

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-208341

(P2017-208341A)

(43) 公開日 平成29年11月24日(2017.11.24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 M 10/054 (2010.01)	HO 1 M 10/054	5 H O 1 7
HO 1 M 10/0568 (2010.01)	HO 1 M 10/0568	5 H O 2 9
HO 1 M 4/66 (2006.01)	HO 1 M 4/66 A	5 H O 5 0
HO 1 M 4/587 (2010.01)	HO 1 M 4/587	
HO 1 M 4/38 (2006.01)	HO 1 M 4/38 Z	
審査請求 有 請求項の数 20 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-97887 (P2017-97887)
 (22) 出願日 平成29年5月17日 (2017.5.17)
 (31) 優先権主張番号 62/337, 629
 (32) 優先日 平成28年5月17日 (2016.5.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 105141738
 (32) 優先日 平成28年12月16日 (2016.12.16)
 (33) 優先権主張国 台湾 (TW)

(71) 出願人 390023582
 財団法人工業技術研究院
 INDUSTRIAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE
 台湾新竹縣竹東鎮中興路四段195號
 No. 195, Sec. 4, Chung Hsing Rd., Chutung, Hsinchu, Taiwan 31040
 (74) 代理人 100108833
 弁理士 早川 裕司
 (74) 代理人 100162156
 弁理士 村雨 圭介

最終頁に続く

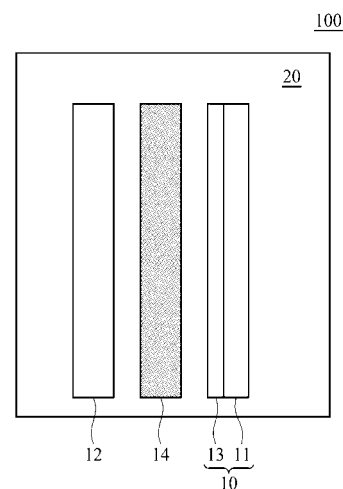
(54) 【発明の名称】 金属イオンバッテリー及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 金属イオンバッテリー及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 金属イオンバッテリー100は、正極10と、絶縁層14と、絶縁層14によって正極10と隔てられた負極12と、正極10と負極12との間に設けられた電解質20であって、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物とを有する電解質と、を有し、金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化鉄、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫等、又は、これらの組み合わせを有する金属イオンバッテリー。好ましくは、金属ハロゲン化物とハロゲン化アルミニウムとのモル比が1:100~1:1であり、金属ハロゲン化物とハロゲン化アルミニウムの総モル数と、イオン液体とのモル比1.1:1~2.1:1である金属イオンバッテリー。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

正極と、

絶縁層と、

前記絶縁層によって前記正極と隔てられた負極と、

前記正極と前記負極との間に設けられた電解質であって、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物とを有する電解質と、を備え、

前記金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化鉄、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫、ハロゲン化クロム、ハロゲン化ランタン、ハロゲン化イットリウム、ハロゲン化チタン、ハロゲン化マンガン、ハロゲン化モリブデン、又は、これらの組み合わせである、

10

ことを特徴とする金属イオンバッテリー。

【請求項 2】

前記金属ハロゲン化物と前記ハロゲン化アルミニウムとのモル比は、1 : 100 ~ 1 : 1であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 3】

前記金属ハロゲン化物及び前記ハロゲン化アルミニウムの総モル数と、前記イオン液体とのモル比は、1 : 1 ~ 2 : 1であることを特徴とする請求項 1 に記載の金属イオンバッテリー。

20

【請求項 4】

前記正極は、集電層と、活性材料とから構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 5】

前記集電層は、導電性カーボン基材であることを特徴とする請求項 4 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 6】

前記導電性カーボン基材は、炭素布、炭素フェルト又はカーボン紙であることを特徴とする請求項 5 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 7】

前記活性材料は、層状活性材料であることを特徴とする請求項 4 に記載の金属イオンバッテリー。

30

【請求項 8】

前記活性材料は、グラファイト、カーボンナノチューブ、グラフェン、又は、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 4 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 9】

前記グラファイトは、天然グラファイト、人工グラファイト、メソフェーズ、カーボンマイクロビーズ、熱分解グラファイト、発泡グラファイト、片状グラファイト、若しくは、膨張グラファイト、又は、これらの材料の組み合わせであることを特徴とする請求項 8 に記載の金属イオンバッテリー。

40

【請求項 10】

前記負極は、金属若しくはその合金、集電層、又は、これらの組み合わせであることを特徴とする請求項 1 ~ 9 の何れかに記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 11】

前記金属若しくはその合金は、銀、銅、鉄、コバルト、アルミニウム、亜鉛、インジウム、カドミウム、ニッケル、錫、クロム、ランタン、イットリウム、チタン、マンガン、タングステン、タンタル、又は、モリブデンであることを特徴とする請求項 10 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 12】

前記金属イオンバッテリーの充放電後に、前記金属ハロゲン化物は、ハロメタレート

50

前記イオン液体と形成し、前記ハロゲン化アルミニウムは、ハロアルミネートを前記イオン液体と形成することを特徴とする請求項 1～11 の何れかに記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 13】

前記ハロメタレートアニオンのイオンサイズは、前記アロアルミネートアニオンのイオンサイズより小さいことを特徴とする請求項 12 に記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 14】

前記イオン液体は、ウレア (urea)、N-メチルウレア (N-methylurea)、塩化コリン (choline chloride)、エチルクロリンクロリド (ethylchlorine chloride)、アルカリハライド (alkali halide)、ジメチルスルホキシド (dimethyl sulfoxide)、メチルスルホニルメタン (methylsulfonylmethane)、アルキルイミダゾリウム塩 (alkylimidazolium salt)、アルキルピリジニウム塩 (alkylpyridinium salt)、アルキルフルオロピラゾリウム塩 (alkylfluoropyrazolium salt)、アルキルトリアゾリウム塩 (alkyltriazolium salt)、アラルキルアンモニウム塩 (aralkylammonium salt)、アルキルアロコキシアンモニウム塩 (alkylalkoxyammonium salt)、アラルキルホスホニウム塩 (aralkylphosphonium salt)、アラルキルスルホニウム塩 (aralkylsulfonium salt)、又は、これらの組み合わせを含むことを特徴とする請求項 1～13 の何れかに記載の金属イオンバッテリー。

【請求項 15】

正極と負極とを用意する工程と、
絶縁層を用意して、前記正極と前記負極とを隔てる工程と、
電解質を用意して、前記電解質を前記正極と前記負極との間に配置する工程と、
を有し、
前記電解質は、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物とを有し、

前記金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化鉄、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫、ハロゲン化クロム、ハロゲン化ランタン、ハロゲン化イットリウム、ハロゲン化チタン、ハロゲン化マンガン、ハロゲン化モリブデン、又は、これらの組み合わせであることを特徴とする金属イオンバッテリーの製造方法。

【請求項 16】

正極材料は、電気化学又は気相法 (vapor phase intercalation) により得られるプレインターカレートの材料であることを特徴とする請求項 15 に記載の金属イオンバッテリーの製造方法。

【請求項 17】

前記プレインターカレートの材料の製造工程であって、
前記イオン液体と前記金属ハロゲン化物とを混合して、前記正極と前記負極との間に配置する工程と、

前記金属ハロゲン化物と前記イオン液体とを反応させて、ハロメタレートを形成する工程と、

前記正極と前記負極との間に電位差を与え、且つ、前記ハロメタレートが前記正極に対してインターカレーション反応を実行して、プレインターカレートの材料から構成された正極を得る工程と、を含む製造工程、

を有することを特徴とする請求項 16 に記載の金属イオンバッテリーの製造方法。

【請求項 18】

前記プレインターカレートの材料の製造工程であって、
前記イオン液体と前記ハロゲン化アルミニウムとを混合して、前記正極と前記負極との間に配置する工程と、

前記ハロゲン化アルミニウムと前記イオン液体とを反応させて、ハロアルミネートを形成する工程と、

10

20

30

40

50

前記正極と前記負極との間に電位差を与え、且つ、前記ハロアルミネートが前記正極に対してインターカレーション反応を実行して、プレインターカレートの材料から構成された正極を得る工程と、を含む製造工程、

を有することを特徴とする請求項 16 に記載の金属イオンバッテリーの製造方法。

【請求項 19】

前記プレインターカレートの材料の製造工程であって、

前記金属ハロゲン化物を加熱して、金属ハロゲン化物ガスを生成する工程と、

前記金属ハロゲン化物ガスを用いて、前記正極にプレインターカレートを実行する工程と、を含む製造工程、

を有することを特徴とする請求項 16 に記載の金属イオンバッテリーの製造方法。

10

【請求項 20】

前記プレインターカレートの材料の製造工程であって、

前記ハロゲン化アルミニウムを加熱して、ハロゲン化アルミニウムガスを生成する工程と、

前記ハロゲン化アルミニウムガスを用いて、前記正極にプレインターカレートを実行する工程と、を含む製造工程、

を有することを特徴とする請求項 16 に記載の金属イオンバッテリーの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、エネルギー貯蔵装置に関するものであって、特に、金属イオンバッテリー及びその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

アルミニウムは、地球上で非常に豊富な金属であり、アルミニウムを材料とする電子装置は、低コストという長所がある。エネルギー貯蔵装置の応用分野において、アルミニウムは、電気化学充放電において、電子の移動数が 3 個であるため、高いエネルギー貯蔵容量を提供することができる。さらに、アルミニウムは、難燃性及び電子酸化還元性質を有するので、アルミニウムイオン電池の使用上の安全性を大幅に向上させることができる。

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】 米国特許第 6 5 8 9 6 9 2 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の金属イオンバッテリーは、バッテリーの低放電電圧、不安定な放電電圧プラトー(discharge voltage plateaus)、及び、低バッテリー容量等の問題がある。よって、上述の問題を解決する新規の金属イオンバッテリーが望まれる。

【課題を解決するための手段】

40

【0005】

本発明の実施態様によれば、本発明は、例えば金属イオンバッテリー等のエネルギー貯蔵装置を提供する。金属イオンバッテリーは、正極と、絶縁層と、絶縁層によって正極と隔てられた負極と、正極と負極との間に設けられた電解質であって、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物とを有する電解質と、を備え、金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化鉄、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫、ハロゲン化クロム、ハロゲン化ランタン、ハロゲン化イットリウム、ハロゲン化チタン、ハロゲン化マンガン、ハロゲン化モリブデン、又は、これらの組み合わせを含む。

【0006】

50

本発明の実施態様によれば、本発明は、金属イオンバッテリーの製造方法を提供する。方法は、正極と負極とを用意する工程と、絶縁層を用意して、正極と負極とを隔てる工程と、電解質を用意して、電解質を正極と負極との間に配置する工程と、を有する。電解質は、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物とを有する。金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化鉄、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫、ハロゲン化クロム、ハロゲン化ランタン、ハロゲン化イットリウム、ハロゲン化チタン、ハロゲン化マンガン、ハロゲン化モリブデン、又は、これらの組み合わせを有する。

【発明の効果】

10

【0007】

本発明は、金属イオンバッテリーを提供する。本発明の実施態様によれば、金属イオンバッテリーの電解質は、ルイス酸となる金属ハロゲン化物と、ハロゲン化アルミニウムと、を有する。よって、金属イオンバッテリーの充放電時に、金属ハロゲン化物は、イオンサイズがハロアルミネートアニオン (haloaluminate anion) と異なるハロメタレートアニオン (halometallate anion) を有するハロメタレート (halometallate) を形成して、インターカレーション-デインターカレーションプロセスにおいてイオン液体を可逆にする。この他、本発明のある実施態様によれば、例えば、ハロメタレートアニオンは、(ハロアルミネートアニオンと同じ) 四面体構造 (tetrahedral structure) と、ハロアルミネートアニオンより小さいイオンサイズと、を有している。また、ハロメタレートアニオンは、三角形構造 (trigonal structure) であり、これにより、活性材料 (例えば、グラファイト) とのインターカレーション反応がさらにし易くなる。さらに、ハロアルミネートアニオンと活性材料とのインターカレーション反応の実行をサポートして、金属イオンバッテリーの放電電圧及び総容量を増加させる。

20

【0008】

以下の実施形態では、添付の図面を参照して、詳細な説明を行う。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施態様による金属イオンバッテリーを示す図である。

【図2】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

30

【図3】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図4】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図5】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図6】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図7】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

40

【図8】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図9】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図10】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図11】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の電圧と時間との関係を示す図である。

【図12】本発明の実施例及び比較例による金属イオンバッテリーの充放電プロセス中の

50

電圧と時間との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下の詳細な説明では、説明のために、開示された実施形態の完全な理解を提供するために、多くの具体的な詳細が記載されている。しかしながら、これらの具体的な詳細がなくても、1つ以上の実施形態を実施可能であることは明らかであろう。他に、図面を簡略化するために、周知の構造及びデバイスが概略的に示されている。

【0011】

図1は、本発明の実施態様による金属イオンバッテリー100を示す図である。金属イオンバッテリー100は、正極10と、負極12と、絶縁層14と、を有する。絶縁層14は、正極10と負極12との間に配置されており、負極を、絶縁層14により正極と隔てさせて、正極10と負極12とが直接接触するのを防止する。金属イオンバッテリー100は、金属イオンバッテリー100内に設けられた電解質20であって、正極と負極との間に位置する電解質20を有しており、電解質20を、正極10と負極12とに接触させる。金属イオンバッテリー100は、充電式の二次電池であるが、本発明は、一次電池も含む。

【0012】

本発明の実施態様によれば、正極10は、集電層11と、集電層11上に配置される活性材料13と、を有する。本発明の実施態様によれば、正極10は、集電層11と、活性材料13と、から構成されてもよい。本発明の実施態様によれば、集電層11は、例えば炭素布、炭素フェルト、又はカーボン紙等の導電性カーボン基材である。例えば、導電性カーボン基材は、約 $1\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2\sim 6\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ のシート抵抗を有しており、且つ、炭素含有量が65wt%より多い。活性材料13は、層状活性材料、又は、層状活性材料の凝集体を有する。本発明の実施態様によれば、活性材料13は、インターカレートした炭素材（例えば、グラファイト（天然グラファイト、人工グラファイト、メソフェーズ、カーボンマイクロビーズ、熱分解グラファイト、発泡グラファイト、片状グラファイト、若しくは、膨張グラファイトを含む）、グラフェン、カーボンナノチューブ、又は、これらの組み合わせ）であってもよい。本発明の実施態様によれば、活性材料13は、層状複水酸化物（layered double hydroxide）、層状酸化物、層状カルコゲナイド（layered chalcogenide）、又は、これらの組み合わせであってもよい。活性材料13は、約0.05～0.95（例えば、約0.3～0.9）の気孔率を有する。この他、本発明の実施態様によれば、活性材料13は、集電層11上で直接成長する（つまり、活性層と集電層との間に別の層が存在しない）。さらに、活性材料13は、粘着剤を用いて、集電層11に取り付けられる。

【0013】

本発明の実施態様によれば、絶縁層14の材質は、ガラス繊維、ポリエチレン（polyethylene：PE）、ポリプロピレン（Polypropylene：PP）、不織布、木質繊維、ポリエーテルスルホン（Poly（ether sulfones）：PES）、セラミックファイバ等であってもよいし、これらの組み合わせであってもよい。

【0014】

本発明の実施態様によれば、負極12は、金属若しくはその合金、集電層、又は、これらの組み合わせであってもよい。例えば、負極12は、金属又はその合金から構成されてもよい。この他、負極12は、集電層であってもよい。さらに、負極12は、集電層と、金属又はその合金（集電層に配置される）とから構成されてもよい。負極は、銀、銅、鉄、コバルト、アルミニウム、亜鉛、インジウム、カドミウム、ニッケル、錫、クロム、ランタン、イットリウム、チタン、マンガン、タングステン、タンタル、モリブデン、又は、これらの金属を含む合金を有する。金属イオンバッテリーの総容量を増加させ、且つ、金属イオンバッテリーが使用プロセス中に自然発火するのを防止するため、負極は、ハロゲン化アルカリ（例えば、Li）、又は、アルカリ土類の金属ではない。集電層は、例えば、炭素布、炭素フェルト又はカーボン紙等の導電性カーボン基材である。導電性カーボ

ン基材は、約 $1 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2 \sim 6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ のシート抵抗を有しており、且つ、炭素含有量が 65 wt % より多い。

【0015】

本発明の実施態様によれば、電解質 20 は、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化物と、を有する。金属ハロゲン化物及びハロゲン化アルミニウムの総モル数と、イオン液体とのモル比は、約 1.1 以上又は約 1.2 以上（例えば 1.1 : 1 ~ 2.1 : 1 の間、又は、例えば約 1.1、約 1.3、約 1.5 若しくは約 1.8）であってもよい。モル比が 1.1 より低い場合には、電解液がルイス中性になり、インターカレーションの活性物質が少なくなり、インターカレーション反応の実行に不利である。モル比が 2.1 より大きい場合には、室温において、金属ハロゲン化物及びハロゲン化アルミニウムとイオン液体とが液相を形成し難い。イオン液体は、融点が 100°C より低く、例えば常温イオン液体（room temperature ion liquid: RTIL）を有してもよい。例えば、イオン液体は、ウレア（urea）、N-メチルウレア（N-methylurea）、塩化コリン（Choline chloride）、エチルクロリンクロリド（ethylchlorine chloride）、アルカリハライド（alkali halide）、ジメチルスルホキシド（dimethyl sulfoxide）、メチルスルホニルメタン（methylsulfonylmethane）、アルキルイミダゾリウム塩（alkylimidazolium salt）、アルキルピリジニウム塩（alkylpyridinium salt）、アルキルフルオロピラゾリウム塩（alkylfluoropyrazolium salt）、アルキルトリアゾリウム塩（alkyltriazolium salt）、アラルキルアンモニウム塩（aralkylammonium salt）、アルキルアロコキシアンモニウム塩（alkylalkoxyammonium salt）、アラルキルホスホニウム塩（aralkylphosphonium salt）、アラルキルスルホニウム塩（aralkylsulfonium salt）、又は、これらの混合物を有してもよい。本発明の実施態様によれば、電解質は、さらに添加剤を有しており、これにより、導電率が増加し、且つ、粘度が低下してもよい。

【0016】

金属ハロゲン化物は、ルイス酸となる金属フッ化物、金属塩化物又は金属臭化物を有しており、電解質システムを可逆に維持する。この他、金属イオンバッテリーの総容量を増加させ、且つ、金属イオンバッテリーが使用プロセス中に自然発火するのを防止するため、金属ハロゲン化物は、ハロゲン化アルカリ又はアルカリ土類ハロゲン化物ではない。金属ハロゲン化物は、ハロゲン化銀（例えば、フッ化銀、塩化銀若しくは臭化銀）、ハロゲン化銅（例えば、フッ化銅、塩化銅若しくは臭化銅）、ハロゲン化鉄（例えば、フッ化鉄、塩化鉄若しくは臭化鉄）、ハロゲン化コバルト（例えば、フッ化コバルト、塩化コバルト若しくは臭化コバルト）、ハロゲン化亜鉛（例えば、フッ化亜鉛、塩化亜鉛若しくは臭化亜鉛）、ハロゲン化インジウム（例えば、フッ化インジウム、塩化インジウム若しくは臭化インジウム）、ハロゲン化カドミウム（例えば、フッ化カドミウム、塩化カドミウム若しくは臭化カドミウム）、ハロゲン化ニッケル（例えば、フッ化ニッケル、塩化ニッケル若しくは臭化ニッケル）、ハロゲン化錫（例えば、フッ化錫、塩化錫若しくは臭化錫）、ハロゲン化クロム（例えば、フッ化クロム、塩化クロム若しくは臭化クロム）、ハロゲン化ランタン（例えば、フッ化ランタン、塩化ランタン若しくは臭化ランタン）、ハロゲン化イットリウム（例えば、フッ化イットリウム、塩化イットリウム若しくは臭化イットリウム）、ハロゲン化チタン（例えば、フッ化チタン、塩化チタン若しくは臭化チタン）、ハロゲン化マンガン（例えば、フッ化マンガン、塩化マンガン若しくは臭化マンガン）、ハロゲン化モリブデン（例えば、フッ化モリブデン、塩化モリブデン若しくは臭化モリブデン）、又は、これらの組み合わせを有する。ここで、本発明の金属ハロゲン化物は、異なる原子価を有する金属のハロゲン化物であってもよい。例えば、本発明の塩化銅は、 CuCl 、 CuCl_2 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化鉄は、 FeCl_2 、 FeCl_3 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化コバルトは、 CoCl_3 、 CoCl_2 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化クロムは、 CrCl_2 、 CrCl_3 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化亜鉛は、 ZnCl_2 、 ZnCl_4 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化錫は、 SnCl_2 、 SnCl_4 、又は、これらの組み合わせであってもよい。塩化マンガンは、 MnCl_2 、 MnCl

3、又は、これらの組み合わせであってもよい。本発明の実施態様によれば、金属ハロゲン化合物は、ハロゲン化アルミニウムを含まないので、金属イオンバッテリーの充放電時に、イオンサイズがハロアルミネートアニオンと異なるハロメタレートアニオンを有するハロメタレートを形成することができる。

【0017】

本発明の電解質は、ハロゲン化アルミニウム（例えば、フッ化アルミニウム、塩化アルミニウム又は臭化アルミニウム）を有しており、金属イオンバッテリーの充放電時に、電解質内で、少なくとも2つの様々なハロメタレート（このうち1つはハロアルミネートである）を生成させる。本発明のある実施態様によれば、金属ハロゲン化合物とハロゲン化アルミニウムとのモル数比は、1：100～1：1である。金属ハロゲン化合物とハロゲン化アルミニウムとのモル数比が低すぎる場合には、金属ハロゲン化合物のインターカレーションによって生成される容量が不足し、バッテリーは、元の単純なハロゲン化アルミニウムのインターカレーション行動を維持する。金属ハロゲン化合物とハロゲン化アルミニウムとのモル数比が高すぎる場合には、金属ハロゲン化合物は、ハロゲン化アルミニウムとイオン液体中で溶け難くなり、電解液中に沈積物が析出される。

【0018】

本発明の金属ハロゲン化合物と活性材料（例えば、グラファイト）とのインターカレーション後の放電プラトーは、塩化アルミニウムと活性材料（例えば、グラファイト）との間の放電プラトー（約1.8 V）より小さいので、本発明の金属ハロゲン化合物は、金属イオンバッテリーの充放電時に、グラファイト電極とのインターカレーション反応をさらに実行する。留意すべきことは、負極に含まれる金属は、金属ハロゲン化合物の金属と同じであってもよいし、異なってもよい。

【0019】

本発明のある実施態様によると、本発明の金属ハロゲン化合物が、ハロゲン化銅、ハロゲン化鉄、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化クロム、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化錫又はハロゲン化マンガン（例えば、塩化銅、塩化コバルト、塩化鉄、塩化クロム、塩化亜鉛、塩化錫又は塩化マンガン）である場合には、金属イオンバッテリーの充放電時に、二価金属を有するハロメタレート（例えば、クロロメタレート）が生成される。二価金属を有するハロメタレートは、三角構造（trigonal configuration）を有するので、ハロアルミネートが、より容易に活性材料（例えば、グラファイト）とインターカレーション反応し、さらには、ハロアルミネートと活性材料とのインターカレーション反応をサポートして、金属イオンバッテリーの放電電圧及び総容量を増加させる。また、本発明のある実施態様によれば、本発明の金属ハロゲン化合物が FeCl_2 である場合には、金属イオンバッテリーの充放電時に、イオンサイズがハロアルミネートアニオン（イオンサイズは $5.28 \text{ \AA}$ ）より小さいハロメタレートアニオン（例えば、 FeCl_3^- （平面三角構造のイオンの高さが $1.68 \text{ \AA}$ ））が FeCl_2 から生成される。これにより、小さいイオンサイズの金属ハロゲン化合物は、より容易に活性材料（例えば、グラファイト）とインターカレーション反応を実行し、さらには、ハロアルミネートと活性材料とのインターカレーション反応をサポートして、金属イオンバッテリーの放電電圧及び総容量を増加させる。本発明のある実施態様によれば、本発明の金属塩化合物が金属イオンバッテリーの充放電後に形成するハロメタレートアニオンのイオンサイズは、約 $5.20 \text{ \AA}$ より小さくてもよい。

【0020】

本発明の実施態様によれば、本発明は、さらに、金属イオンバッテリーの製造方法を提供して、上述した金属イオンバッテリーを製造する。この製造方法は、正極と負極とを用意する工程と、絶縁層を用意して、正極と負極とを隔てる工程と、電解質を用意して、正極と負極との間に配置する工程と、を有する。電解質は、イオン液体と、ハロゲン化アルミニウムと、金属ハロゲン化合物と、を有する。金属ハロゲン化合物は、ハロゲン化銀、ハロゲン化銅、ハロゲン化鉄、ハロゲン化コバルト、ハロゲン化亜鉛、ハロゲン化インジウム、ハロゲン化カドミウム、ハロゲン化ニッケル、ハロゲン化錫、ハロゲン化クロム、ハロゲン化ランタン、ハロゲン化イットリウム、ハロゲン化チタン、ハロゲン化マンガン、ハ

ロゲン化モリブデン、又は、これらの組み合わせである。

【0021】

本発明の実施態様によれば、正極材料は、電気化学又は気相法を利用したプレインターカレートの材料である。

【0022】

本発明のある実施態様によれば、電解質が、イオン液体と、金属ハロゲン化物と、ハロゲン化アルミニウムと、を含む場合に、金属ハロゲン化物及びハロゲン化アルミニウムは、イオン液体中に同時に追加され、混合されて、電解質が得られる。次に、電解質は、正極と負極との間に配置される。

【0023】

10

本発明のある実施態様によれば、電解質が、イオン液体と、金属ハロゲン化物と、ハロゲン化アルミニウムとを含む場合、先ず、一部のイオン液体と金属ハロゲン化物とを混合して、正極と負極との間に配置する。次に、正極と負極との間に電位差を与えて金属ハロゲン化物とイオン液体とを反応させて、ハロメタレートを形成する。ハロメタレートは、正極の活性材料に対してインターカレーション反応を実行する。電位差を与えた後、イオン液体とハロゲン化アルミニウムとを混合して、正極と負極との間に配置する。ここで、金属ハロゲン化物により形成されるハロメタレートは、先ず、活性材料とインターカレーション反応を実行する。金属ハロゲン化物がプレインターカレートされた正極材料になるので、後のバッテリー製造時に、ハロゲン化アルミニウムから形成されたハロアルミネートと活性材料とのインターカレーション反応をサポートして、金属イオンバッテリーの放電電圧及び総容量を増加させる。

20

【0024】

本発明の他の実施態様によれば、電解質が、イオン液体と、金属ハロゲン化物と、ハロゲン化アルミニウムとを含む場合、先ず、一部のイオン液体とハロゲン化アルミニウムとを混合して、正極と負極との間に配置する。次に、正極と負極との間に電位差を与えてハロゲン化アルミニウムとイオン液体とを反応させて、ハロアルミネートを形成する。ハロアルミネートは、正極の活性材料に対してインターカレーション反応を実行する。電位差を与えた後、イオン液体と金属ハロゲン化物とを混合して、正極と負極との間に配置する。ここで、ハロゲン化アルミニウムにより形成されるハロアルミネートは、活性材料とインターカレーションして、正極材料としてのプレインターカレートされた材料が得られる。プレインターカレートされた材料は、金属ハロゲン化物により形成されるハロメタレートと活性材料とのインターカレーションをより容易に行わせることができるので、金属イオンバッテリーの放電電圧及び総容量を増加させる。

30

【0025】

本発明の実施態様によれば、プレインターカレートされた材料の製造方法は、金属ハロゲン化物を加熱して、金属ハロゲン化物ガスを生成する工程と、金属ハロゲン化物ガスを用いて、正極にプレインターカレートを実行する工程と、を有する。

【0026】

本発明の実施態様によれば、プレインターカレートされた材料の製造方法は、ハロゲン化アルミニウムを加熱して、ハロゲン化アルミニウムガスを生成する工程と、ハロゲン化アルミニウムガスを用いて、正極にプレインターカレートを実行する工程と、を有する。

40

【0027】

本発明の上述した目的、特徴及び効果と、他の目的、特徴及び効果とを理解し易くするために、以下に、いくつかの実施態様及び比較例を挙げて、詳細に説明する。本発明の概念は、本明細書に記載された例示的な実施形態に限定されることなく、様々な形態で具体化されてもよい。分かりやすくするために、周知の部分についての説明は省略し、同様の参照番号は、全体を通して同様の要素を指している。

【0028】

(実施例1)

厚さが0.025mmのアルミ箔を用意し、裁断てアルミニウム電極を得た。次に、絶

50

縁膜（ガラスフィルター（２層）、商品番号 ワットマン（Whatman） GFA）と、グラファイト電極（集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（５３ｍｇ）である）とを用意した。次に、アルミニウム電極（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化鉄（ FeCl_2 ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride： $[\text{EMIm}]\text{Cl}$ ）、 AlCl_3 及び FeCl_2 の総モル数と $[\text{EMIm}]\text{Cl}$ とのモル比は約１．４：１であり、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約１：１３である）を注入して、金属イオンバッテリー（１）を得た。

10

【００２９】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例１で得られた金属イオンバッテリー（１）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（１０００ｍＡ／ｇ）を実行し、充電カットオフ電圧は２．６Ｖ、放電カットオフ電圧は０．３Ｖである）、表１に示すように、最大比容量が１６１ｍＡｈ／ｇであることが分かった。図２は、金属イオンバッテリー（１）の充放電プロセス中の電圧と時間との関係図である。図２から分かるように、金属イオンバッテリー（１）は、２．０Ｖ～２．６Ｖにおいて、複数の充電電圧プラトーが現れ、且つ、２．２Ｖ～１．０Ｖにおいて、複数の放電電圧プラトーが現れる。この他、金属イオンバッテリー（１）が１０００ｍＡ／ｇの電流下で充放電テストを行った場合、充放電サイクル数は４００回以上に達した。

20

【００３０】

（再現性実験）

（実施例２）

厚さが０．０２５ｍｍのアルミ箔を用意し、裁断してアルミニウム電極を得た。次に、絶縁膜（ガラスフィルター（２層）、商品番号 ワットマン（Whatman） GFA）と、グラファイト電極（集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（５７ｍｇ）である）とを用意した。次に、アルミニウム電極（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化鉄（ FeCl_2 ）／１－エチル－３－メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride： $[\text{EMIm}]\text{Cl}$ ）、 AlCl_3 及び FeCl_2 の総モル数と $[\text{EMIm}]\text{Cl}$ とのモル比は約１．４：１であり、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約１：１３である）を注入して、金属イオンバッテリー（２）を得た。

30

【００３１】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例２で得られた金属イオンバッテリー（２）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件は定電流方式で充放電テスト（１０００ｍＡ／ｇ）を実行し、充電カットオフ電圧は２．６Ｖ、放電カットオフ電圧は０．２Ｖである）、図３と表１に示すように、最大比容量が１７３．３ｍＡｈ／ｇであることが分かった。

40

【００３２】

（実施例３）

実施例１の方式で実行し、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比を１：１３から１：２７に変えるとともに、膨張グラファイトを５３ｍｇから４２ｍｇに減少させて、金属イオンバッテリー（３）を得た。

【００３３】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例３で得られた金属イオンバッテリー（３）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（１０００ｍＡ／ｇ）を実行し、充電カットオフ電圧は２．７Ｖ、放電カットオフ電圧は０．３Ｖである）、図４と表１に示すように、最大比容量が１７６ｍＡｈ／ｇであること

50

が分かった。

【0034】

(実施例4)

実施例1の方式で実行し、活性材質の膨張グラファイトを57mgから63mgに増加するとともに、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比を1:13から3:11に変更して、金属イオンバッテリー(4)を得た。

【0035】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例4で得られた金属イオンバッテリー(4)の電池パフォーマンスを測定し(測定条件:定電流方式で充放電テスト(1000mA/g)を実行し、充電カットオフ電圧2.8V、放電カットオフ電圧は0.3Vである)、図5と表1に示すように、最大比容量が169mAh/gであることが分かった。

【0036】

(比較例1)

厚さが0.025mmのアルミ箔を用意し、裁断してアルミニウム電極を得た。絶縁膜(ガラスフィルター(2層)、商品番号 ワットマン(Whatman) GFA)と、グラファイト電極(集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト(59mg)である)を用意した。次に、アルミニウム電極(負極)、絶縁膜、グラファイト電極(正極)の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質(塩化アルミニウム(AlCl_3)/1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド(1-ethyl-3-methylimidazolium chloride:[EMIm]Cl)、 AlCl_3 と[EMIm]Clとの比は約1.4:1である)を注入して、金属イオンバッテリー(5)を得た。

【0037】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、比較例1で得られた金属イオンバッテリー(5)の電池パフォーマンスを測定し(測定条件:定電流方式で充放電テスト(1000mA/g)を実行し、充電カットオフ電圧は2.45V、放電カットオフ電圧は1.5Vである)、図6と表1に示すように、最大比容量が72.1mAh/gであることが分かった。

【0038】

【表1】

	金属塩化物	最大比容量 (mAh/g)
金属イオンバッテリー(1)	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (13:1)	161
金属イオンバッテリー(2)	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (13:1)	173.3
金属イオンバッテリー(3)	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (27:1)	176
金属イオンバッテリー(4)	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (11:3)	169
金属イオンバッテリー(5)	AlCl_3	72.1

【0039】

表1から分かるように、金属イオンバッテリーの電解質が塩化アルミニウム及び塩化鉄を含む場合には、電解質が塩化アルミニウムのみを含む金属イオンバッテリー(5)と比較して、得られた金属イオンバッテリーの比容量が2.4倍まで上昇し、且つ、複数の充放電電圧プラトーが現れる。

【0040】

(実施例5)

厚さが0.025mmのアルミ箔を用意し、裁断してアルミニウム電極を得た。次に、絶縁膜(ガラスフィルター(2層)、商品番号 ワットマン(Whatman) GFA)と、グラファイト電極(集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボン

ファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（77mg）である）を用意した。次に、アルミニウム電極（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封した。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化亜鉛（ ZnCl_2 ）／1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride：[EMIm]Cl）、 AlCl_3 及び ZnCl_2 の総モル数と[EMIm]Clとのモル比は約1.4：1であり、 ZnCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約1：1.3である）を注入して、金属イオンバッテリー（6）を得た。

【0041】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例5で得られた金属イオンバッテリー（6）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（1000mA/g）を実行し、充電カットオフ電圧は2.7V、放電カットオフ電圧は0.2Vである）、表2に示すように、最大比容量が106mAh/gであることが分かった。図7は、金属イオンバッテリー（6）の充放電プロセス中の電圧と時間との関係図である。図7から分かるように、金属イオンバッテリー（6）は、1.9V～2.7Vにおいて、複数の充電電圧プラトーが現れ、且つ、2.3V～0.2Vにおいて、複数の放電電圧プラトーが現れる。

【0042】

（実施例6）

厚さが0.025mmのアルミ箔を用意し、裁断してアルミニウム電極を得た。次に、絶縁膜（ガラスフィルター（2層）、商品番号 ワットマン（Whatman） GFA）と、グラファイト電極（集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（66mg）である）を用意した。次に、アルミニウム電極（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化銅（ CuCl_2 ）／1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride：[EMIm]Cl）、 AlCl_3 及び CuCl_2 の総モル数と[EMIm]Clとのモル比は約1.4：1であり、 CuCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約1：1.3である）を注入して、金属イオンバッテリー（7）を得た。

【0043】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例6で得られた金属イオンバッテリー（7）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（1000mA/g）を実行し、充電カットオフ電圧は2.7V、放電カットオフ電圧は0.25Vである）、表2に示すように、最大比容量が112mAh/gであることが分かった。図8は、金属イオンバッテリー（7）の充放電プロセス中の電圧と時間との関係図である。図8から分かるように、金属イオンバッテリー（7）は、1.9V～2.7Vにおいて、複数の充電電圧プラトーが現れ、且つ、2.3V～0.25Vにおいて、複数の放電電圧プラトーが現れる。

【0044】

（実施例7）

厚さが0.025mmのアルミ箔を用意し、裁断してアルミニウム電極を得た。次に、絶縁膜（ガラスフィルター（2層）、商品番号 ワットマン（Whatman） GFA）と、グラファイト電極（集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（42mg）である）を提供した。次に、アルミニウム電極（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチに密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化マンガン（ MnCl_2 ）／1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride：[EMIm]Cl）、 AlCl_3 及び MnCl_2 の総モル数と[EMIm]Clとのモル比は約1.4：1であり、Mn

AlCl_3 と AlCl_3 とのモル比は約 1 : 13 である) を注入して、金属イオンバッテリー (8) を得た。

【0045】

次に、NEWARE バッテリーアナライザーを用いて、実施例 7 で得られた金属イオンバッテリー (8) の電池パフォーマンスを測定し (測定条件: 定電流方式で充放電テスト (1000 mA/g) を実行し、充電カットオフ電圧は 2.7 V、放電カットオフ電圧は 0.3 V である)、図 9 と表 2 に示すように、最大比容量が 162 mAh/g であることが分かった。

【0046】

【表 2】

10

	金属塩化物	最大比容量 (mAh/g)
金属イオンバッテリー (5)	AlCl_3	72
金属イオンバッテリー (6)	$\text{AlCl}_3/\text{ZnCl}_2$ (13:1)	106
金属イオンバッテリー (7)	$\text{AlCl}_3/\text{CuCl}_2$ (13:1)	112
金属イオンバッテリー (8)	$\text{AlCl}_3/\text{MnCl}_2$ (13:1)	162

【0047】

表 2 から分かるように、金属イオンバッテリーの電解質が塩化アルミニウム及び塩化亜鉛 (又は、塩化マンガン、塩化銅) を有する場合には、電解質が塩化アルミニウムのみを含む金属イオンバッテリー (5) と比較して、得られた金属イオンバッテリーの比容量が 1.38 倍から 2.25 倍に上昇し、且つ、複数の充放電電圧プラトーが現れる。

20

【0048】

(実施例 8)

厚さが 0.24 mm のカーボンファイバー紙 (Ce Tech 社製造販売) を用意し、裁断して負極を得た。次に、絶縁膜 (ガラスフィルター (2 層)、商品番号 ワットマン (Whatman) GFA) と、グラファイト電極 (集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は天然グラファイト (128 mg) である) を用意した。次に、負極、絶縁膜、グラファイト電極 (正極) の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質 (塩化アルミニウム (AlCl_3) / 塩化鉄 (FeCl_2) / 1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド (1-ethyl-3-methylimidazolium chloride: [EMIm] Cl)、 AlCl_3 及び FeCl_2 の総モル数と [EMIm] とのモル比は約 1.4 : 1 であり、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約 1 : 13 である) を注入して、金属イオンバッテリー (9) を得た。

30

【0049】

次に、NEWARE バッテリーアナライザーを用いて、実施例 8 で得られた金属イオンバッテリー (9) の電池パフォーマンスを測定し (測定条件: 定電流方式で充放電テスト (1000 mA/g) を実行し、充電カットオフ電圧は 2.7 V、放電カットオフ電圧は 0.2 V である)、図 10 と表 3 とに示すように、最大比容量が 96 mAh/g であることが分かった。

40

【0050】

(実施例 9)

厚さが 0.1 mm のステンレス (新日鉄社が製造販売、型番 YUS190、成分は主に鉄とクロム) を用意し、裁断してステンレス電極を得た。次に、絶縁膜 (ガラスフィルター (2 層)、商品番号 ワットマン (Whatman) GFA) と、グラファイト電極 (集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト (62 mg) である) を用意した。次に、ステンレス電極 (負極)、絶縁膜、グラファイト電極 (正極) の順序で配列するとともに、アルミニウムプ

50

ラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化鉄（ FeCl_2 ）／1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride：[EMIm]Cl）、 AlCl_3 及び FeCl_2 の総モル数と[EMIm]Clとのモル比は約1.4：1であり、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約1：1.3である）を注入して、金属イオンバッテリー（10）を得た。

【0051】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例9で得られた金属イオンバッテリー（10）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（1000mA/g）を実行し、充電カットオフ電圧は3.3V、放電カットオフ電圧は0.2Vである）、図11及び表3に示すように、最大比容量が87mAh/gであることが分かった。

【0052】

（実施例10）

厚さが0.025mmの銅箔（Alfa Aesar製造）を用意し、裁断してステンレス電極を得た。次に、絶縁膜（ガラスフィルター（2層）、商品番号ワットマン（Whatman）GFA）と、グラファイト電極（集電基板上に配置された活性材質を有し、集電基板はカーボンファイバー紙であって、活性材質は膨張グラファイト（66mg）である）を用意した。次に、銅箔（負極）、絶縁膜、グラファイト電極（正極）の順序で配列するとともに、アルミニウムプラスチックパウチ内に密封する。そして、電解質（塩化アルミニウム（ AlCl_3 ）／塩化鉄（ FeCl_2 ）／1-エチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド（1-ethyl-3-methylimidazolium chloride：[EMIm]Cl）、 AlCl_3 及び FeCl_2 の総モル数と[EMIm]Clとのモル比は約1.4：1であり、 FeCl_2 と AlCl_3 とのモル比は約1：1.3である）を注入して、金属イオンバッテリー（11）を得た。

【0053】

次に、NEWAREバッテリーアナライザーを用いて、実施例10で得られた金属イオンバッテリー（11）の電池パフォーマンスを測定し（測定条件：定電流方式で充放電テスト（1000mA/g）を実行し、充電カットオフ電圧は3.3V、放電カットオフ電圧は0.3Vである）、図12と表3に示すように、最大比容量が105mAh/gであることが分かった。

【0054】

【表3】

	負極	金属塩化物	最大比容量 (mAh/g)
金属イオンバッテリー(5)	アルミニウム	AlCl_3	72
金属イオンバッテリー(9)	カーボンファイバー紙	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (13:1)	96.1
金属イオンバッテリー(10)	ステンレス	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (13:1)	87
金属イオンバッテリー(11)	銅箔	$\text{AlCl}_3/\text{FeCl}_2$ (13:1)	105

【0055】

表3から分かるように、電極を、アルミニウムからカーボンファイバー紙又はステンレスに変えた場合であっても、使用する電解質が塩化アルミニウム及び塩化鉄を同時に含む場合には、得られる金属イオンバッテリーの比容量は、（電解質が塩化アルミニウムのみを含む金属イオンバッテリー（5）と比較して）1.38倍から1.55倍に上昇し、且つ、複数の充放電電圧プラトーが現れる。

【0056】

本発明では、好ましい実施例を上述したように開示したが、これらは決して本発明を限定するものではなく、当業者であれば、本発明の趣旨と範囲を脱しない範囲内で各種の変更及び修正を加えることができる。したがって、本発明の保護範囲は、特許請求の範囲で

特定した内容を基準とする。

【符号の説明】

【0057】

10…正極

11…集電層

12…負極

13…活性材料

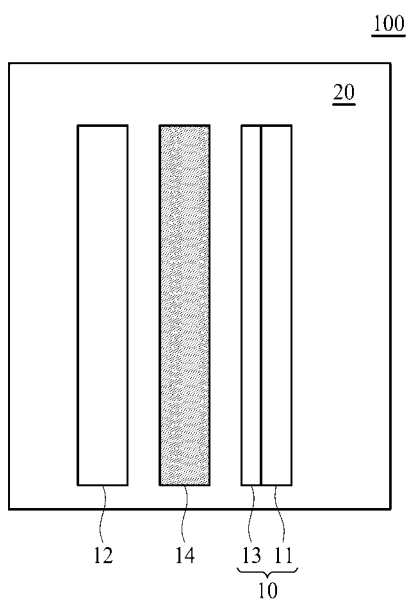
14…絶縁層

20…電解質

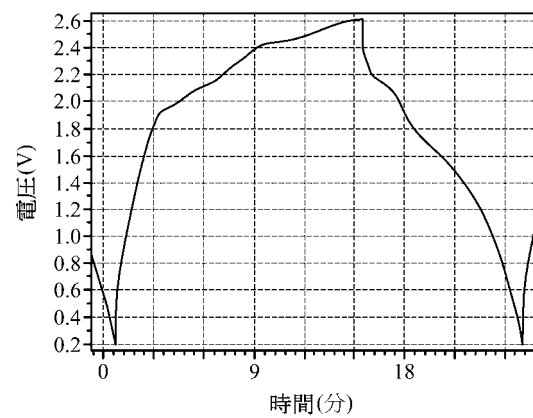
100…金属イオンバッテリー

10

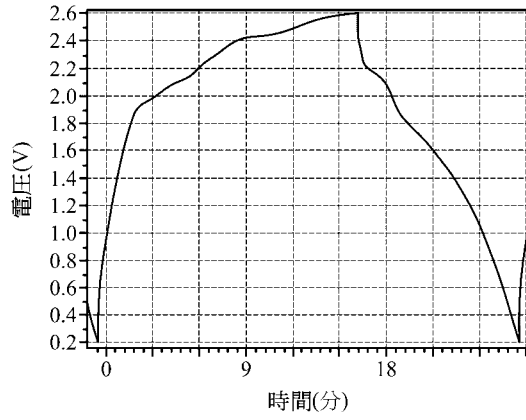
【図1】



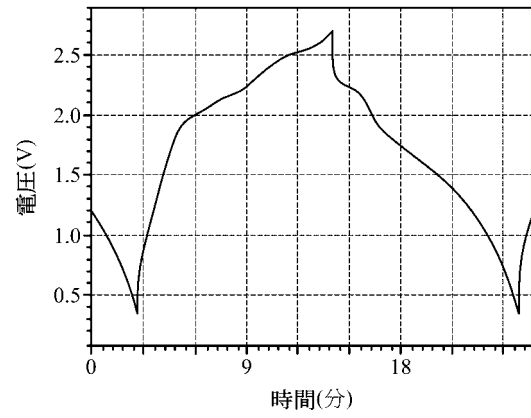
【図2】



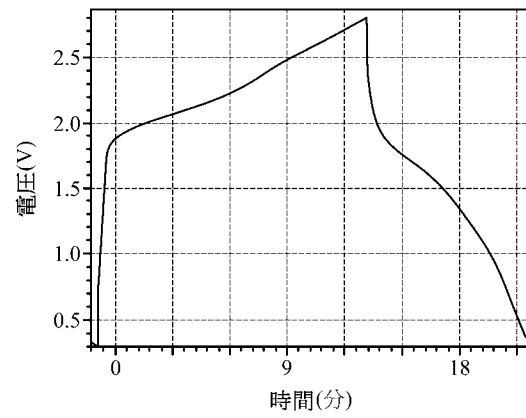
【図 3】



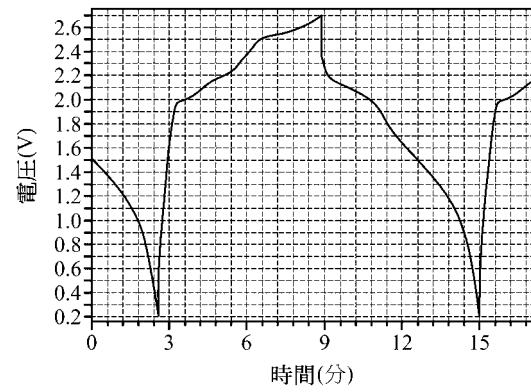
【図 4】



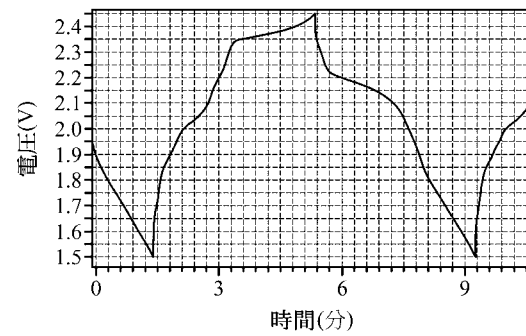
【図 5】



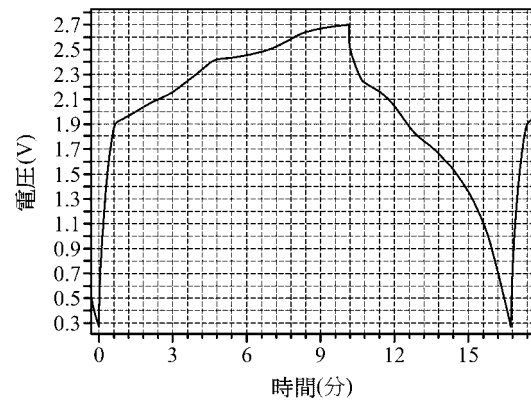
【図 7】



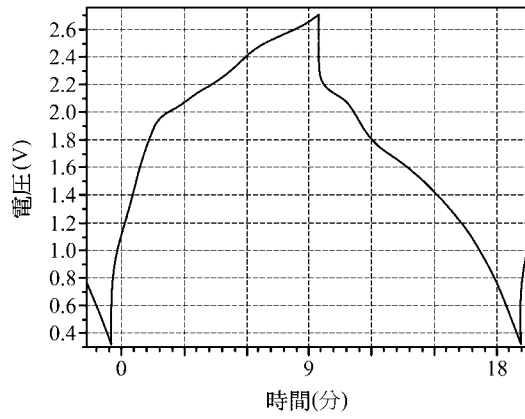
【図 6】



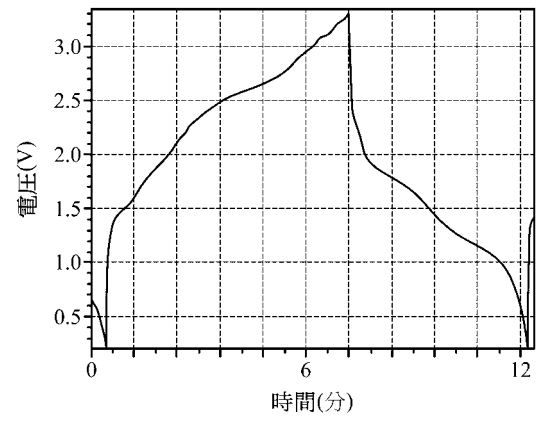
【図 8】



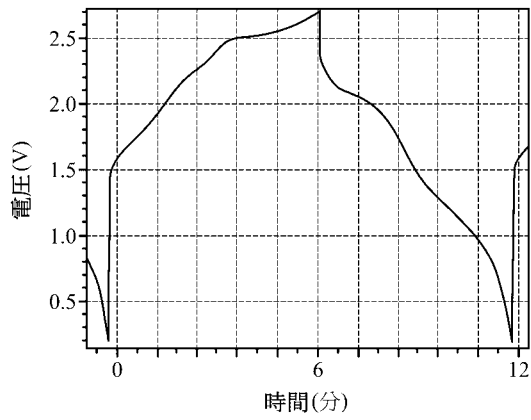
【図 9】



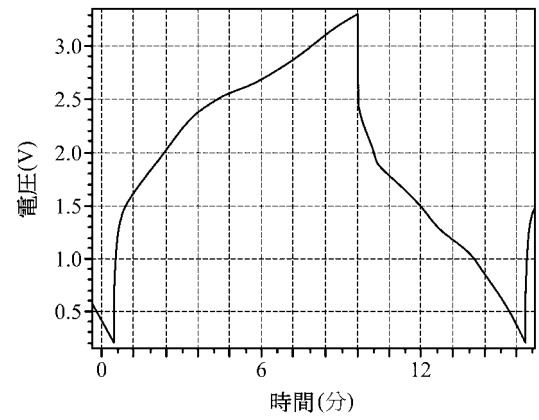
【図 1 1】



【図 1 0】



【図 1 2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H 0 1 M 10/058 (2010.01) H 0 1 M 10/058

(72)発明者 江 建志
台湾新北市蘆洲區復興里4鄰復興路227巷2弄5號

(72)発明者 陳 光耀
台湾花蓮縣吉安鄉慶豐村8鄰慶豐三街118號

(72)発明者 林 俊凱
台湾宜蘭縣頭城鎮城南里7鄰東興街103號

(72)発明者 吳 俊星
台湾台北市大安區龍安里3鄰和平東路一段183巷3弄10號1樓

Fターム(参考) 5H017 AA03 AS02 BB01 BB12 EE06 HH01
5H029 AJ02 AJ03 AK06 AK07 AL11 AM09 AM10 CJ02 CJ08 CJ15
DJ07 EJ04 HJ01
5H050 AA02 AA08 BA15 CA14 CA15 CB11 CB13 CB14 DA04 GA02
GA10 GA16 HA02