギー貯蔵デバイスを備える、実施形態155に記載のデバイス。

【0549】

157. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがキャパシタを備える、実施形態156に記載のデバイス。

【0550】

158. 印刷エネルギー貯蔵デバイスがスーパーキャパシタを備える、実施形態156に記載のデバイス。

【0551】

159. 印刷エネルギー貯蔵デバイスが電池を備える、実施形態156に記載のデバイス。

【0552】

160. 珪藻被殻部分を抽出する方法であって、
分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることと、
有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することと、
表面活性剤中に複数の珪藻被殻部分を分散させ、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、

ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を抽出することと、を備える方法。

【0553】

161. 少なくとも一つの共通の特性が寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一種を備える、実施形態160に記載の方法。

【0554】

162. 寸法が長さ直径とのうち少なくとも一方を備える、実施形態161に記載の方法。

【0555】

163. 固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備える、実施形態160から162のいずれかに記載の方法。

【0556】

164. 固体混合物の粒子寸法を低減することを更に備える実施形態163に記載の方法。

【0557】

165. 固体混合物の粒子寸法を低減することが、分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を

10

20

30

40

50

分散させることの前である、実施形態 1 6 4 に記載の方法。

【0 5 5 8】

1 6 6. 粒子寸法を低減することが、固体混合物をすり潰すことを備える、実施形態 1 6 4 又は 1 6 5 に記載の方法。

【0 5 5 9】

1 6 7. 固体混合物をすり潰すことが、乳鉢及び乳棒とジャーミルと岩石粉碎機とのうち少なくとも一つを固体混合物に適用することを備える、実施形態 1 6 6 に記載の方法。

【0 5 6 0】

1 6 8. 複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出することを更に備える実施形態 1 6 3 から 1 6 7 のいずれかに記載の方法。

10

【0 5 6 1】

1 6 9. 固体混合物の成分を抽出することが、固体混合物を篩分けすることを備える、実施形態 1 6 8 に記載の方法。

【0 5 6 2】

1 7 0. 固体混合物を篩分けすることが、略 1 5 マイクロメートルから略 2 5 マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態 1 6 9 に記載の方法。

【0 5 6 3】

1 7 1. 固体混合物を篩分けすることが、略 1 0 マイクロメートルから略 2 5 マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態 1 6 9 に記載の方法。

20

【0 5 6 4】

1 7 2. 複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを更に備える実施形態 1 6 0 から 1 7 1 のいずれかに記載の方法。

【0 5 6 5】

1 7 3. 第一珪藻被殻部分が複数の破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態 1 7 2 に記載の方法。

【0 5 6 6】

1 7 4. 第二珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態 1 7 2 又は 1 7 3 に記載の方法。

30

【0 5 6 7】

1 7 5. 分類が、複数の珪藻被殻部分を濾過することを備える、実施形態 1 7 2 から 1 7 4 のいずれかに記載の方法。

【0 5 6 8】

1 7 6. 濾過が複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備える、実施形態 1 7 5 に記載の方法。

【0 5 6 9】

1 7 7. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、攪拌を備える、実施形態 1 7 6 に記載の方法。

40

【0 5 7 0】

1 7 8. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、振盪を備える、実施形態 1 7 6 又は 1 7 7 に記載の方法。

【0 5 7 1】

1 7 9. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、バブリングを備える、実施形態 1 7 6 から 1 7 8 のいずれかに記載の方法。

【0 5 7 2】

1 8 0. 濾過が、複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを備える、実施形態 1 7 5 から 1 7 9 のいずれかに記載の方法。

50

【0573】

181. 篩が略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する、実施形態180に記載の方法。

【0574】

182. 篩が略7マイクロメートルのメッシュサイズを有する、実施形態180に記載の方法。

【0575】

183. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることを更に備える実施形態160から182のいずれかに記載の方法。

【0576】

184. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の第一被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態183に記載の方法。

【0577】

185. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態183又は184に記載の方法。

【0578】

186. 洗浄溶媒を除去することを更に備える実施形態184又は185に記載の方法。

【0579】

187. 洗浄溶媒を除去することが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態186に記載の方法。

【0580】

188. 洗浄溶媒を除去することが、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態186又は187に記載の方法。

【0581】

189. 沈降が遠心分離を備える、実施形態187又は188に記載の方法。

【0582】

190. 遠心分離が大規模処理に適した遠心分離を適用することを備える、実施形態189に記載の方法。

【0583】

191. 遠心分離が、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一つを適用することを備える、実施形態190に記載の方法。

【0584】

192. 分散溶媒及び洗浄溶媒のうち少なくとも一方が水を備える実施形態184から191のいずれかに記載の方法。

【0585】

193. 分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることと表面活性剤中に複数の珪藻被殻部分を分散させることとのうち少なくとも一方が、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備える、実施形態160から192のいずれかに記載の方法。

【0586】

194. 表面活性剤がカチオン性表面活性剤を備える、実施形態160から193のいずれかに記載の方法。

【0587】

195. カチオン性表面活性剤が、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、プロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態194に記載の方法。

10

20

30

40

50

【0588】

196. 表面活性剤が非イオン性表面活性剤を備える、実施形態160から195のいずれかに記載の方法。

【0589】

197. 非イオン性表面活性剤が、セチルアルコール、ステアシルアルコール、セトステアシルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備える、実施形態196に記載の方法。

10

【0590】

198. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることを更に備える実施形態160から197のいずれかに記載の方法。

【0591】

199. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの前である、実施形態198に記載の方法。

【0592】

200. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの後である、実施形態198に記載の方法。

20

【0593】

201. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることと少なくとも部分的に同時である、請求項198に記載の方法。

【0594】

202. 添加成分が、塩化カリウム、塩化アンモニウム、水酸化アンモニウム、及び、水酸化ナトリウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態198から201のいずれかに記載の方法。

【0595】

203. 複数の珪藻被殻部分を分散させることが、略1重量パーセントから略5重量パーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備える、実施形態160から202のいずれかに記載の方法。

30

【0596】

204. 有機汚染物質を除去することが、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態160から203のいずれかに記載の方法。

【0597】

205. 漂白剤が過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を備える、実施形態204に記載の方法。

【0598】

206. 加熱が、略10体積パーセントから略20体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水素を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態205に記載の方法。

40

【0599】

207. 加熱が、略5分から略15分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態204から206のいずれかに記載の方法。

【0600】

208. 有機汚染物質を除去することが、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備える、実施形態160から207のいずれかに記載の方法。

【0601】

209. 無機汚染物質を除去することが、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備える、実施形態160から208のいずれかに記載の方法

50

。

【0602】

210. 混ぜることが、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を混合することを備える、実施形態209に記載の方法。

【0603】

211. 混合が略20分から略40分の持続期間にわたる、実施形態210に記載の方法。

【0604】

212. 珪藻被殻部分を抽出する方法であって、
ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を抽出することを備える方法。

10

【0605】

213. 分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることを更に備える実施形態212に記載の方法。

【0606】

214. 有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することを更に備える実施形態212又は213に記載の方法。

【0607】

215. 表面活性剤中に複数の珪藻被殻部分を分散させて、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することを更に備える、実施形態212から214のいずれかに記載の方法。

20

【0608】

216. 少なくとも一つの共通の特性が、寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一つを備える、実施形態212から215のいずれかに記載の方法。

【0609】

217. 寸法が長さや直径とのうち少なくとも一方を備える、実施形態216に記載の方法。

【0610】

218. 固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備える、実施形態212から217のいずれかに記載の方法。

30

【0611】

219. 固体混合物の粒子寸法を低減することを更に備える実施形態218に記載の方法。

【0612】

220. 固体混合物の粒子寸法を低減することが、分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることの前である、実施形態219に記載の方法。

【0613】

221. 粒子寸法を低減することが固体混合物をすり潰すことを備える、実施形態219又は220に記載の方法。

40

【0614】

222. 固体混合物をすり潰すことが、乳鉢及び乳棒とジャーミルと岩石粉碎機とのうち少なくとも一つを固体混合物に適用することを備える、実施形態221に記載の方法。

【0615】

223. 複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出することを更に備える実施形態219から222のいずれかに記載の方法。

【0616】

224. 固体混合物の成分を抽出することが、固体混合物を篩分けすることを備える、実施形態223に記載の方法。

50

【0617】

225. 固体混合物を篩分けすることが、略15マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態224に記載の方法。

【0618】

226. 固体混合物を篩分けすることが、略10マイクロメートルから略25マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態224に記載の方法。

【0619】

227. 複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを更に備える実施形態212から226のいずれかに記載の方法。

10

【0620】

228. 第一珪藻被殻部分が複数の破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態227に記載の方法。

【0621】

229. 第二珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態227又は228に記載の方法。

【0622】

230. 分類が、複数の珪藻被殻部分を濾過することを備える、実施形態227から229のいずれかに記載の方法。

20

【0623】

231. 濾過が複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備える、実施形態230に記載の方法。

【0624】

232. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、攪拌を備える、実施形態231に記載の方法。

【0625】

233. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、振盪を備える、実施形態231又は232に記載の方法。

30

【0626】

234. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、バブリングを備える、実施形態231から233のいずれかに記載の方法。

【0627】

235. 濾過が、複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを備える、実施形態230から234のいずれかに記載の方法。

【0628】

236. 篩が略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する、実施形態235に記載の方法。

【0629】

237. 篩が略7マイクロメートルのメッシュサイズを有する、実施形態235に記載の方法。

40

【0630】

238. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることを更に備える実施形態212から237のいずれかに記載の方法。

【0631】

239. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の第一被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態238に記載の方法。

【0632】

50

240. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態238又は239に記載の方法。

【0633】

241. 洗浄溶媒を除去することを更に備える実施形態239又は240に記載の方法。

【0634】

242. 洗浄溶媒を除去することが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態241に記載の方法。

【0635】

243. 洗浄溶媒を除去することが、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態241又は242に記載の方法。

【0636】

244. 沈降が遠心分離を備える、実施形態242又は243に記載の方法。

【0637】

245. 遠心分離が大規模処理に適した遠心分離を適用することを備える、実施形態244に記載の方法。

【0638】

246. 遠心分離が、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一つを適用することを備える、実施形態245に記載の方法。

【0639】

247. 分散溶媒及び洗浄溶媒のうち少なくとも一方が水を備える、実施形態240から246のいずれかに記載の方法。

【0640】

248. 分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることと表面活性剤中に複数の珪藻被殻部分を分散させることとのうち少なくとも一方が、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備える、実施形態215から247のいずれかに記載の方法。

【0641】

249. 表面活性剤がカチオン性表面活性剤を備える、実施形態215から248のいずれかに記載の方法。

【0642】

250. カチオン性表面活性剤が、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、プロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態249に記載の方法。

【0643】

251. 表面活性剤が非イオン性表面活性剤を備える、実施形態212から250のいずれかに記載の方法。

【0644】

252. 非イオン性表面活性剤が、セチルアルコール、ステアリルアルコール、セトステアリルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備える、実施形態251に記載の方法。

【0645】

253. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることを更に備える実施形態212から252のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

【0646】

254. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの前である、実施形態253に記載の方法。

【0647】

255. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの後である、実施形態253に記載の方法。

【0648】

256. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることと少なくとも部分的に同時である、請求項253に記載の方法。

【0649】

257. 添加成分が、塩化カリウム、塩化アンモニウム、水酸化アンモニウム、及び、水酸化ナトリウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態253から256のいずれかに記載の方法。

【0650】

258. 複数の珪藻被殻部分を分散させることが、略1重量パーセントから略5重量パーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備える、実施形態213から257のいずれかに記載の方法。

【0651】

259. 有機汚染物質を除去することが、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態214から258のいずれかに記載の方法。

【0652】

260. 漂白剤が過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を備える、実施形態259に記載の方法。

【0653】

261. 加熱が、略10体積パーセントから略20体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水素を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態260に記載の方法。

【0654】

262. 加熱が、略5分から略15分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態259から261のいずれかに記載の方法。

【0655】

263. 有機汚染物質を除去することが、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備える、実施形態214から262のいずれかに記載の方法。

【0656】

264. 無機汚染物質を除去することが、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備える、実施形態214から263のいずれかに記載の方法。

【0657】

265. 混ぜることが、略15体積パーセントから略25体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を混合することを備える、実施形態264に記載の方法。

【0658】

266. 混合が略20分から略40分の持続期間にわたる、実施形態265に記載の方法。

【0659】

267. 珪藻被殻部分を抽出する方法であって、
表面活性剤で複数の珪藻被殻部分を分散させて、表面活性剤が複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することを備える方法。

【0660】

268. ディスクスタック遠心分離を用いて、少なくとも一つの共通の特性を有する複

10

20

30

40

50

数の珪藻被殻部分を抽出することを更に備える実施形態 267 に記載の方法。

【0661】

269. 分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることを更に備える実施形態 267 又は 268 に記載の方法。

【0662】

270. 有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することを更に備える実施形態 267 から 269 のいずれかに記載の方法。

【0663】

271. 少なくとも一つの共通の特性が、寸法と形状と物質と破損度とのうち少なくとも一つを備える、実施形態 267 から 270 のいずれかに記載の方法。

10

【0664】

272. 寸法が長さ直径とのうち少なくとも一方を備える、実施形態 271 に記載の方法。

【0665】

273. 固体混合物が複数の珪藻被殻部分を備える、実施形態 267 から 272 のいずれかに記載の方法。

【0666】

274. 固体混合物の粒子寸法を低減することを更に備える実施形態 273 に記載の方法。

【0667】

275. 固体混合物の粒子寸法を低減することが、分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることの前である、実施形態 274 に記載の方法。

20

【0668】

276. 粒子寸法を低減することが固体混合物をすり潰すことを備える、実施形態 274 又は 275 に記載の方法。

【0669】

277. 固体混合物をすり潰すことが、乳鉢及び乳棒とジャーミルと岩石粉碎機とのうち少なくとも一つを固体混合物に適用することを備える、実施形態 276 に記載の方法。

【0670】

278. 複数の珪藻被殻部分の最長被殻部分寸法よりも大きな最長成分寸法を有する固体混合物の成分を抽出することを更に備える実施形態 273 から 277 のいずれかに記載の方法。

30

【0671】

279. 固体混合物の成分を抽出することが、固体混合物を篩分けすることを備える、実施形態 278 に記載の方法。

【0672】

280. 固体混合物を篩分けすることが、略 15 マイクロメートルから略 25 マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態 279 に記載の方法。

【0673】

281. 固体混合物を篩分けすることが、略 10 マイクロメートルから略 25 マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する篩で固体混合物を処理することを備える、実施形態 279 に記載の方法。

40

【0674】

282. 複数の珪藻被殻部分を分類して、より大きな最長寸法を有する第一珪藻被殻部分を第二珪藻被殻部分から分離することを更に備える実施形態 267 から 281 のいずれかに記載の方法。

【0675】

283. 第一珪藻被殻部分が複数の破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態 282 に記載の方法。

50

【0676】

284. 第二珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態282又は283に記載の方法。

【0677】

285. 分類が、複数の珪藻被殻部分を濾過することを備える、実施形態282から284のいずれかに記載の方法。

【0678】

286. 濾過が複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することを備える、実施形態285に記載の方法。

【0679】

287. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、攪拌を備える、実施形態286に記載の方法。

【0680】

288. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、振盪を備える、実施形態286又は287に記載の方法。

【0681】

289. 複数の珪藻被殻部分の凝集を阻害することが、バブリングを備える、実施形態286から288のいずれかに記載の方法。

【0682】

290. 濾過が、複数の珪藻被殻部分を篩にかけることを備える、実施形態285から289のいずれかに記載の方法。

【0683】

291. 篩が略5マイクロメートルから略10マイクロメートルまでのメッシュサイズを有する、実施形態290に記載の方法。

【0684】

292. 篩が略7マイクロメートルのメッシュサイズを有する、実施形態290に記載の方法。

【0685】

293. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることを更に備える実施形態267から292のいずれかに記載の方法。

【0686】

294. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の第一被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態293に記載の方法。

【0687】

295. 洗浄した珪藻被殻部分を得ることが、少なくとも一つの共通の特性を有する珪藻被殻部分を洗浄溶媒で洗浄することを備える、実施形態293又は294に記載の方法。

【0688】

296. 洗浄溶媒を除去することを更に備える実施形態294又は295に記載の方法。

【0689】

297. 洗浄溶媒を除去することが、有機汚染物質と無機汚染物質とのうち少なくとも一方を除去することの後に複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態296に記載の方法。

【0690】

298. 洗浄溶媒を除去することが、少なくとも一つの共通の特性を有する複数の珪藻被殻部分を沈降させることを備える、実施形態296又は297に記載の方法。

【0691】

299. 沈降が遠心分離を備える、実施形態297又は298に記載の方法。

10

20

30

40

50

【0692】

300. 遠心分離が大規模処理に適した遠心分離を適用することを備える、実施形態299に記載の方法。

【0693】

301. 遠心分離が、ディスクスタック遠心分離と、デカンタ遠心分離と管状ボウル遠心分離とのうち少なくとも一つを適用することを備える、実施形態300に記載の方法。

【0694】

302. 分散溶媒及び洗浄溶媒のうち少なくとも一方が水を備える、実施形態295から301のいずれかに記載の方法。

【0695】

303. 分散溶媒中に複数の珪藻被殻部分を分散させることと表面活性剤中に複数の珪藻被殻部分を分散させることとのうち少なくとも一方が、複数の珪藻被殻を超音波処理することを備える、実施形態269から302のいずれかに記載の方法。

【0696】

304. 表面活性剤がカチオン性表面活性剤を備える、実施形態267から303のいずれかに記載の方法。

【0697】

305. カチオン性表面活性剤が、塩化ベンザルコニウム、臭化セトリモニウム、ラウリルメチルグルセス-10ヒドロキシプロピルジモニウムクロリド、塩化ベンゼトニウム、ブロニドックス、ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド、及び、水酸化テトラメチルアンモニウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態304に記載の方法。

【0698】

306. 表面活性剤が非イオン性表面活性剤を備える、実施形態267から305のいずれかに記載の方法。

【0699】

307. 非イオン性表面活性剤が、セチルアルコール、ステアリルアルコール、セトステアリルアルコール、オレイルアルコール、ポリオキシエチレングリコールアルキルエーテル、オクタエチレングリコールモノドデシルエーテル、グルコシドアルキルエーテル、デシルグルコシド、ポリオキシエチレングリコールオクチルフェノールエーテル、オクチルフェノールエトキシレート（トリトンX-100（登録商標））、ノノキシノール-9、ラウリン酸グリセリル、ポリソルベート、及び、ポロキシマーのうち少なくとも一種を備える、実施形態306に記載の方法。

【0700】

308. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることを更に備える実施形態267から307のいずれかに記載の方法。

【0701】

309. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの前である、実施形態308に記載の方法。

【0702】

310. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることの後である、実施形態308に記載の方法。

【0703】

311. 添加成分中に複数の珪藻被殻を分散させることが、表面活性剤中に複数の珪藻被殻を分散させることと少なくとも部分的に同時である、請求項308に記載の方法。

【0704】

312. 添加成分が、塩化カリウム、塩化アンモニウム、水酸化アンモニウム、及び、水酸化ナトリウムのうち少なくとも一種を備える、実施形態308から311のいずれかに記載の方法。

【0705】

313. 複数の珪藻被殻部分を分散させることが、略1重量パーセントから略5重量パ

10

20

30

40

50

ーセントまでの複数の珪藻被殻部分を備える分散体を得ることを備える、実施形態 2 6 9 から 3 1 2 のいずれかに記載の方法。

【0 7 0 6】

3 1 4．有機汚染物質を除去することが、漂白剤の存在下で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態 2 7 0 から 3 1 3 のいずれかに記載の方法。

【0 7 0 7】

3 1 5．漂白剤が過酸化水素と硝酸とのうち少なくとも一方を備える、実施形態 3 1 4 に記載の方法。

【0 7 0 8】

3 1 6．加熱が、略 1 0 体積パーセントから略 2 0 体積パーセントまでの範囲内の量の過酸化水素を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態 3 1 5 に記載の方法。

【0 7 0 9】

3 1 7．加熱が、略 5 分から略 1 5 分までの持続期間にわたって複数の珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態 3 1 4 から 3 1 6 のいずれかに記載の方法。

【0 7 1 0】

3 1 8．有機汚染物質を除去することが、複数の珪藻被殻部分をアニーリングすることを備える、実施形態 2 7 0 から 3 1 7 のいずれかに記載の方法。

【0 7 1 1】

3 1 9．無機汚染物質を除去することが、塩酸と硫酸とのうち少なくとも一方と複数の珪藻被殻部分を混ぜることを備える、実施形態 2 7 0 から 3 1 8 のいずれかに記載の方法。

【0 7 1 2】

3 2 0．混ぜることが、略 1 5 体積パーセントから略 2 5 体積パーセントまでの塩酸を備える溶液中で複数の珪藻被殻部分を混合することを備える、実施形態 3 1 9 に記載の方法。

【0 7 1 3】

3 2 1．混合が略 2 0 分から略 4 0 分の持続期間にわたる、実施形態 3 2 0 に記載の方法。

【0 7 1 4】

3 2 2．珪藻被殻部分上に銀ナノ構造を形成する方法であって、珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することと、シード層上にナノ構造を形成することと、を備える方法。

【0 7 1 5】

3 2 3．ナノ構造が、コーティングとナノワイヤとナノ粒子稠密アレイとナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態 3 2 2 に記載の方法。

【0 7 1 6】

3 2 4．ナノ構造が銀を備える、実施形態 3 2 2 又は 3 2 3 に記載の方法。

【0 7 1 7】

3 2 5．銀シード層を形成することが、第一銀寄与成分及び珪藻被殻部分に周期的加熱方式を適用することを備える、実施形態 3 2 2 から 3 2 4 のいずれかに記載の方法。

【0 7 1 8】

3 2 6．周期的加熱方式を適用することが、周期的マイクロ波パワーを適用することを備える、実施形態 3 2 5 に記載の方法。

【0 7 1 9】

3 2 7．周期的マイクロ波パワーを適用することが、略 1 0 0 ワットと略 5 0 0 ワットとの間でマイクロ波パワーを交替することを備える、実施形態 3 2 6 に記載の方法。

【0 7 2 0】

3 2 8．交替が、マイクロ波パワーを毎分交替させることを備える、実施形態 3 2 7 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【0721】

329. 交替が、略30分の持続期間にわたってマイクロ波パワーを交替することを備える、実施形態327又は328に記載の方法。

【0722】

330. 交替が、略20分から略40分までの持続期間にわたってマイクロ波パワーを交替することを備える、実施形態327又は328に記載の方法。

【0723】

331. 銀シード層を形成することが、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備える、実施形態322から330のいずれかに記載の方法。

【0724】

332. シード層溶液が、第一銀寄与成分及びシード層還元剤を備える、実施形態331に記載の方法。

【0725】

333. シード層還元剤がシード層溶媒である、実施形態332に記載の方法。

【0726】

334. シード層還元剤及びシード層溶媒がポリエチレングリコールを備える、実施形態333に記載の方法。

【0727】

335. シード層溶液が第一銀寄与成分とシード層還元剤とシード層溶媒とを備える、実施形態331に記載の方法。

【0728】

336. 銀シード層を形成することが、珪藻被殻部分をシード層溶液と混合することを更に備える、実施形態331から335のいずれかに記載の方法。

【0729】

337. 混合が超音波処理を備える、実施形態336に記載の方法。

【0730】

338. シード層還元剤がN, N - ジメチルホルムアミドを備え、第一銀寄与成分が硝酸銀を備え、シード層溶媒が水とポリビニルピロリドンとのうち少なくとも一方を備える、実施形態337に記載の方法。

【0731】

339. ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備える、実施形態322から338のいずれかに記載の方法。

【0732】

340. ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることの後に、珪藻被殻部分を加熱することを備える、実施形態339に記載の方法。

【0733】

341. 加熱が略120℃から略160℃までの或る温度へ加熱することを備える、実施形態340に記載の方法。

【0734】

342. ナノ構造を形成することが、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを更に備える、実施形態340又は341に記載の方法。

【0735】

343. ナノ構造を形成することが、滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することの後に混合を備える、実施形態342に記載の方法。

【0736】

344. シード層還元剤とナノ構造形成還元剤とのうち少なくとも一方が、ヒドラジン、ホルムアルデヒド、グルコース、酒石酸ナトリウム、シュウ酸、ギ酸、アスコルビン酸、及び、エチレングリコールのうち少なくとも一種を備える、実施形態339から343のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

【0737】

345. 第一銀寄与成分と第二銀寄与成分とのうち少なくとも一方が、銀塩と酸化銀とのうち少なくとも一方を備える、実施形態342から344のいずれかに記載の方法。

【0738】

346. 銀塩が、硝酸銀、アンモニア硝酸銀、塩化銀 (AgCl)、シアン化銀 (AgCN)、テトラフルオロホウ酸銀、六フッ化リン酸銀、及び、エチル硫酸銀のうち少なくとも一種を備える、実施形態345に記載の方法。

【0739】

347. ナノ構造を形成することが、酸化物形成を低減する雰囲気におけるものである、実施形態322から346のいずれかに記載の方法。

10

【0740】

348. 雰囲気がアルゴン雰囲気を備える、実施形態347に記載の方法。

【0741】

349. シード層溶媒とナノ構造形成溶媒とのうち少なくとも一方が、プロピレングリコール、水、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-メトキシ-2-プロパノール、1-ブタノール、2-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、3-ペンタノール、1-ヘキサノール、2-ヘキサノール、3-ヘキサノール、オクタノール、1-オクタノール、2-オクタノール、3-オクタノール、テトラヒドロフルフリルアルコール (THFA)、シクロヘキサノール、シクロペンタノール、テルピネオール、ブチラクトン、メチルエチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルプロピルエーテル、ポリエーテル、ジケトン、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロヘプタノン、シクロオクタノン、アセトン、ベンゾフェノン、アセチルアセトン、アセトフェノン、シクロプロパノン、イソホロン、メチルエチルケトン、エチルアセトン、アジピン酸ジメチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、グルタル酸ジメチル、コハク酸ジメチル、酢酸グリセリン、カルボン酸塩、炭酸プロピレン、グリセリン、ジオール、トリオール、テトラオール、ペンタオール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、グリコールエーテル、酢酸グリコールエーテル、1,4-ブタンジオール、1,2-ブタンジオール、2,3-ブタンジオール、1,3-プロパンジオール、1,4-ブタンジオール、1,5-ペンタンジオール、1,8-オクタンジオール、1,2-プロパンジオール、1,3-ブタンジオール、1,2-ペンタンジオール、エトヘキサジオール、p-メンタン-3,8-ジオール、2-メチル-2,4-ペンタンジオール、テトラメチル尿素、n-メチルピロリドン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン (THF)、ジメチルホルムアミド (DMF)、N-メチルホルムアミド (NMF)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、塩化チオニル、及び、塩化スルフリルのうち少なくとも一種を備える、実施形態342から348のいずれかに記載の方法。

20

30

【0742】

350. 珪藻被殻部分が破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態322から349のいずれかに記載の方法。

【0743】

351. 珪藻被殻部分が破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態322から349のいずれかに記載の方法。

40

【0744】

352. 珪藻被殻部分が、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られる、実施形態322から351のいずれかに記載の方法。

【0745】

353. プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備える、実施形態352に記載の方法。

【0746】

50

354. 珪藻被殻部分上に酸化亜鉛ナノ構造を形成する方法であって、珪藻被殻部分の表面上に酸化亜鉛シード層を形成することと、酸化亜鉛シード層上にナノ構造を形成することと、を備える方法。

【0747】

355. ナノ構造が、ナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子アレイとナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態354に記載の方法。

【0748】

356. ナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態354又は355に記載の方法。

【0749】

357. 酸化亜鉛シード層を形成することが、第一亜鉛寄与成分及び珪藻被殻分を加熱することを備える、実施形態354から356のいずれかに記載の方法。 10

【0750】

358. 第一亜鉛寄与成分及び珪藻被殻分を加熱することが、略175℃から略225℃までの範囲内の或る温度に加熱することを備える、実施形態357に記載の方法。

【0751】

359. ナノ構造を形成することが、第二亜鉛寄与成分を備えるナノ構造形成溶液の存在下で酸化亜鉛シード層を有する珪藻被殻部分に加熱方式を適用することを備える、実施形態354から358のいずれかに記載の方法。

【0752】

360. 加熱方式が、ナノ構造形成温度に加熱することを備える、実施形態359に記載の方法。 20

【0753】

361. ナノ構造形成温度が略80℃から略100℃までである、実施形態360に記載の方法。

【0754】

362. 加熱が略一時間から略三時間までの持続期間にわたる、実施形態360又は361に記載の方法。

【0755】

363. 加熱方式が周期的加熱手順を適用することを備える、実施形態359から362のいずれかに記載の方法。 30

【0756】

364. 周期的加熱手順が、全周期的加熱持続期間において、加熱持続期間にわたって酸化亜鉛シード層を有する珪藻被殻部分にマイクロ波加熱を適用し、次いで、冷却持続期間にわたってマイクロ波加熱をオフにすることを備える、実施形態363に記載の方法。

【0757】

365. 加熱持続期間が略1分から略5分までである、実施形態364に記載の方法。

【0758】

366. 冷却持続期間が略30秒から略5分までである、実施形態364又は365に記載の方法。

【0759】

367. 全周期的加熱持続期間が略5分から略20分までである、実施形態364から366のいずれかに記載の方法。 40

【0760】

368. マイクロ波加熱を適用することが、略480ワットから略520ワットまでのマイクロ波パワーを適用することを備える、実施形態364から367のいずれかに記載の方法。

【0761】

369. マイクロ波加熱を適用することが、略80ワットから略120ワットまでのマイクロ波パワーを適用することを備える、実施形態364から367のいずれかに記載の方法。 50

【0762】

370. 第一亜鉛寄与成分と第二亜鉛寄与成分とのうち少なくとも一方が、酢酸亜鉛、酢酸亜鉛水和物、硝酸亜鉛、硝酸亜鉛六水和物、塩化亜鉛、硫化亜鉛、及び、亜鉛酸ナトリウムのうちの少なくとも一種を備える、実施形態359から369のいずれかに記載の方法。

【0763】

371. ナノ構造形成溶液が塩基を備える、実施形態359から370のいずれかに記載の方法。

【0764】

372. 塩基が、水酸化ナトリウム、水酸化アンモニウム、水酸化カリウム、水酸化トトラメチルアンモニウム、水酸化リチウム、ヘキサメチレンテトラアミン、アンモニア溶液、炭酸ナトリウム、及び、エチレンジアミンのうち少なくとも一種を備える、実施形態371に記載の方法。

【0765】

373. ナノ構造を形成することが、添加成分を加えることを更に備える、実施形態354から372のいずれかに記載の方法。

【0766】

374. 添加成分が、トリブチルアミン、トリエチルアミン、トリエタノールアミン、ジイソプロピルアミン、リン酸アンモニウム、1, 6-ヘキサジアノール、トリエチルジエチノール、イソプロピルアミン、シクロヘキシルアミン、n-ブチルアミン、塩化アンモニウム、ヘキサメチレンテトラアミン、エチレングリコール、エタノアミン、ポリビニルアルコール、ポリエチレングリコール、ドデシル硫酸ナトリウム、セチルトリメチルアンモニウムプロミド、及び、カルバミドのうち少なくとも一種を備える、実施形態373に記載の方法。

【0767】

375. ナノ構造形成溶液と酸化亜鉛シード層形成溶液とのうち少なくとも一方が溶媒を備え、溶媒が、プロピレングリコール、水、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-メトキシ-2-プロパノール、1-ブタノール、2-ブタノール、1-ペンタノール、2-ペンタノール、3-ペンタノール、1-ヘキサノール、2-ヘキサノール、3-ヘキサノール、オクタノール、1-オクタノール、2-オクタノール、3-オクタノール、テトラヒドロフルフリルアルコール (THFA)、シクロヘキサノール、シクロペンタノール、テルピネオール、ブチラクトン、メチルエチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルプロピルエーテル、ポリエーテル、ジケトン、シクロヘキサノン、シクロペンタノン、シクロヘプタノン、シクロオクタノン、アセトン、ベンゾフェノン、アセチルアセトン、アセトフェノン、シクロプロパノン、イソホロン、メチルエチルケトン、エチルアセトン、アジピン酸ジメチル、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、グルタル酸ジメチル、コハク酸ジメチル、酢酸グリセリン、カルボン酸塩、炭酸プロピレン、グリセリン、ジオール、トリオール、テトラオール、ペンタオール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、ポリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、グリコールエーテル、酢酸グリコールエーテル、1, 4-ブタンジオール、1, 2-ブタンジオール、2, 3-ブタンジオール、1, 3-プロパンジオール、1, 4-ブタンジオール、1, 5-ペンタンジオール、1, 8-オクタジオール、1, 2-プロパンジオール、1, 3-ブタンジオール、1, 2-ペンタンジオール、エトヘキサジオール、p-メンタン-3, 8-ジオール、2-メチル-2, 4-ペンタンジオール、テトラメチル尿素、n-メチルピロリドン、アセトニトリル、テトラヒドロフラン (THF)、ジメチルホルムアミド (DMF)、N-メチルホルムアミド (NMF)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、塩化チオニル、及び、塩化スルフリルのうち少なくとも一種を備える、実施形態359から374のいずれかに記載の方法。

【0768】

376. 珪藻被殻部分が破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態354から375の

10

20

30

40

50

いずれかに記載の方法。

【0769】

377. 珪藻被殻部分が破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態354から375のいずれかに記載の方法。

【0770】

378. 珪藻被殻部分が、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られる、実施形態354から375のいずれかに記載の方法。

【0771】

379. プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備える、実施形態378に記載の方法。

10

【0772】

380. 珪藻被殻部分上に炭素ナノ構造を形成する方法であって、珪藻被殻部分の表面上に金属シード層を形成することと、シード層上に炭素ナノ構造を形成することと、を備える方法。

【0773】

381. 炭素ナノ構造がカーボンナノチューブを備える、実施形態380に記載の方法。

【0774】

382. カーボンナノチューブが単層カーボンナノチューブと多層カーボンナノチューブとのうち少なくとも一方を備える、実施形態381に記載の方法。

20

【0775】

383. 金属シード層を形成することが、珪藻被殻部分の表面をスプレーコーティングすることを備える、実施形態380から382のいずれかに記載の方法。

【0776】

384. 金属シード層を形成することが、金属を備える液体、金属を備える気体、及び金属を備える固体のうち少なくとも一つに珪藻被殻部分の表面を導入することを備える、実施形態380から383のいずれかに記載の方法。

【0777】

385. 炭素ナノ構造を形成することが、化学気相堆積(CVD)を用いることを備える、実施形態380から384のいずれかに記載の方法。

30

【0778】

386. 炭素ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成炭素ガスに晒すことの後に、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元ガスに晒すことを備える、実施形態380から385のいずれかに記載の方法。

【0779】

387. 炭素ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成炭素ガスに晒すことの前に、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元ガスに晒すことを備える、実施形態380から385のいずれかに記載の方法。

【0780】

388. 炭素ナノ構造を形成することが、ナノ構造形成還元ガス及びナノ構造形成炭素ガスを備えるナノ構造形成ガス混合物に珪藻被殻部分を晒すことを備える、実施形態380から385のいずれかに記載の方法。

40

【0781】

389. ナノ構造形成ガス混合物が中性ガスを更に備える、実施形態388に記載の方法。

【0782】

390. 中性ガスがアルゴンを備える、実施形態389に記載の方法。

【0783】

391. 金属が、ニッケル、鉄、コバルト、コバルトモリブデン二金属、銅、金、銀、

50

白金、パラジウム、マンガン、アルミニウム、マグネシウム、クロム、アンチモン、アルミニウム鉄モリブデン (Al/Fe/Mo)、ペンタカルボニル鉄 ($\text{Fe}(\text{CO})_5$)、硝酸鉄 (I I I) 六水和物 ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、塩化コバルト (I I) 六水和物 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、モリブデン酸アンモニウム四水和物 ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、モリブデン (V I) 二塩化二酸化物 (MoO_2Cl_2)、及び、アルミナナノ粉末のうち少なくとも一種を備える、実施形態 380 から 390 のいずれかに記載の方法。

【0784】

392. ナノ構造形成還元ガスが、アンモニアと窒素と水素とのうち少なくとも一種を備える、実施形態 386 から 391 のいずれかに記載の方法。

10

【0785】

393. ナノ構造形成炭素ガスが、アセチレン、エチレン、エタノール、メタン、酸化炭素、及びベンゼンのうち少なくとも一種を備える、実施形態 386 から 392 のいずれかに記載の方法。

【0786】

394. 金属シード層を形成することが、銀シード層を形成することを備える、実施形態 380 から 393 のいずれかに記載の方法。

【0787】

395. 銀シード層を形成することが、珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を形成することを備える、実施形態 394 に記載の方法。

20

【0788】

396. 珪藻被殻部分が破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態 380 から 395 のいずれかに記載の方法。

【0789】

397. 珪藻被殻部分が破損していない珪藻被殻部分を備える、実施形態 380 から 395 のいずれかに記載の方法。

【0790】

398. 珪藻被殻部分が、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られる、実施形態 380 から 397 のいずれかに記載の方法。

【0791】

399. プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備える、実施形態 398 に記載の方法。

30

【0792】

400. 銀インクを製造する方法であって、

紫外線感受性成分と、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分とを混ぜることを備え、表面が複数の穿孔を備える、方法。

【0793】

401. 複数の珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することを更に備える実施形態 400 に記載の方法。

40

【0794】

402. シード層上に銀ナノ構造を形成することを更に備える実施形態 400 又は 401 に記載の方法。

【0795】

403. 複数の珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態 400 から 402 のいずれかに記載の方法。

【0796】

404. 複数の珪藻被殻部分が複数の珪藻被殻フレークを備える、実施形態 400 から 403 のいずれかに記載の方法。

【0797】

50

405. 銀インクが、硬化後に略5マイクロメートルから略15マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能である、実施形態400から404のいずれかに記載の方法。

【0798】

406. 複数の穿孔のうち少なくとも一つが略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を備える、実施形態400から405のいずれかに記載の方法。

【0799】

407. 銀ナノ構造が略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備える、実施形態400から406のいずれかに記載の方法。

【0800】

408. 銀インクが略50重量パーセントから略80重量パーセントまでの量の珪藻被殻を備える、実施形態400から407のいずれかに記載の方法。

【0801】

409. 銀シード層を形成することが、複数の穿孔内部の表面上に銀シード層を形成して、複数の銀シードでメッキされた穿孔を形成することを備える、実施形態401から408のいずれかに記載の方法。

【0802】

410. 銀シード層を形成することが、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀シード層を形成することを備える、実施形態401から409のいずれかに記載の方法。

【0803】

411. 銀ナノ構造を形成することが、複数の穿孔内部の表面上に銀ナノ構造を形成して、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔を形成することを備える、実施形態402から410のいずれかに記載の方法。

【0804】

412. 銀ナノ構造を形成することが、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀ナノ構造を形成することを備える、実施形態402から411のいずれかに記載の方法。

【0805】

413. 紫外線感受性成分が、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有する、実施形態400から412のいずれかに記載の方法。

【0806】

414. 紫外線感受性成分が、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有する、実施形態411から413のいずれかに記載の方法。

【0807】

415. 複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を光開始共力剤と混ぜることを備える、実施形態400から414のいずれかに記載の方法。

【0808】

416. 光開始共力剤が、エトキシ化ヘキサンジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサンジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を備える、実施形態415に記載の方法。

【0809】

417. 複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を光開始剤と混ぜることを備える、実施形態400から416のいずれかに記載の方法。

【0810】

418. 光開始剤が、2-メチル-1-(4-メチルチオ)フェニル-2-モルホリニル-1-プロパノンと、イソプロピルチオキサントンとのうち少なくとも一方を備える、実施形態417に記載の方法。

【0811】

10

20

30

40

50

419. 複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を極性ビニルモノマーと混ぜることを備える、実施形態400から418のいずれかに記載の方法。

【0812】

420. 極性ビニルモノマーが、n-ビニル-ピロリドンと、n-ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を備える、実施形態419に記載の方法。

【0813】

421. 複数の珪藻被殻部分をレオロジー改質剤と混ぜることを更に備える実施形態400から420のいずれかに記載の方法。

【0814】

422. 複数の珪藻被殻部分を架橋剤と混ぜることを更に備える実施形態400から421のいずれかに記載の方法。

【0815】

423. 複数の珪藻被殻部分をフロー及びレベル剤と混ぜることを更に備える、実施形態400から422のいずれかに記載の方法。

【0816】

424. 複数の珪藻被殻部分を、接着促進剤と湿潤剤と粘度低減剤とのうち少なくとも一種と混ぜることを更に備える実施形態400から423のいずれかに記載の方法。

【0817】

425. 銀ナノ構造が、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態400から424のいずれかに記載の方法。

【0818】

426. 銀シード層を形成することが、第一銀寄与成分及び複数の珪藻被殻部分に周期的な加熱方式を適用することを備える、実施形態401から425のいずれかに記載の方法。

【0819】

427. 銀シード層を形成することが、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備える、実施形態401から426のいずれかに記載の方法。

【0820】

428. シード層溶液が第一銀寄与成分及びシード層還元剤を備える、実施形態427に記載の方法。

【0821】

429. 銀ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備える、実施形態402から428のいずれかに記載の方法。

【0822】

430. 銀ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることの後に珪藻被殻部分を加熱することを更に備える、実施形態429に記載の方法。

【0823】

431. 銀ナノ構造を形成することが、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを備える、実施形態402から430のいずれかに記載の方法。

【0824】

432. 複数の珪藻被殻部分が、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られる、実施形態401から431のいずれかに記載の方法。

【0825】

433. プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備える、実施形態432に記載の方法。

【0826】

10

20

30

40

50

4 3 4. 紫外線感受性成分と、

複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分と、を備え、表面が複数の穿孔を備える、導電性銀インク。

【0 8 2 7】

4 3 5. 複数の珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態 4 3 4 に記載の導電性銀インク。

【0 8 2 8】

4 3 6. 複数の珪藻被殻部分が複数の珪藻被殻フレークを備える、実施形態 4 3 4 又は 4 3 5 に記載の導電性銀インク。

【0 8 2 9】

4 3 7. 銀インクが、硬化後に略 5 マイクロメートルから略 1 5 マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能である、実施形態 4 3 4 から 4 3 6 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 0】

4 3 8. 複数の穿孔のうち少なくとも一つが略 2 5 0 ナノメートルから略 3 5 0 ナノメートルまでの直径を備える、実施形態 4 3 4 から 4 3 7 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 1】

4 3 9. 銀ナノ構造が略 1 0 ナノメートルから略 5 0 0 ナノメートルまでの厚さを備える、実施形態 4 3 4 から 4 3 8 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 2】

4 4 0. 銀インクが略 5 0 重量パーセントから略 8 0 重量パーセントまでの範囲内の量の珪藻被殻を備える、実施形態 4 3 4 から 4 3 9 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 3】

4 4 1. 複数の穿孔のうち少なくとも一つが、銀ナノ構造を有する表面を備える、実施形態 4 3 4 から 4 4 0 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 4】

4 4 2. 複数の穿孔のうち少なくとも一つが、銀シード層を有する表面を備える、実施形態 4 3 4 から 4 4 1 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 5】

4 4 3. 複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面が銀ナノ構造を備える、実施形態 4 3 4 から 4 4 2 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 6】

4 4 4. 紫外線感受性成分が、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有する、実施形態 4 3 4 から 4 4 3 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 7】

4 4 5. 導電性銀インクが紫外線によって硬化可能である、実施形態 4 3 4 から 4 4 3 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 3 8】

4 4 6. 導電性銀インクが、硬化後に略 5 マイクロメートルから略 1 5 マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積される場合に硬化性である、実施形態 4 4 5 に記載の導電性銀インク。

【0 8 3 9】

4 4 7. 複数の穿孔が、紫外線が複数の珪藻被殻部分を通過することができるように構成された寸法を有する、実施形態 4 4 5 又は 4 4 6 に記載の導電性銀インク。

【0 8 4 0】

4 4 8. 導電性銀インクが熱硬化性である、実施形態 4 3 4 から 4 4 7 のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0 8 4 1】

4 4 9. 紫外線感受性成分が光開始共力剤を備える、実施形態 4 3 4 から 4 4 8 のいづ

10

20

30

40

50

れかに記載の導電性銀インク。

【0842】

450. 光開始共力剤が、エトキシ化ヘキサンジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサンジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を備える、実施形態449に記載の導電性銀インク。

【0843】

451. 紫外線感受性成分が光開始剤を備える、実施形態434から450のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0844】

452. 光開始剤が、2-メチル-1-(4-メチルチオ)フェニル-2-モルホリニル-1-プロパノンと、イソプロピルチオキサントンとのうち少なくとも一方を備える、実施形態451に記載の導電性銀インク。

【0845】

453. 紫外線感受性成分が極性ビニルモノマーを備える、実施形態434から452のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0846】

454. 極性ビニルモノマーが、n-ビニル-ピロリドンと、n-ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を備える、実施形態453に記載の導電性銀インク。

【0847】

455. レオロジー改質剤、架橋剤、フロー及びレベル剤、接着促進剤、湿潤剤、粘度低減剤とのうち少なくとも一種を更に備える実施形態434から454のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0848】

456. 銀ナノ構造が、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態434から455のいずれかに記載の導電性銀インク。

【0849】

457. 銀フィルムを製造する方法であって、

紫外線感受性成分と、複数の珪藻被殻部分の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分とを備える混合物を硬化させることを備え、表面が複数の穿孔を備える、方法。

【0850】

458. 複数の珪藻被殻部分の表面上に銀シード層を形成することを更に備える実施形態457に記載の方法。

【0851】

459. シード層上に銀ナノ構造を形成することを更に備える実施形態457又は458に記載の方法。

【0852】

460. 複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜて、銀インクを形成することを更に備える実施形態457から459のいずれかに記載の方法。

【0853】

461. 複数の珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態457から460のいずれかに記載の方法。

【0854】

462. 複数の珪藻被殻部分が複数の珪藻被殻フレークを備える、実施形態457から461のいずれかに記載の方法。

【0855】

463. 銀インクが、硬化後に略5マイクロメートルから略15マイクロメートルまでの厚さを有する層として堆積可能である、実施形態460から462のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

【0856】

464. 複数の穿孔のうち少なくとも一つが略250ナノメートルから略350ナノメートルまでの直径を備える、実施形態457から463のいずれかに記載の方法。

【0857】

465. 銀ナノ構造が略10ナノメートルから略500ナノメートルまでの厚さを備える、実施形態457から464のいずれかに記載の方法。

【0858】

466. 銀インクが略50重量パーセントから略80重量パーセントまでの範囲内の量の珪藻被殻を備える、実施形態460から465のいずれかに記載の方法。

【0859】

467. 銀シード層を形成することが、複数の穿孔内部の表面上に銀シード層を形成して、複数の銀シードでメッキされた穿孔を形成することを備える、実施形態458から466のいずれかに記載の方法。

【0860】

468. 銀シード層を形成することが、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀シード層を形成することを備える、実施形態458から467のいずれかに記載の方法。

【0861】

469. 銀ナノ構造を形成することが、複数の穿孔内部の表面上に銀ナノ構造を形成して、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔を形成することを備える、実施形態459から468のいずれかに記載の方法。

【0862】

470. 銀ナノ構造を形成することが、複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面上に銀ナノ構造を形成することを備える、実施形態459から469のいずれかに記載の方法。

【0863】

471. 混合物を硬化させることが、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する紫外線に混合物を晒すことを備える、実施形態457から470のいずれかに記載の方法。

【0864】

472. 混合物を硬化させることが、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する紫外線に混合物を晒すことを備える、実施形態469から471のいずれかに記載の方法。

【0865】

473. 混合物を硬化させることが、混合物を熱硬化させることを備える、実施形態457から472のいずれかに記載の方法。

【0866】

474. 紫外線感受性成分が、複数の穿孔の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有する、実施形態457から473のいずれかに記載の方法。

【0867】

475. 紫外線感受性成分が、複数の銀シードでメッキされた穿孔と、複数の銀ナノ構造でメッキされた穿孔とのうち少なくとも一方の寸法よりも短い波長を有する光放射線に感受性を有する、実施形態469から474のいずれかに記載の方法。

【0868】

476. 複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を光開始共力剤と混ぜることを備える、実施形態460から475のいずれかに記載の方法。

【0869】

477. 光開始共力剤が、エトキシ化ヘキサシジオールアクリレート、プロポキシ化ヘキサシジオールアクリレート、エトキシ化トリメチルプロパントリアクリレート、シアヌル酸トリアリル、及び、アクリル酸アミンのうち少なくとも一種を備える、実施形態476に記載の方法。

【0870】

４７８．複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を光開始剤と混ぜることを備える、実施形態４６０から４７７のいずれかに記載の方法。

【０８７１】

４７９．光開始剤が、２－メチル－１－（４－メチルチオ）フェニル－２－モルホリニル－１－プロパノンと、イソプロピルチオキサントンとのうち少なくとも一方を備える、実施形態４７８に記載の方法。

【０８７２】

４８０．複数の珪藻被殻部分を紫外線感受性成分と混ぜることが、複数の珪藻被殻部分を極性ビニルモノマーと混ぜることを備える、実施形態４６０から４７９のいずれかに記載の方法。

【０８７３】

４８１．極性ビニルモノマーが、*n*－ビニル－ピロリドンと、*n*－ビニルカプロラクタムとのうち少なくとも一方を備える、実施形態４８０に記載の方法。

【０８７４】

４８２．複数の珪藻被殻部分をレオロジー改質剤と混ぜることを更に備える実施形態４５７から４８１のいずれかに記載の方法。

【０８７５】

４８３．複数の珪藻被殻部分を架橋剤と混ぜることを更に備える実施形態４５７から４８２のいずれかに記載の方法。

【０８７６】

４８４．複数の珪藻被殻部分をフロー及びレベル剤と混ぜることを更に備える、実施形態４５７から４８３のいずれかに記載の方法。

【０８７７】

４８５．複数の珪藻被殻部分を、接着促進剤と湿潤剤と粘度低減剤とのうち少なくとも一種と混ぜることを更に備える実施形態４５７から４８４のいずれかに記載の方法。

【０８７８】

４８６．銀ナノ構造が、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態４５７から４８５のいずれかに記載の方法。

【０８７９】

４８７．銀シード層を形成することが、第一銀寄与成分及び複数の珪藻被殻部分に周期的な加熱方式を適用することを備える、実施形態４５８から４８６のいずれかに記載の方法。

【０８８０】

４８８．銀シード層を形成することが、珪藻被殻部分をシード層溶液と混ぜることを備える、実施形態４５８から４８７のいずれかに記載の方法。

【０８８１】

４８９．シード層溶液が第一銀寄与成分及びシード層還元剤を備える、実施形態４８８に記載の方法。

【０８８２】

４９０．銀ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることを備える、実施形態４５９から４８９のいずれかに記載の方法。

【０８８３】

４９１．銀ナノ構造を形成することが、珪藻被殻部分をナノ構造形成還元剤と混ぜることの後に珪藻被殻部分を加熱することを更に備える、実施形態４９０に記載の方法。

【０８８４】

４９２．銀ナノ構造を形成することが、ナノ構造形成溶媒及び第二銀寄与成分を備える滴定溶液で珪藻被殻部分を滴定することを備える、実施形態４５９から４９１のいずれかに記載の方法。

【０８８５】

10

20

30

40

50

４９３．複数の珪藻被殻部分が、珪藻被殻部分分離プロセスを介して得られる、実施形態４５７から４９２のいずれかに記載の方法。

【０８８６】

４９４．プロセスが、表面活性剤を用いて複数の珪藻被殻部分の凝集を低減することと、ディスクスタック遠心分離を用いることとのうち少なくとも一方を備える、実施形態４９３に記載の方法。

【０８８７】

４９５．複数の珪藻被殻部分の各々の表面上に銀ナノ構造を有する複数の珪藻被殻部分を備え、表面が複数の穿孔を備える、導電性銀フィルム。

【０８８８】

４９６．複数の珪藻被殻部分が複数の破損した珪藻被殻部分を備える、実施形態４９５に記載の導電性銀フィルム。

【０８８９】

４９７．複数の珪藻被殻部分が複数の珪藻被殻フレークを備える、実施形態４９５又は４９６に記載の導電性銀フィルム。

【０８９０】

４９８．複数の穿孔のうち少なくとも一つが略２５０ナノメートルから略３５０ナノメートルまでの直径を備える、実施形態４９５から４９７のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９１】

４９９．銀ナノ構造が略１０ナノメートルから略５００ナノメートルまでの厚さを備える、実施形態４９５から４９８のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９２】

５００．複数の穿孔のうち少なくとも一つが、銀ナノ構造を有する表面を備える、実施形態４９５から４９９のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９３】

５０１．複数の穿孔のうち少なくとも一つが、銀シード層を有する表面を備える、実施形態４９５から５００のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９４】

５０２．複数の珪藻被殻部分の実質的に全表面が銀ナノ構造を備える、実施形態４９５から５０１のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９５】

５０３．銀ナノ構造が、コーティング、ナノワイヤ、ナノプレート、稠密ナノ粒子アレイ、ナノベルト、ナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態４９５から５０２のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９６】

５０４．バインダー樹脂を更に備える実施形態４９５から５０３のいずれかに記載の導電性銀フィルム。

【０８９７】

５０５．印刷エネルギー貯蔵デバイスであって、
第一電極と、
第二電極と、
第一電極と第二電極との間のセパレータとを備え、第一電極と第二電極との少なくとも一方がマンガ含有ナノ構造を備える複数の被殻を含む、デバイス。

【０８９８】

５０６．被殻が実質的に均一な性質を有し、実質的に均一な性質が、被殻形状、被殻寸法、被殻多孔率、被殻機械的強度、被殻物質、及び、被殻破損度とのうち少なくとも一種を含む、実施形態５０５に記載のデバイス。

【０８９９】

５０７．マンガ含有ナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態５０５又は５０

10

20

30

40

50

6に記載のデバイス。

【0900】

508. マンガンの酸化物が酸化マンガン (II, III) を備える、実施形態507に記載のデバイス。

【0901】

509. マンガンの酸化物がオキシ水酸化マンガンを備える、実施形態507又は508に記載のデバイス。

【0902】

510. 第一電極と第二電極との少なくとも一方が酸化亜鉛ナノ構造を備える被殻を備える、実施形態505から509のいずれかに記載のデバイス。

10

【0903】

511. 酸化亜鉛ナノ構造がナノワイヤとナノプレートのうち少なくとも一方を備える、実施形態510に記載のデバイス。

【0904】

512. マンガン含有ナノ構造が被殻の実質的に全表面を覆っている、実施形態505から511のいずれかに記載のデバイス。

【0905】

513. エネルギー貯蔵デバイスの膜であって、マンガン含有ナノ構造を備える被殻を備える膜。

【0906】

20

514. マンガン含有ナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態513に記載の膜。

【0907】

515. マンガンの酸化物が酸化マンガン (II, III) を備える、実施形態514に記載の膜。

【0908】

516. マンガンの酸化物がオキシ水酸化マンガンを備える、実施形態514又は515に記載の膜。

【0909】

517. マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部がナノファイバを備える、実施形態513から516のいずれかに記載の膜。

30

【0910】

518. マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部が四面体形状を有する、実施形態513から517のいずれかに記載の膜。

【0911】

519. エネルギー貯蔵デバイスが亜鉛-マンガン電池を備える、実施形態513から518のいずれかに記載の膜。

【0912】

520. 印刷フィルム用のインクであって、

溶液と、

40

溶液中に分散したマンガン含有ナノ構造を備える被殻と、を備えるインク。

【0913】

521. マンガン含有ナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態520に記載のインク。

【0914】

522. マンガン含有ナノ構造が、 MnO_2 、 MnO 、 Mn_2O_3 、 $MnOOH$ 、及び Mn_3O_4 のうち少なくとも一種を備える、実施形態520又は521に記載のインク。

【0915】

523. マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部がナノファイバを備える、実施形

50

態 5 2 0 から 5 2 2 のいずれかに記載のインク。

【0 9 1 6】

5 2 4. マンガン含有ナノ構造のうち少なくとも一部が四面体形状を有する、実施形態 5 2 0 から 5 2 3 のいずれかに記載のインク。

【0 9 1 7】

5 2 5. 珪藻被殻部分上にマンガン含有ナノ構造を形成する方法であって、
酸化型酢酸マンガン溶液に被殻を加えることと、
被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を加熱することと、を備える方法。

【0 9 1 8】

5 2 6. 酸化型酢酸マンガン溶液を形成することを更に備え、酸化型酢酸マンガン溶液を形成することが、酢酸マンガン (I I) を過酸化水中に溶解させることを備える、実施形態 5 2 5 に記載の方法。

【0 9 1 9】

5 2 7. 酸化型酢酸マンガン溶液中の酢酸マンガン (I I) の濃度が略 0. 0 5 M から略 1. 2 M までの間である、実施形態 5 2 6 に記載の方法。

【0 9 2 0】

5 2 8. 酸化型酢酸マンガン溶液を形成することを更に備え、酸化型酢酸マンガン溶液を形成することが、マンガン塩を過酸化水中に溶解させることを備える、実施形態 5 2 5 から 5 2 7 のいずれかに記載の方法。

【0 9 2 1】

5 2 9. 酸化型酢酸マンガン溶液に酸化剤を加えることを更に備える実施形態 5 2 8 に記載の方法。

【0 9 2 2】

5 3 0. 酸化剤が過酸化物を備える、実施形態 5 2 9 に記載の方法。

【0 9 2 3】

5 3 1. 過酸化水を形成することを更に備え、過酸化水を形成することが水中に酸素ガスをバブリングすることを備える、実施形態 5 2 6 から 5 3 0 のいずれかに記載の方法。

【0 9 2 4】

5 3 2. 水中に酸素ガスをバブリングすることが、略 1 0 分から略 6 0 分までの持続期間にわたる、実施形態 5 3 1 に記載の方法。

【0 9 2 5】

5 3 3. 酸化型酢酸マンガン溶液中の被殻の重量パーセンテージが略 0. 0 1 重量% から略 1 重量% までの間である、実施形態 5 2 5 から 5 3 2 のいずれかに記載の方法。

【0 9 2 6】

5 3 4. 被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を熱処理することを更に備える実施形態 5 2 5 から 5 3 3 のいずれかに記載の方法。

【0 9 2 7】

5 3 5. 被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を熱処理することが、熱的手法を用いることを備える、実施形態 5 3 4 に記載の方法。

【0 9 2 8】

5 3 6. 熱的手法を用いることが、略 1 5 時間から略 5 0 時間までの間にわたって被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を或る温度に維持することを備える、実施形態 5 3 5 に記載の方法。

【0 9 2 9】

5 3 7. 温度が略 5 0 °C から略 9 0 °C までの間である、実施形態 5 3 6 に記載の方法。

【0 9 3 0】

5 3 8. 熱的手法を用いることが、被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を略 5 0 °C から略 9 0 °C までの間の或る温度に維持することを備える、実施形態 5 3 5 に記載の方法。

【0 9 3 1】

5 3 9. 被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を熱処理することが、マイクロ波手法を用い

10

20

30

40

50

ることを備える、実施形態 5 3 4 から 5 3 8 のいずれかに記載の方法。

【0 9 3 2】

5 4 0. 熱的手法を用いることが、略 1 0 分から略 1 2 0 分までの間にわたって被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を或る温度に維持することを備える、実施形態 5 3 9 に記載の方法。

【0 9 3 3】

5 4 1. 温度が略 5 0 ℃から略 1 5 0 ℃までの間である、実施形態 5 4 0 に記載の方法。

【0 9 3 4】

5 4 2. 熱的手法を用いることが、被殻及び酸化型酢酸マンガン溶液を略 5 0 ℃から略 1 5 0 ℃までの間の或る温度に維持することを備える、実施形態 5 3 9 に記載の方法。

10

【0 9 3 5】

5 4 3. 炭素含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆う、実施形態 5 2 5 から 5 4 2 のいずれかに記載の方法。

【0 9 3 6】

5 4 4. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノチューブを備える、実施形態 5 4 3 に記載の方法。

【0 9 3 7】

5 4 5. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノオニオンを備える、実施形態 5 4 3 又は 5 4 4 に記載の方法。

20

【0 9 3 8】

5 4 6. 炭素含有ナノ構造が還元型酸化グラフェンを備える、実施形態 5 4 3 から 5 4 5 のいずれかに記載の方法。

【0 9 3 9】

5 4 7. マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在している、実施形態 5 0 5 から 5 1 2 のいずれかに記載のデバイス。

【0 9 4 0】

5 4 8. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノチューブを備える、実施形態 5 4 7 に記載のデバイス。

30

【0 9 4 1】

5 4 9. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノオニオンを備える、実施形態 5 4 7 又は 5 4 8 に記載のデバイス。

【0 9 4 2】

5 5 0. 炭素含有ナノ構造が還元型酸化グラフェンを備える、実施形態 5 4 7 から 5 4 9 のいずれかに記載のデバイス。

【0 9 4 3】

5 5 1. マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在している、実施形態 5 1 3 から 5 1 9 のいずれかに記載の膜。

40

【0 9 4 4】

5 5 2. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノチューブを備える、実施形態 5 5 1 に記載の膜。

【0 9 4 5】

5 5 3. 炭素含有ナノ構造がカーボンナノオニオンを備える、実施形態 5 5 1 又は 5 5 2 に記載の膜。

【0 9 4 6】

5 5 4. 炭素含有ナノ構造が還元型酸化グラフェンを備える、実施形態 5 5 1 から 5 5 3 のいずれかに記載の膜。

【0 9 4 7】

50

５５５．マンガン含有ナノ構造が被殻の一部表面を覆い、炭素含有ナノ構造が被殻の他の表面を覆い、マンガン含有ナノ構造が炭素含有ナノ構造と散在している、実施形態５２０から５２４のいずれかに記載のインク。

【０９４８】

５５６．炭素含有ナノ構造がカーボンナノチューブを備える、実施形態５５５に記載のインク。

【０９４９】

５５７．炭素含有ナノ構造がカーボンナノオニオンを備える、実施形態５５５又は５５６に記載のインク。

【０９５０】

５５８．炭素含有ナノ構造が還元型酸化グラフェンを備える、実施形態５５５から５５６のいずれかに記載のインク。

【０９５１】

５５９．マンガンの酸化物を備えるナノ構造を備える第一組の被殻を備えるカソードと、酸化亜鉛を備えるナノ構造を備える第二組の被殻を備えるアノードと、を備えるエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５２】

５６０．マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態５５９に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５３】

５６１．マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態５５９又は５６０に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５４】

５６２．マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、実施形態５５９から５６１のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５５】

５６３．第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が略５重量％から略９５重量％までのマンガンの酸化物を備える、実施形態５５９から５６２のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５６】

５６４．第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が略７５重量％から略９５重量％までのマンガンの酸化物を備える、実施形態５６３に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５７】

５６５．第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が略５重量％から略９５重量％までの酸化亜鉛を備える、実施形態５５９から５６４のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５８】

５６６．第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が略５０重量％から略６０重量％までの酸化亜鉛を備える、実施形態５６５に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９５９】

５６７．アノードが電解質塩を更に備える、実施形態５５９から５６６のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６０】

５６８．電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態５６７に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６１】

５６９．カソードとアノードとの少なくとも一方がカーボンナノチューブを更に備える、実施形態５５９から５６８のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６２】

10

20

30

40

50

５７０．カソードとアノードとの少なくとも一方が導電性充填材を更に備える、実施形態５５９から５６９のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６３】

５７１．導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態５７０に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６４】

５７２．カソードとアノードとの少なくとも一方がイオン液体を更に備える、実施形態５５９から５７１のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６５】

５７３．カソードとアノードとの少なくとも一方がバインダーを更に備える、実施形態５５９から５７２のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６６】

５７４．カソードとアノードとの間にセパレータを更に備える実施形態５５９から５７３のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６７】

５７５．セパレータが第三組の被殻を備える、実施形態５７４に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６８】

５７６．第三組の被殻が表面改質を実質的に備えない、実施形態５７５に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９６９】

５７７．セパレータが電解質を更に備える、実施形態５７４から５７６のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７０】

５７８．電解質がイオン液体を備える、実施形態５７７に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７１】

５７９．電解質が電解質塩を備える、実施形態５７７又は５７８に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７２】

５８０．セパレータがポリマーを更に備える、実施形態５７４から５７９のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７３】

５８１．カソードに結合した第一集電体と、アノードに結合した第二集電体とを更に備える実施形態５５９から５８０のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７４】

５８２．第一集電体と第二集電体とのうち少なくとも一方が導電性箔を備える、実施形態５８１に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７５】

５８３．導電性箔が、アルミニウムと銅とニッケルとステンレス鋼とグラファイトとグラフェンとカーボンナノチューブとのうち少なくとも一種を備える、実施形態５８２に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７６】

５８４．第一集電体と第二集電体とのうち少なくとも一方が印刷集電体を備える、実施形態５８２又は５８３に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７７】

５８５．印刷集電体が、アルミニウムと銅とニッケルとビスマスと導電性炭素とカーボンナノチューブとグラフェンとグラファイトとのうち少なくとも一種を備える、実施形態５８４に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【０９７８】

10

20

30

40

50

５８６．少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、被殻。

【０９７９】

５８７．被殻が略５重量％から略９５重量％までの酸化亜鉛を備える複数のナノ構造を備える、実施形態５８６に記載の被殻。

【０９８０】

５８８．被殻が略５０重量％から略６０重量％までの酸化亜鉛を備えるナノ構造を備える、実施形態５８７に記載の被殻。

【０９８１】

５８９．複数のナノ構造が、ナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態５８６から５８８のいずれかに記載の被殻。

10

【０９８２】

５９０．少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、被殻。

【０９８３】

５９１．被殻が略５重量％から略９５重量％までのマンガンの酸化物を備える複数のナノ構造を備える、実施形態５９０に記載の被殻。

【０９８４】

５９２．被殻が略７５重量％から略９５重量％までのマンガンの酸化物を備える複数のナノ構造を備える、実施形態５９１に記載の被殻。

20

【０９８５】

５９３．マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態５９０から５９２のいずれかに記載の被殻。

【０９８６】

５９４．マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態５９０から５９３のいずれかに記載の被殻。

【０９８７】

５９５．マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、実施形態５９０から５９４のいずれかに記載の被殻。

30

【０９８８】

５９６．複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態５９０から５９５のいずれかに記載の被殻。

【０９８９】

５９７．複数のナノ構造がナノファイバと四面体形状ナノ結晶とのうち少なくとも一方を備える、実施形態５９０から５９６のいずれかに記載の被殻。

【０９９０】

５９８．エネルギー貯蔵デバイスの電極であって、
複数の被殻を備え、複数の被殻の各々が少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を備える、電極。

40

【０９９１】

５９９．電極がエネルギー貯蔵デバイスのアノードである、実施形態５９８に記載の電極。

【０９９２】

６００．アノードが電解質塩を更に備える、実施形態５９９に記載の電極。

【０９９３】

６０１．電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態６００に記載の電極。

【０９９４】

６０２．複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態５９９から６０１のいずれかに

50

記載の電極。

【0995】

603. 複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態599から602のいずれかに記載の電極。

【0996】

604. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略5重量%から略95重量%までの複数のナノ構造を備える、実施形態599から603のいずれかに記載の電極。

【0997】

605. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略50重量%から略60重量%までの複数のナノ構造を備える、実施形態604に記載の電極。 10

【0998】

606. 電極がエネルギー貯蔵デバイスのカソードである、実施形態598に記載の電極。

【0999】

607. 複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態606に記載の電極。

【1000】

608. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態607に記載の電極。

【1001】

609. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態607又は608に記載の電極。 20

【1002】

610. マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、実施形態607から609のいずれかに記載の電極。

【1003】

611. 複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態606から610のいずれかに記載の電極。

【1004】

612. 複数のナノ構造がナノファイバと四面体形状ナノ結晶とのうち少なくとも一方を備える、実施形態606から611のいずれかに記載の電極。 30

【1005】

613. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略5重量%から略95重量%までの複数のナノ構造を備える、実施形態606から611のいずれかに記載の電極。

【1006】

614. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略75重量%から略95重量%までの複数のナノ構造を備える、実施形態613に記載の電極。

【1007】

615. カーボンナノチューブを更に備える実施形態598から614のいずれかに記載の電極。 40

【1008】

616. 導電性充填材を更に備える実施形態598から615のいずれかに記載の電極。

【1009】

617. 導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態616に記載の電極。

【1010】

618. イオン液体を更に備える実施形態598から617のいずれかに記載の電極。

【1011】

619. バインダーを更に備える実施形態598から618のいずれかに記載の電極。

【1012】

620. 複数の被殻上に酸化亜鉛ナノ構造を形成する方法であって、
複数の被殻を提供することと、
複数の被殻上に酸化亜鉛を備えるシード層を形成して、複数の酸化亜鉛でシーディングされた被殻を提供することと、
複数の酸化亜鉛でシーディングされた被殻のシード層上に酸化亜鉛を備えるナノ構造を形成することと、を備える方法。

【1013】

621. シード層を形成することが、略2重量%から略5重量%までの複数の被殻を備えるシード層溶液を提供することを備える、実施形態620に記載の方法。

【1014】

622. シード層溶液が略0.1重量%から略0.5重量%までの亜鉛塩を備える、実施形態621に記載の方法。

【1015】

623. 亜鉛塩が $Zn(CH_3COO)_2$ を備える、実施形態622に記載の方法。

【1016】

624. シード層溶液が、略94.5重量%から略97.9重量%までのアルコールを備える、実施形態621から623のいずれかに記載の方法。

【1017】

625. アルコールがエタノールを備える、実施形態624に記載の方法。

【1018】

626. シード層溶液を加熱することを更に備える実施形態621から625のいずれかに記載の方法。

【1019】

627. シード層溶液を加熱することが、略80℃よりも高い温度にシード層溶液を加熱することを備える、実施形態626に記載の方法。

【1020】

628. シード層溶液を加熱することが、シード層溶液を真空オーブン中で加熱することを備える、実施形態626又は627に記載の方法。

【1021】

629. シード層溶液を真空オーブン中で加熱することが、略1ミリバールの圧力で加熱することを備える、実施形態628に記載の方法。

【1022】

630. 複数の被殻をアニーリングすることを更に備える実施形態621から629のいずれかに記載の方法。

【1023】

631. アニーリングが略200℃から略300℃までの或る温度でアニーリングすることを備える、実施形態631に記載の方法。

【1024】

632. 酸化亜鉛ナノ構造を形成することが、略1重量%から略5重量%までの複数の酸化亜鉛でシーディングされた被殻を備えるナノ構造溶液を形成することを備える、実施形態620から631のいずれかに記載の方法。

【1025】

633. ナノ構造溶液が略6重量%から略10重量%までの亜鉛塩を備える、実施形態632に記載の方法。

【1026】

634. 亜鉛塩が $Zn(NO_3)_2$ を備える、実施形態633に記載の方法。

【1027】

635. ナノ構造溶液が略1重量%から略2重量%までの塩基を備える、実施形態632から634のいずれかに記載の方法。

【1028】

10

20

30

40

50

636. 塩基が水酸化アンモニウム (NH_4OH) を備える、実施形態636に記載の方法。

【1029】

637. ナノ構造溶液が略1重量%から略5重量%までの添加剤を備える、実施形態632から636のいずれかに記載の方法。

【1030】

638. 添加剤がヘキサメチレンテトラアミン (HMTA) を備える、実施形態637に記載の方法。

【1031】

639. ナノ構造溶液が略78重量%から略91重量%までの純水を備える、実施形態632から638のいずれかに記載の方法。

10

【1032】

640. 酸化亜鉛ナノ構造を形成することが、ナノ構造溶液を加熱することを備える、実施形態632から638のいずれかに記載の方法。

【1033】

641. 加熱がマイクロ波で加熱することを備える、実施形態640に記載の方法。

【1034】

642. 加熱が略100℃から略250℃までの或る温度に加熱することを備える、実施形態640又は641に記載の方法。

【1035】

643. 加熱中に攪拌することを更に備える実施形態640から642のいずれかに記載の方法。

20

【1036】

644. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略5重量%から略95重量%までの酸化亜鉛を備える、実施形態620から643のいずれかに記載の方法。

【1037】

645. 複数の被殻上にマンガンの酸化物を備えるナノ構造を形成する方法であって、複数の被殻を提供することと、

複数の被殻上にマンガンの酸化物を備えるナノ構造を形成することと、を備え、ナノ構造を形成することが、マンガンの酸化物を備えるナノ構造を形成するためのマンガン源を備える溶液を提供することを備える、方法。

30

【1038】

646. マンガン源がマンガン塩を備え、溶液が略7重量%から略10重量%までのマンガン塩を備える、実施形態645に記載の方法。

【1039】

647. マンガン塩が酢酸マンガン ($\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) を備える、実施形態646に記載の方法。

【1040】

648. 溶液が略0.5重量%から略2重量%までの複数の被殻を備える、実施形態645から647のいずれかに記載の方法。

40

【1041】

649. 溶液が略5重量%から略10重量%までの塩基を備える、実施形態645から648のいずれかに記載の方法。

【1042】

650. 塩基が水酸化アンモニウム (NH_4OH) を備える、実施形態649に記載の方法。

【1043】

651. 溶液が略70重量%から略87.5重量%までの過酸化純水を備える、実施形態645から650のいずれかに記載の方法。

【1044】

50

652. 溶液を加熱することを更に備える実施形態645から651のいずれかに記載の方法。

【1045】

653. 加熱がマイクロ波で加熱することを備える、実施形態652に記載の方法。

【1046】

654. 溶液を加熱することが、略100℃から略250℃までの或る温度に加熱することを備える、実施形態652又は653に記載の方法。

【1047】

655. 加熱しながら攪拌することを更に備える実施形態652から654のいずれかに記載の方法。

【1048】

656. エネルギー貯蔵デバイスの電極用のインクであって、
複数の被殻であって、複数の被殻の各々が表面上に形成された複数のナノ構造を備える、
複数の被殻と、
ポリマーバインダーと、を備える、インク。

【1049】

657. 電極がエネルギー貯蔵デバイスのアノードである、実施形態656に記載のインク。

【1050】

658. 複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態657に記載のインク。

【1051】

659. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略5重量%から略95重量%までのナノ構造を備える、実施形態657又は658に記載のインク。

【1052】

660. 電解質塩を更に備える実施形態657から659のいずれかに記載のインク。

【1053】

661. 電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態660に記載のインク。

【1054】

662. 亜鉛塩が亜鉛テトラフルオロボレートを備える、実施形態661に記載のインク。

【1055】

663. 電極がエネルギー貯蔵デバイスのカソードである、実施形態656に記載のインク。

【1056】

664. 複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態663に記載のインク。

【1057】

665. マンガンの酸化物がMnOを備える、実施形態664に記載のインク。

【1058】

666. マンガンの酸化物がMn₃O₄を備える、実施形態664又は665に記載のインク。

【1059】

667. マンガンの酸化物がMn₂O₃とMnOOHとのうち少なくとも一方を備える、実施形態663から666のいずれかに記載のインク。

【1060】

668. 複数の被殻のうち少なくとも一つが略5重量%から略95重量%のナノ構造を備える、実施形態663から667のいずれかに記載のインク。

【1061】

669. 略10重量%から略20重量%までの複数の被殻を更に備える実施形態656から668のいずれかに記載のインク。

10

20

30

40

50

【1062】

670. イオン液体を更に備える実施形態656から669のいずれかに記載のインク。

【1063】

671. インクが略2重量%から略15重量%までのイオン液体を備える、実施形態670に記載のインク。

【1064】

672. イオン液体が1-エチル-3-エチルイミダゾリウムテトラフルオロボレート
を備える、実施形態670又は671に記載のインク。

【1065】

673. 導電性充填材を更に備える実施形態656から672のいずれかに記載のインク。

【1066】

674. 最大略10重量%の導電性充填材を備える実施形態673に記載のインク。

【1067】

675. 導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態673又は674に記載のインク。

【1068】

676. カーボンナノチューブを更に備える実施形態656から675のいずれかに記載のインク。

【1069】

677. 略0.2重量%から略20重量%までのカーボンナノチューブを備える実施形態676に記載のインク。

【1070】

678. カーボンナノチューブが多層カーボンナノチューブを備える、実施形態676
又は677に記載のインク。

【1071】

679. 略1重量%から略5重量%までのポリマーバインダーを備える実施形態656
から678のいずれかに記載のインク。

【1072】

680. ポリマーバインダーがポリフッ化ビニリデンを備える、実施形態679に記載
のインク。

【1073】

681. 溶媒を更に備える実施形態656から680のいずれかに記載のインク。

【1074】

682. 略47重量%から略86.8重量%までの溶媒を備える実施形態681に記載
のインク。

【1075】

683. 溶媒がN-メチル-2-ピロリドン
を備える、実施形態681又は682に記載のインク。

【1076】

684. エネルギー貯蔵デバイスの電極用のインクを調製する方法であって、
イオン液体を提供することと、
イオン液体中に複数のカーボンナノチューブを分散させて、複数のカーボンナノチューブ及びイオン液体を備える第一分散体を形成することと、
複数の被殻を加えることと、を備え、複数の被殻の各々が表面上に複数のナノ構造を備える、方法。

【1077】

685. 複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態684に記載の方法。

【1078】

10

20

30

40

50

686. 複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態684に記載の方法。

【1079】

687. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態686に記載の方法。

【1080】

688. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態686又は687に記載の方法。

【1081】

689. マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、686から688のいずれかに記載の方法。

【1082】

690. 複数のカーボンナノチューブとイオン液体と溶媒とを備える第二分散体を形成することを更に備える、実施形態684から689のいずれかに記載の方法。

【1083】

691. 溶媒がN-メチル-2-ピロリドンを備える、実施形態690に記載の方法。

【1084】

692. 複数の被殻を加えることが、第二分散体に複数の被殻を加えて、第一混合物を形成することを備える、実施形態690又は691に記載の方法。

【1085】

693. 第二分散体に導電性充填材を加えて、第一混合物を形成することを更に備える実施形態692に記載の方法。

【1086】

694. 導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態693に記載の方法。

【1087】

695. 第一混合物に電解質塩を加えて、第二混合物を形成することを更に備える実施形態692又は693のいずれかに記載の方法。

【1088】

696. 電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態695に記載の方法。

【1089】

697. 亜鉛塩が亜鉛テトラフルオロボレーンを備える、実施形態696に記載の方法。

【1090】

698. 複数の被殻を加えること、導電性充填材を加えること、及び電解質塩を加えることとのうち少なくとも一つが攪拌を備える、実施形態695から697のいずれかに記載の方法。

【1091】

699. 攪拌が遠心分離混合器を適用することを備える、実施形態698に記載の方法。

【1092】

700. 第二混合物に溶液を加えて、第三混合物を形成することを更に備え、溶液が溶媒及びポリマーバインダーを備える、実施形態695から699のいずれかに記載の方法。

【1093】

701. ポリマーバインダーが溶液の略10重量%から略20重量%までである、実施形態700に記載の方法。

【1094】

702. ポリマーバインダーがポリフッ化ビニリデンを備える、実施形態700又は701に記載の方法。

【1095】

703. 第三混合物を加熱することを更に備える実施形態700から702のいずれかに記載の方法。

10

20

30

40

50

【1096】

704. 加熱が、略80℃から略180℃までの或る温度に加熱することを備える、実施形態703に記載の方法。

【1097】

705. 加熱しながら攪拌することを備える、実施形態703又は704に記載の方法。

【1098】

706. エネルギー貯蔵デバイスを印刷する方法であって、
複数の第一被殻を備える第一電極を印刷することであって、複数の被殻の各々が表面上に第一組のナノ構造を備える、ことと、
第一電極の上にセパレータを印刷することと、を備える方法。

10

【1099】

707. 第一集電体を提供することを更に備え、第一電極を印刷することが、第一集電体上に第一電極を印刷することを備える、実施形態706に記載の方法。

【1100】

708. 第一集電体を提供することが第一導電性箔を提供することを備える、実施形態707に記載の方法。

【1101】

709. 第二集電体を提供することを更に備える実施形態706から708のいずれかに記載の方法。

20

【1102】

710. 第二集電体を提供することが第二導電性箔を提供することを備える、実施形態709に記載の方法。

【1103】

711. 第二電極を印刷することを更に備え、第二電極が第二組の被殻を備え、第二組の被殻の各々が表面上に第二組のナノ構造を備える、実施形態710に記載の方法。

【1104】

712. 第二電極を印刷することが、セパレータの上に第二電極を印刷することを備える、実施形態711に記載の方法。

【1105】

713. 第二電極を印刷することが、第二集電体の上に第二電極を印刷することを備える、実施形態711に記載の方法。

30

【1106】

714. 第二電極の上にセパレータを印刷することを更に備える実施形態713に記載の方法。

【1107】

715. 第一集電体を提供することが第一集電体を印刷することを備える、実施形態707に記載の方法。

【1108】

716. セパレータの上に第二電極を印刷することを更に備え、第二電極が第二組の被殻を備え、第二組の被殻の各々が表面上に第二組のナノ構造を備える、実施形態715に記載の方法。

40

【1109】

717. 第二電極の上に第二集電体を印刷することを更に備える実施形態716に記載の方法。

【1110】

718. 第一集電体から或る横方向距離に第二集電体を印刷することを更に備える実施形態715に記載の方法。

【1111】

719. 第一集電体から横方向距離にある第二集電体の上に第二電極を印刷することを

50

更に備え、第二電極が第二組の被殻を備え、第二組の被殻の各々が表面上に第二組のナノ構造を備える、実施形態 7 1 8 に記載の方法。

【1 1 1 2】

7 2 0. セパレータを印刷することが、第一電極及び第二電極の上にセパレータを印刷することを備える、実施形態 7 1 9 に記載の方法。

【1 1 1 3】

7 2 1. エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、

第一構造を形成することであって、

第一集電体の上に第一電極を印刷することと、

第一電極の上にセパレータを印刷することと、を備える第一構造を形成することと、 10

第二構造を形成することであって、

第二集電体の上に第二電極を印刷することを備える第二構造を形成することと、

第一構造を第二構造に結合させて、エネルギー貯蔵デバイスを形成することと、を備え

、

結合させることが、第一電極と第二電極との間にセパレータを与えることを備える、方法。

【1 1 1 4】

7 2 2. エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、

第一構造を形成することであって、

第一集電体の上に第一電極を印刷することと、 20

第一電極の上にセパレータの第一部分を印刷することと、を備える第一構造を形成することと、

第二構造を形成することであって、

第二集電体の上に第二電極を印刷することと、

第二電極の上にセパレータの第二部分を印刷することと、を備える第二構造を形成することと、

第一構造を第二構造に結合させて、エネルギー貯蔵デバイスを形成することと、を備え

、

結合させることが、第一電極と第二電極との間にセパレータの第一部分及びセパレータの第二部分を与えることを備える、方法。 30

【1 1 1 5】

7 2 3. エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、

第一構造を形成することであって、

第一集電体の上に第一電極を印刷することと、

第一電極の上にセパレータを印刷することと、

セパレータ上に第二電極を印刷することとを備える、第一構造を形成することと、

第二構造を形成することであって、第二集電体を提供することを備える、第二構造を提供することと、

第一構造を第二構造に結合させて、エネルギー貯蔵デバイスを形成することと、を備え 40

、

結合させることが、第二集電体とセパレータとの間に第二電極を与えることを備える、方法。

【1 1 1 6】

7 2 4. 第一集電体が導電性箔を備える、実施形態 7 2 1 から 7 2 3 のいずれかに記載の方法。

【1 1 1 7】

7 2 5. 基板上に第一集電体を形成することを更に備える実施形態 7 2 1 から 7 2 3 のいずれかに記載の方法。

【1 1 1 8】

7 2 6. 第一集電体を形成することが、基板の上に第一集電体を印刷することを備える 50

、実施形態 7 2 5 に記載の方法。

【1 1 1 9】

7 2 7. 第二集電体導電性箔を備える、実施形態 7 2 1 から 7 2 6 のいずれかに記載の方法。

【1 1 2 0】

7 2 8. 第二基板上に第二集電体を形成することを更に備える実施形態 7 2 1 から 7 2 6 のいずれかに記載の方法。

【1 1 2 1】

7 2 9. 第二集電体を形成することが、基板の上に第二集電体を印刷することを備える、実施形態 7 2 8 に記載の方法。

【1 1 2 2】

7 3 0. エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、
第一集電体を印刷することと、
第一集電体の上に第一電極を印刷することと、
第一電極の上にセパレータを印刷することと、
セパレータの上に第二電極を印刷することと、
第二電極の上に第二集電体を印刷することと、を備える方法。

【1 1 2 3】

7 3 1. エネルギー貯蔵デバイスを製造する方法であって、
第一集電体を印刷することと、
第一集電体から或る横方向距離に第二集電体を印刷することと、
第一集電体の上に第一電極を印刷することと、
第二集電体の上に第二電極を印刷することと、
第一電極及び第二電極の上及び第一電極と第二電極との間にセパレータを印刷することと、を備える方法。

【1 1 2 4】

7 3 2. 第一電極が第一組の被殻を備え、第一組の被殻の各々が少なくとも一つの表面上に形成されたナノ構造を備える、実施形態 7 2 1 から 7 3 1 のいずれかに記載の方法。

【1 1 2 5】

7 3 3. ナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態 7 3 2 に記載の方法。

【1 1 2 6】

7 3 4. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態 7 3 3 に記載の方法。

【1 1 2 7】

7 3 5. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態 7 3 3 又は 7 3 4 に記載の方法。

【1 1 2 8】

7 3 6. マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、7 3 3 から 7 3 5 のいずれかに記載の方法。

【1 1 2 9】

7 3 7. 第二電極が第二組の被殻を備え、第二組の被殻の各々がナノ構造を備える、実施形態 7 2 1 から 7 3 6 のいずれかに記載の方法。

【1 1 3 0】

7 3 8. ナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態 7 3 7 に記載の方法。

【1 1 3 1】

7 3 9. セパレータが第三組の被殻を備え、第三組の被殻の各々が表面改質を実質的に備えない、実施形態 7 2 1 から 7 3 8 のいずれかに記載の方法。

【1 1 3 2】

7 4 0. マンガンの酸化物を備えるナノ構造を備える第一組の被殻を備えるカソードと、
酸化亜鉛を備えるナノ構造を備える第二組の被殻を備えるアノードと、を備えるエネルギー

10

20

30

40

50

ギー貯蔵デバイス。

【1133】

741. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態740に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1134】

742. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 と Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一種を備える、実施形態740又は741に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1135】

743. 第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が、略1:20から略20:1までのマンガンの酸化物の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を備える、実施形態740から742のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。 10

【1136】

744. 第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻が、略1:20から略20:1までの酸化亜鉛の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を備える、実施形態740から743のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1137】

745. アノードが電解質塩を更に備える、実施形態740から744のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1138】

746. 電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態745に記載のエネルギー貯蔵デバイス。 20

【1139】

747. カソードとアノードとのうち少なくとも一方がカーボンナノチューブを更に備える、実施形態740から746のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1140】

748. カソードとアノードとのうち少なくとも一方が導電性充填材を更に備える、実施形態740から747のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1141】

749. 導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態748に記載のエネルギー貯蔵デバイス。 30

【1142】

750. カソードとアノードとの間にセパレータを更に備え、セパレータが第三組の被殻を備える、実施形態740から749のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1143】

751. 第三組の被殻が表面改質を実質的に備えない、実施形態750に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1144】

752. カソードとアノードとセパレータとのうち少なくとも一つがイオン液体を備える、実施形態750又は751に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1145】

753. 再充電可能電池である実施形態740から752のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。 40

【1146】

754. 第一組の被殻がマンガンの酸化物を備えるナノ構造によって実質的に塞がれていない第一組の細孔を備え、第二組の被殻が酸化亜鉛を備えるナノ構造によって実質的に塞がれていない第二組の細孔を備える、実施形態740から753のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1147】

755. 少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、複数のナノ構造が酸化亜鉛を備え、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比が略1:1から略20: 50

1 までである、被殻。

【1148】

756. 複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態755に記載の被殻。

【1149】

757. 複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える実施形態755又は756に記載の被殻。

【1150】

758. 少なくとも一つの表面上に複数のナノ構造を備える被殻であって、複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備え、複数のナノ構造の質量対被殻の質量の比が略1:1から略20:1までである、被殻。

10

【1151】

759. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態758に記載の被殻。

【1152】

760. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 を備える、実施形態758又は759に記載の被殻。

【1153】

761. マンガンの酸化物が Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一方を備える、実施形態758から760のいずれかに記載の被殻。

【1154】

762. 複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態758から761のいずれかに記載の被殻。

20

【1155】

763. 複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える実施形態758から762のいずれかに記載の被殻。

【1156】

764. エネルギー貯蔵デバイスの電極であって、

複数の被殻を備え、複数の被殻の各々が少なくとも一つの表面上に形成された複数のナノ構造を備え、複数の被殻のうち少なくとも一つが1:20から20:1までの複数のナノ構造の質量対該少なくとも一つの被殻の質量の比を備える、電極。

30

【1157】

765. エネルギー貯蔵デバイスのアノードである、実施形態764に記載の電極。

【1158】

766. アノードが電解質塩を更に備える、実施形態765に記載の電極。

【1159】

767. 電解質塩が亜鉛塩を備える、実施形態766に記載の電極。

【1160】

768. 複数のナノ構造が酸化亜鉛を備える、実施形態765から767のいずれかに記載の電極。

40

【1161】

769. 複数のナノ構造がナノワイヤとナノプレートと稠密ナノ粒子とナノベルトとナノディスクとのうち少なくとも一種を備える、実施形態764から768のいずれかに記載の電極。

【1162】

770. エネルギー貯蔵デバイスのカソードである、実施形態764から769のいずれかに記載の電極。

【1163】

771. 複数のナノ構造がマンガンの酸化物を備える、実施形態770に記載の電極。

【1164】

50

772. マンガンの酸化物が MnO を備える、実施形態 771 に記載の電極。

【1165】

773. マンガンの酸化物が Mn_3O_4 と Mn_2O_3 と $MnOOH$ とのうち少なくとも一種を備える、実施形態 771 又は 772 に記載の電極。

【1166】

774. カーボンナノチューブを更に備える実施形態 764 から 773 のいずれかに記載の電極。

【1167】

775. 導電性充填材を更に備える実施形態 764 から 774 のいずれかに記載の電極。

【1168】

776. 導電性充填材がグラファイトを備える、実施形態 775 に記載の電極。

【1169】

777. イオン液体を更に備える実施形態 764 から 776 のいずれかに記載の電極。

【1170】

778. 複数の被殻の各々が複数のナノ構造によって実質的に塞がれていない複数の細孔を備える、実施形態 764 から 777 のいずれかに記載の電極。

【1171】

779. 第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻のマンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 20 から略 100 : 1 までである、実施形態 559 から 562 及び 565 のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1172】

780. 第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻のマンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形態 779 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1173】

781. 第一組の被殻のうち少なくとも一つの被殻のマンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 20 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形態 779 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1174】

782. 第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の ZnO の質量対第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量の比が略 1 : 20 から略 100 : 1 までである、実施形態 559 から 564、567 から 585、及び 779 から 781 のいずれかに記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1175】

783. 第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の ZnO の質量対第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量の比が略 1 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形態 782 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1176】

784. 第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の ZnO の質量対第二組の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量の比が略 20 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形態 782 に記載のエネルギー貯蔵デバイス。

【1177】

785. ZnO の質量対被殻の質量が略 1 : 20 から略 100 : 1 までである、実施形態 586 から 589 のいずれかに記載の被殻。

【1178】

786. ZnO の質量対被殻の質量が略 1 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形態 785 に記載の被殻。

【1179】

787. ZnO の質量対被殻の質量が略 20 : 1 から略 100 : 1 までである、実施形

10

20

30

40

50

態 7 8 5 に記載の被殻。

【1 1 8 0】

7 8 8. マンガンの酸化物を備える複数のナノ構造の質量対被殻の質量が略 1 : 2 0 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 5 9 0 及び 5 9 3 から 5 9 7 のいずれかに記載の被殻。

【1 1 8 1】

7 8 9. マンガンの酸化物を備える複数のナノ構造の質量対被殻の質量が略 1 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 8 8 に記載の被殻。

【1 1 8 2】

7 9 0. マンガンの酸化物を備える複数のナノ構造の質量対被殻の質量が略 2 0 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 8 8 に記載の被殻。 10

【1 1 8 3】

7 9 1. 複数のナノ構造の質量対複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 2 0 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 5 9 8 から 6 0 3、6 0 6 から 6 1 2、及び 6 1 5 から 6 1 9 のいずれかに記載の電極。

【1 1 8 4】

7 9 2. 複数のナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 1 に記載の電極。

【1 1 8 5】

7 9 3. 複数のナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 2 0 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 1 に記載の電極。 20

【1 1 8 6】

7 9 4. 酸化亜鉛の質量対複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 2 0 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 6 2 0 から 6 4 3 のいずれかに記載の方法。

【1 1 8 7】

7 9 5. 酸化亜鉛の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 4 に記載の方法。

【1 1 8 8】

7 9 6. 酸化亜鉛の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 2 0 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 4 に記載の方法。 30

【1 1 8 9】

7 9 7. マンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 2 0 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 6 4 5 から 6 5 5 のいずれかに記載の方法。

【1 1 9 0】

7 9 8. マンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 7 に記載の方法。

【1 1 9 1】

7 9 9. マンガンの酸化物を備えるナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 2 0 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 7 9 7 に記載の方法。 40

【1 1 9 2】

8 0 0. 複数のナノ構造の質量対複数の被殻のうち少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 2 0 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 6 5 6 から 6 5 8、6 6 0 から 6 6 7、及び 6 6 9 から 6 8 3 のいずれかに記載のインク。

【1 1 9 3】

8 0 1. 複数のナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 1 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 8 0 0 に記載のインク。

【1 1 9 4】

8 0 2. 複数のナノ構造の質量対少なくとも一つの被殻の質量が略 2 0 : 1 から略 1 0 0 : 1 までである、実施形態 8 0 0 に記載のインク。 50

【1195】

本願で説明される方法及びデバイスは、その具体的な例が図面に示されて本願で詳細に説明されているが、多様な修正及び変形が可能なものである。本発明は開示されている特定の形態や方法に限定されるものではなく、逆に、本発明は、説明されている多様な実施形態及び添付の特許請求の範囲の要旨及び範囲内に入る全ての修正、等価物及び変形をカバーするものである。また、実施形態の特定の特徵及び態様の多様な組み合わせや部分的な組み合わせも行うことができ本発明の範囲内に入るものである。開示される実施形態の多様な特徵及び態様を互いに組み合わせ又は置換して、本開示の発明の実施形態のモードを変更し得ることを理解されたい。更に、一実施形態に関する特定の特徵、態様、方法、性質、特性、質、特質、要素等の開示を、本願に与えられている他の全ての実施形態において用いることができる。

10

【1196】

本願で開示されている方法は記載されている順序で行う必要はない。本願で開示されている方法は当業者によって行われる特定の動作を含み得るが、本方法は明示的又は暗示的にそのような動作の第三者による指示を含み得る。例えば、「酸化型酢酸マンガン溶液に被殻を加えること」は、「酸化型酢酸マンガン溶液に被殻を加えることを指示すること」を含む。

【1197】

本願で開示されている範囲は、そのあらゆる全ての重複、部分的な範囲及び組み合わせも含む。「最大」、「少なくとも」、「以上」、「以下」、「間」等の用語はそこに記載されている数字を含む。「略」や「約」等の用語が前に来る数字は記載されている数字を含み、また、その状況に基づいて解釈されるものである（例えば、その状況下で合理的に可能な精度のものとして、例えば、±5%、±10%、±15%等）。例えば、「略3.5mm」は「3, 5mm」を含む。「実質的に」等の用語が前に来る記載は、その記載を含み、また、その状況に基づいて解釈される（例えば、その状況下で合理的に可能な限り）。例えば、「実質的に一定」は「一定」を含む。

20

【1198】

本願で見出しが与えられている場合、その見出しは便宜上ためだけのものであり、本開示のデバイスや方法の範囲や意味に必ずしも影響するものではない。

【符号の説明】

30

【1199】

- 100、200、210、220、230、240 エネルギー貯蔵デバイス
- 110 第一集電体
- 120 第二集電体
- 130 セパレータ
- 140 第一電極
- 150 第二電極
- 202、212、222 第一構造
- 204、214、224 第二構造
- 300 セパレータ
- 320 被殻
- 340 電解質
- 360 ポリマー
- 400 電極
- 420 被殻
- 460 導電性充填材

40

【図 1】

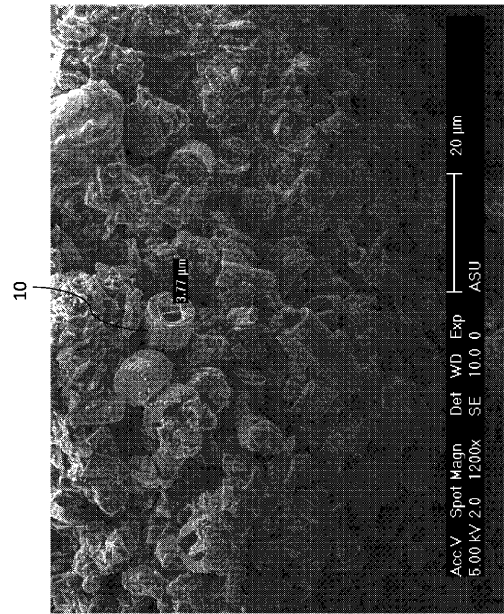


Fig. 1

【図 2】

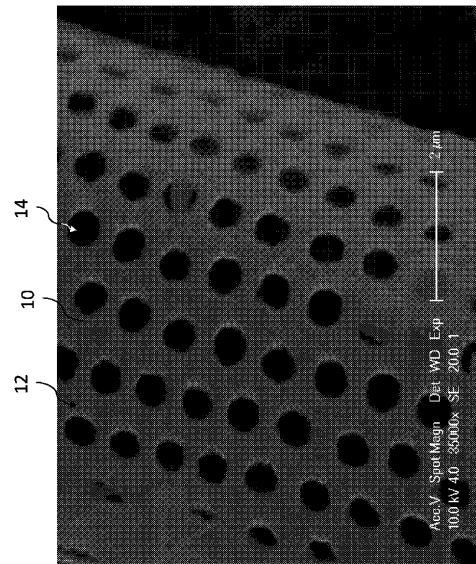


Fig. 2

【図 3】

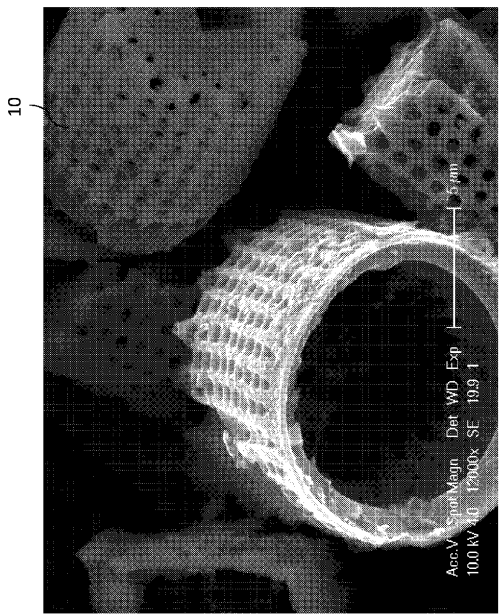


Fig. 3

【図 4 A】

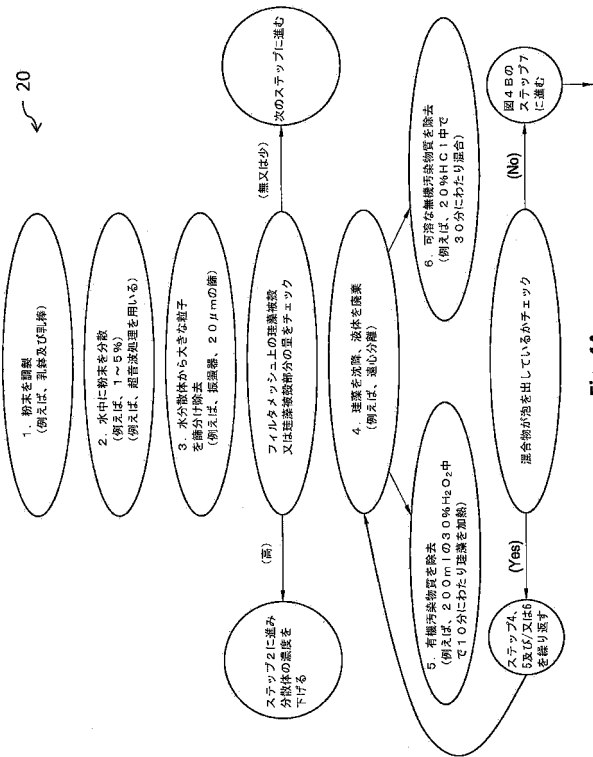


Fig. 4A

【図 4 B】

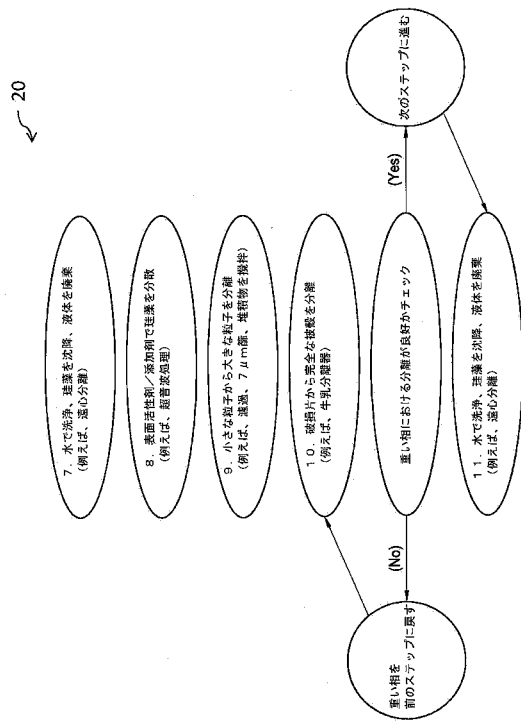


Fig. 4B

【図 5 A】

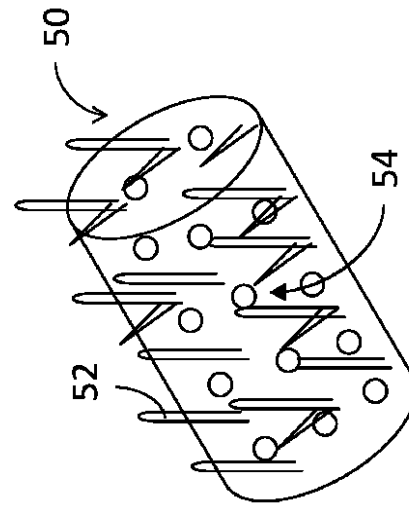
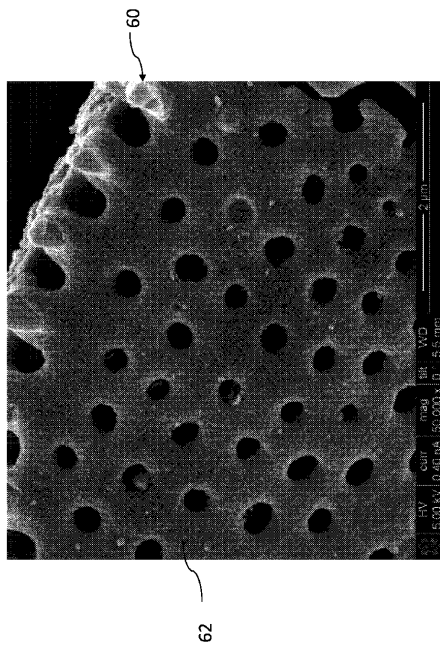
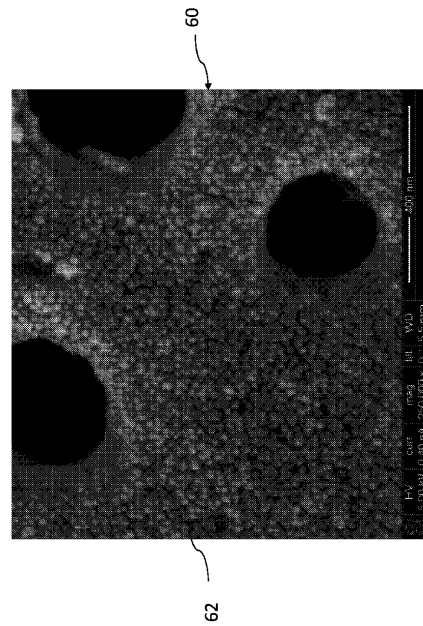


Fig. 5A

【図 5 B】



【図 5 C】



【図 5 D】

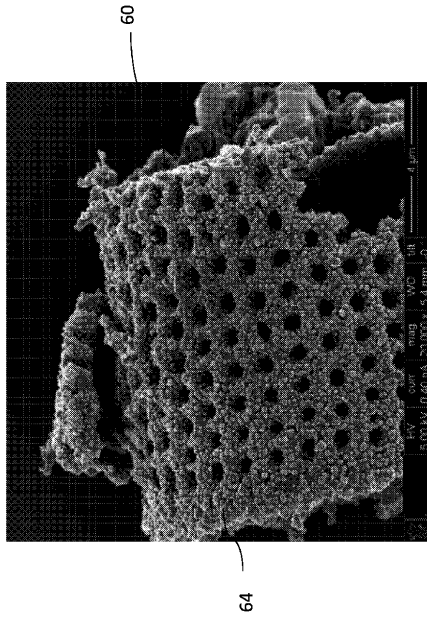


Fig. 5D

【図 5 E】

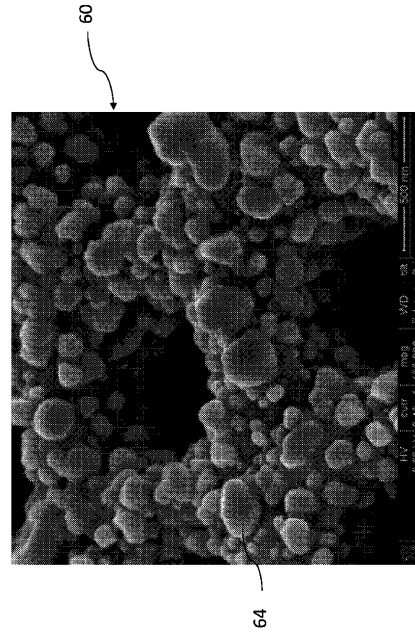


Fig. 5E

【図 5 F】

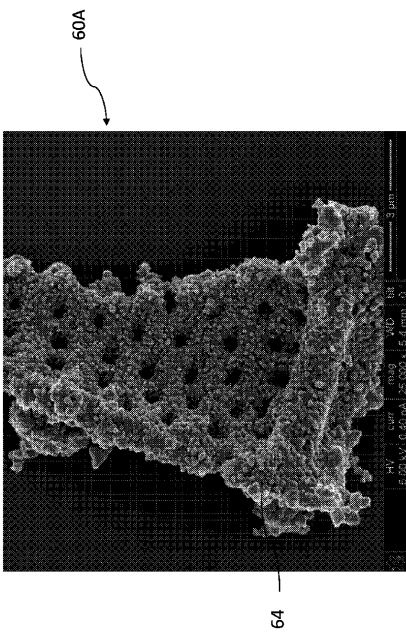


Fig. 5F

【図 5 G】

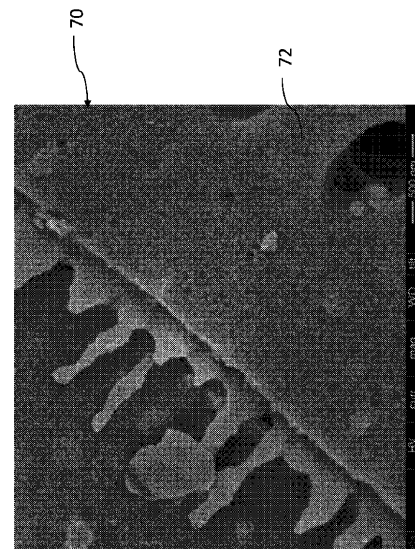


Fig. 5G

【図 5 H】

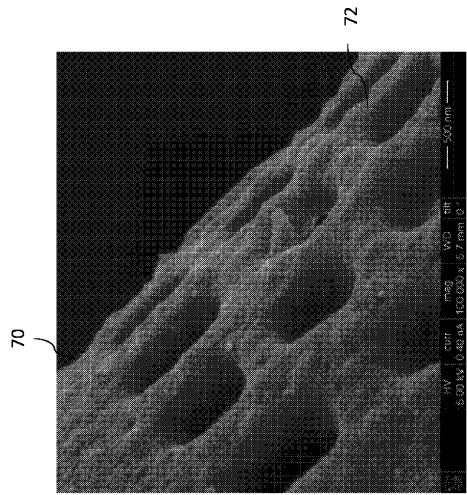


Fig. 5H

【図 5 I】

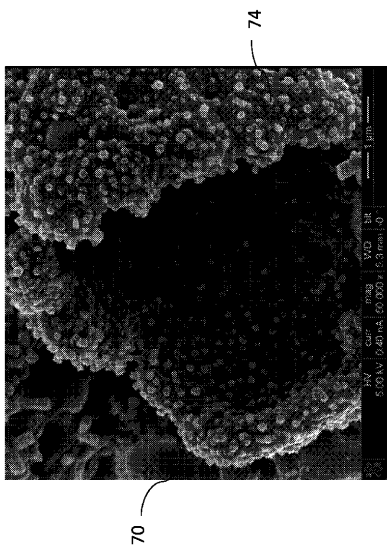


Fig. 5I

【図 5 J】

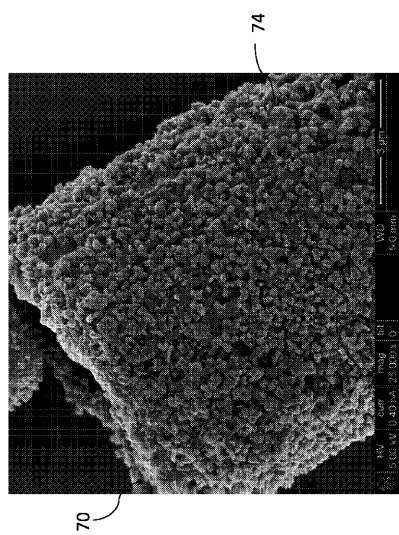


Fig. 5J

【図 5 K】

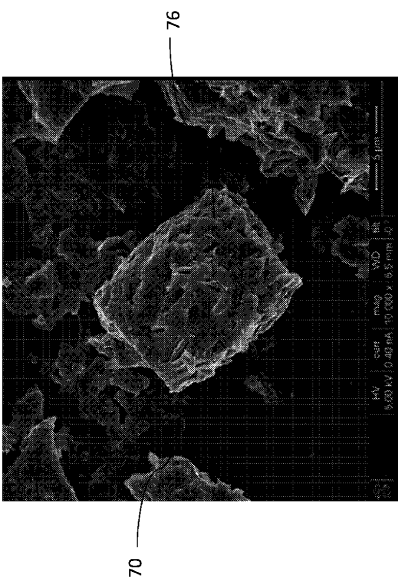


Fig. 5K

【図 5 L】

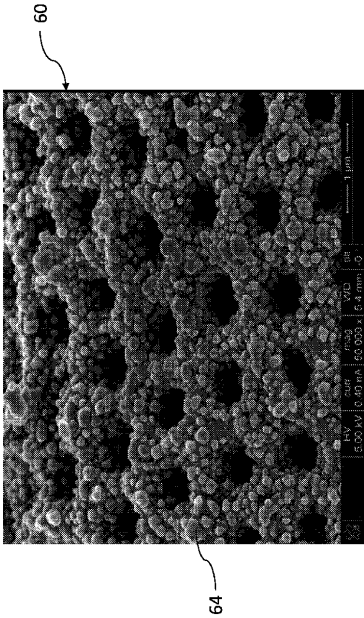


Fig. 5L

【図 5 M】

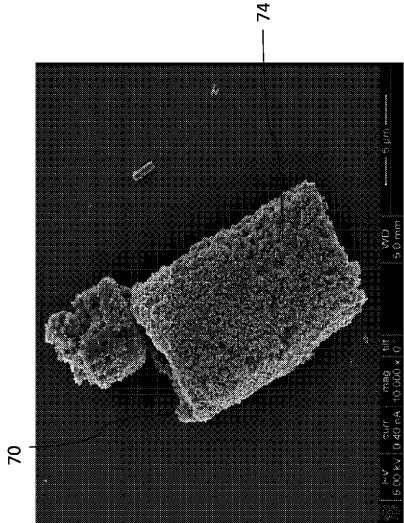


Fig. 5M

【図 5 N】



Fig. 5N

【図 5 O】

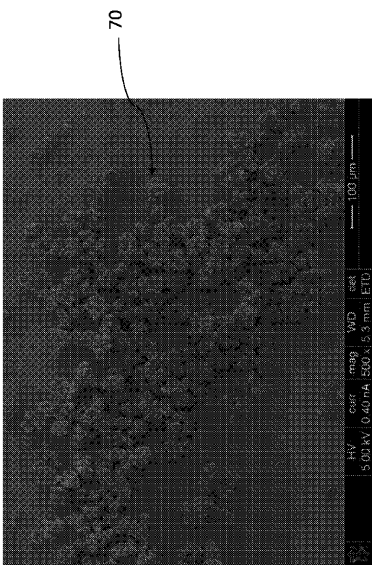


Fig. 5O

【図 5 P】

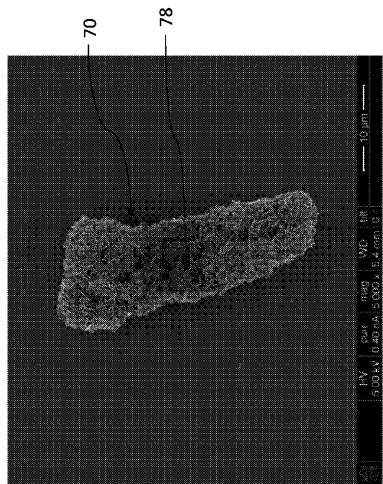


Fig. 5P

【図 5 Q】

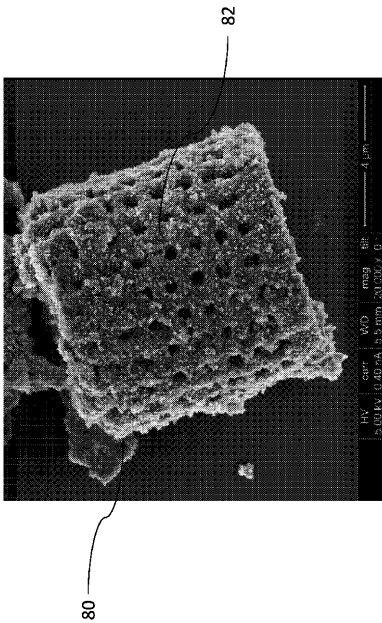


Fig. 5Q

【図 5 R】

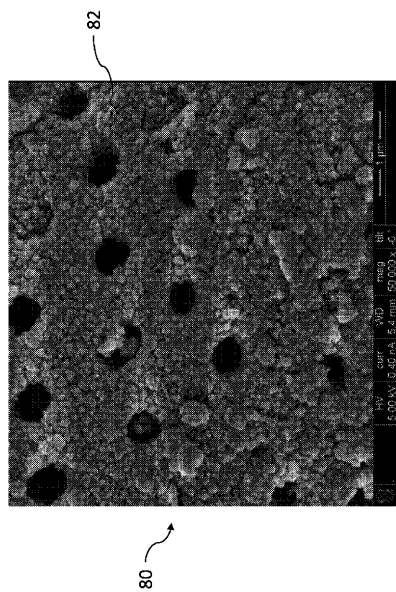


Fig. 5R

【図 5 S】



Fig. 5S

【図 5 T】

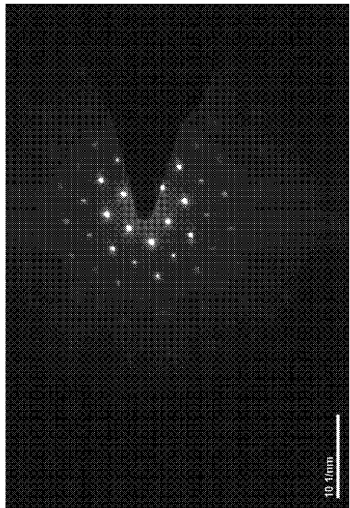


Fig. 5T

【図 5 U】

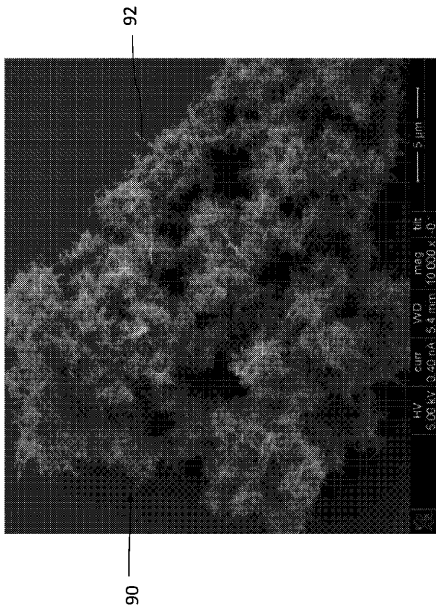


Fig. 5U

【図 5 V】

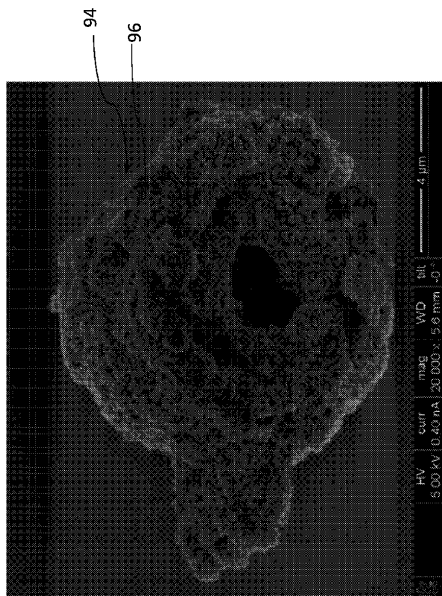


Fig. 5V

【図 5 W】

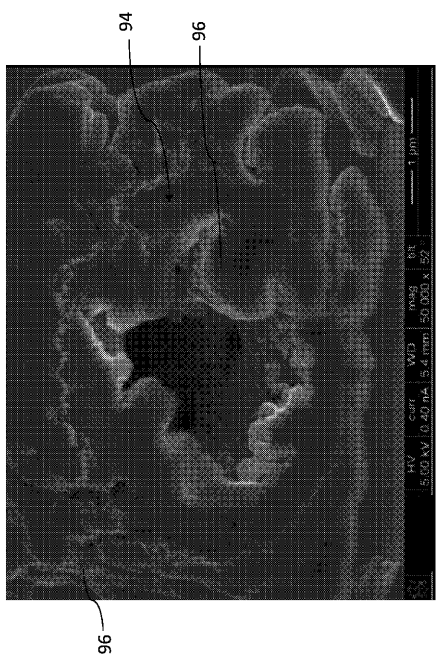


Fig. 5W

【図 7 C】

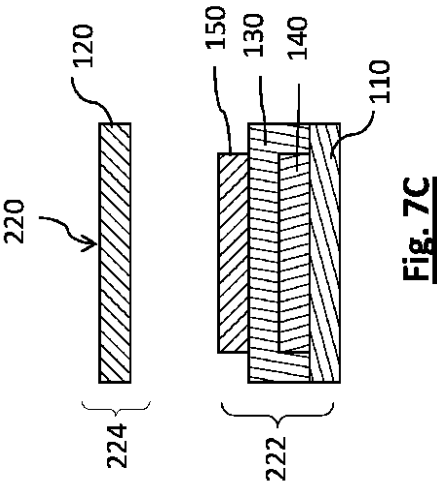


Fig. 7C

【図 7 D】

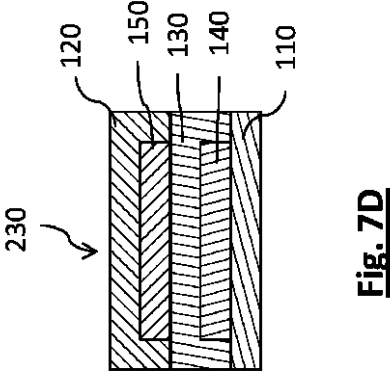


Fig. 7D

【図 7 E】

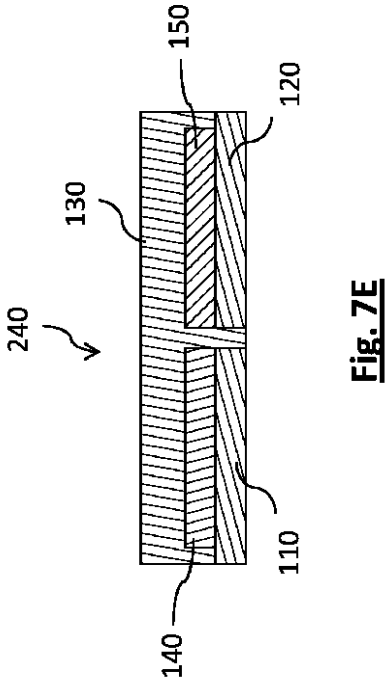


Fig. 7E

【図 8】

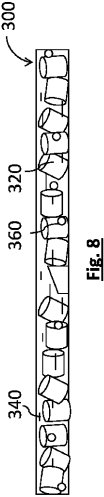
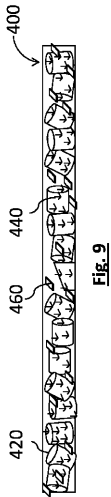


Fig. 8

【図 9】



【図 10】

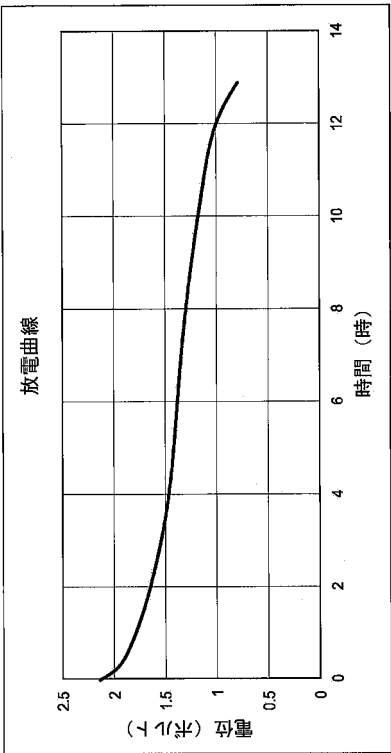


Fig. 10

【図 11】

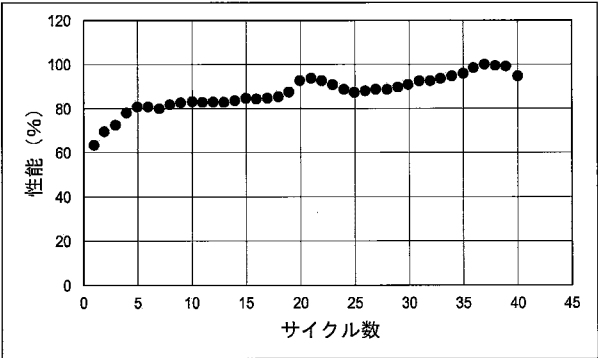


Fig. 11

【図 12】

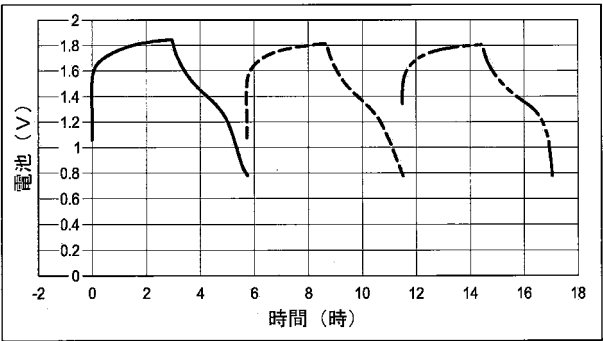


Fig. 12

【図 13】

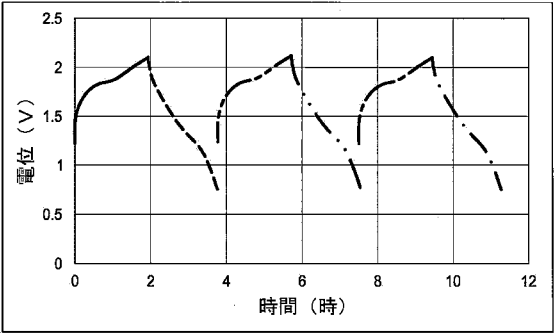


Fig. 13

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2016/037285
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 4/131(2010.01)I, H01M 4/485(2010.01)I, H01M 4/505(2010.01)I, H01M 4/587(2010.01)I, H01G 9/035(2006.01)I, H01G 9/042(2006.01)I, H01M 4/02(2006.01)I 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 4/131; H01M 4/48; C01F 5/00; H01M 10/0565; H01M 8/02; H01M 12/00; H01M 2/14; H01G 11/30; H01G 9/004; H01M 4/485; H01M 4/505; H01M 4/587; H01G 9/035; H01G 9/042; H01M 4/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) cKOMPASS(KIPO internal) & keywords: diatomaceous energy storage, frustules, cathode, anode, zinc oxide, manganese oxide, nanostructure, porous, separator, electrolyte		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014-0134503 A1 (NTHDEGREE TECHNOLOGIES WORLDWIDE INC.) 15 May 2014 See paragraphs [0016], [0220], [0258], [0323], [0335], [0337], [0344], [0345], [0347], [0352], [0359]; claims 1-7, 9, 14; figures 5A, 5C, 6-8.	1, 4-32, 35-39
Y		2, 3, 33, 34
Y	US 2013-0089769 A1 (PROCTOR, R. B. et al.) 11 April 2013 See paragraph [0132]; claims 1, 28.	2, 3, 33, 34
A	US 2014-0017557 A1 (LOCKETT V. N. et al.) 16 January 2014 See paragraphs [0045]-[0047], [0115]; claims 1, 12; figures 2, 3.	1-39
A	US 2008-0038170 A1 (SANDHAGE, K. H. et al.) 14 February 2008 See paragraphs [0013], [0106], [0137], [0139]; figure 1B.	1-39
A	WO 2014-015074 A1 (NTHDEGREE TECHNOLOGIES WORLDWIDE INC.) 23 January 2014 See claims 1-13.	1-39
☐ 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 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 12 September 2016 (12.09.2016)		Date of mailing of the international search report 12 September 2016 (12.09.2016)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer CHO, KI YUN  Telephone No. +82-42-481-5655

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2016/037285

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014-0134503 A1	15/05/2014	CN 104795250 A EP 2899784 A1 KR 10-2015-0087819 A US 9083010 B2	22/07/2015 29/07/2015 30/07/2015 14/07/2015
US 2013-0089769 A1	11/04/2013	CN 102959769 A EP 2564454 A1 IL 222620 D0 WO 2011-137239 A1	06/03/2013 06/03/2013 31/12/2012 03/11/2011
US 2014-0017557 A1	16/01/2014	TW 201427144 A US 2014-0017558 A1 US 2014-0017571 A1 US 2015-357125 A1 US 2015-357126 A1 US 2015-357677 A1 WO 2014-014758 A2 WO 2014-014758 A3	01/07/2014 16/01/2014 16/01/2014 10/12/2015 10/12/2015 10/12/2015 23/01/2014 24/04/2014
US 2008-0038170 A1	14/02/2008	US 7615206 B2	10/11/2009
WO 2014-015074 A1	23/01/2014	CN 104584160 A EP 2875515 A1 EP 2875515 A4 KR 10-2015-0036569 A TW 201418040 A US 2014-023907 A1 US 2016-002054 A1 US 9136065 B2	29/04/2015 27/05/2015 09/03/2016 07/04/2015 16/05/2014 23/01/2014 07/01/2016 15/09/2015

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 G 11/52 (2013.01)	H 0 1 G	11/52	
H 0 1 G 11/46 (2013.01)	H 0 1 G	11/46	
H 0 1 G 11/36 (2013.01)	H 0 1 G	11/36	
H 0 1 M 4/36 (2006.01)	H 0 1 M	4/36	A
H 0 1 M 4/13 (2010.01)	H 0 1 M	4/13	
H 0 1 M 10/36 (2010.01)	H 0 1 M	10/36	Z

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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, 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

(72)発明者 ヴェラ・エヌ・ロケット
アメリカ合衆国・アリゾナ・85044・フェニックス・サウス・フォーティーセブンス・ストリート・10034

(72)発明者 ジョン・ジー・グスタフソン
アメリカ合衆国・アリゾナ・85286・チャンドラー・サウス・ソーホー・レーン・1208

(72)発明者 ウィリアム・ジェイ・レイ
アメリカ合衆国・アリゾナ・85284・テンピ・ウエスト・オート・ドライブ・1320・エヌ・スディグリー・テクノロジー・ワールドワイド・インコーポレーテッド内

(72)発明者 ヤセル・サラ
アメリカ合衆国・アリゾナ・85281・テンピ・ウエスト・イレブンス・ストリート・1324

Fターム(参考) 5E078 AB01 BA05 BA15 BA27 BA52 BA71 BA75 BB01 CA06 CA21
DA12
5H021 CC13
5H029 AJ02 AK02 AL02 AM02 AM09 AM16 DJ08 EJ04 HJ01 HJ02
5H050 AA02 BA08 BA15 BA18 CA05 CB02 DA10 EA08 EA09 HA01
HA02