

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6050387号
(P6050387)

(45) 発行日 平成28年12月21日(2016.12.21)

(24) 登録日 平成28年12月2日(2016.12.2)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 M 10/36	(2010.01)	HO 1 M 10/36	A
HO 1 M 10/38	(2006.01)	HO 1 M 10/38	
HO 1 M 4/02	(2006.01)	HO 1 M 4/02	A
HO 1 M 4/66	(2006.01)	HO 1 M 4/66	A

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-559225 (P2014-559225)	(73) 特許権者	504415913
(86) (22) 出願日	平成25年2月28日 (2013.2.28)		フラウンホーファーゲゼルシャフト ツ
(65) 公表番号	特表2015-513179 (P2015-513179A)		ア フォルデルング デア アンゲヴァン
(43) 公表日	平成27年4月30日 (2015.4.30)		テン フォルシュング エー ファウ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/054092		ドイツ 80686 ミュンヘン ハンサ
(87) 国際公開番号	W02013/127953	(74) 代理人	100102141
(87) 国際公開日	平成25年9月6日 (2013.9.6)		弁理士 的場 基憲
審査請求日	平成26年10月15日 (2014.10.15)	(72) 発明者	ノアク イェンス
(31) 優先権主張番号	102012203194.4		ドイツ連邦共和国 76327 フィンツ
(32) 優先日	平成24年3月1日 (2012.3.1)		タール リスヴェーグ 14
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(72) 発明者	トウプケ イェンス
			ドイツ連邦共和国 76337 ヴァルト
			ブロン、ルーエシュタインヴェーグ 17
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フラーレンのイオン性液体中の懸濁液を有する電気化学半電池を有するガルバニ電池を備えた電気化学エネルギー貯蔵装置又はエネルギー変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1種のフラーレンを電気化学的に活性化化合物として有する活性カソード物質を有し、

前記フラーレンが、イオン性液体中の懸濁液の形態で存在し、

前記活性カソード物質が、金属、金属イオン及び金属化合物を有さない、電気化学半電池。

【請求項 2】

前記フラーレンが、[5, 6]-フラーレン-C₆₀、[5, 6]-フラーレン-C₇₀、フラーレン-C₇₆、フラーレン-C₇₈、フラーレン-C₈₀、フラーレン-C₈₂、フラーレン-C₈₄、フラーレン-C₈₆、フラーレン-C₉₀又はその混合物からなる群より選択される、請求項1に記載の電気化学半電池。

【請求項 3】

前記イオン性液体が、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムトリフルオロメタンスルホナート、1-ブチル-1-メチルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、りん酸二水素コリン、エチルアンモニウムニトラート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムブロミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムジシアナミド、1

- エチル - 3 - メチルイミダゾリウムエチルスルファート、1 - エチル - 3 - メチルイミダゾリウムメタンスルホナート、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムクロリド、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1 - メチル - 3 - オクチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1 - メチル - 3 - オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1 - メチル - 3 - プロピルイミダゾリウムヨージド、1 - メチル - 1 - プロピルピペリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリエチルスルホニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド又はその混合物からなる群より選択される、請求項 1 に記載の電気化学半電池。

【請求項 4】

懸濁液の全重量に対して、0.1 ~ 99.9 重量%のフラーレンを有する懸濁液を有する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電気化学半電池。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 種のフラーレンを電気化学的に活性化化合物として有する活性カソード物質が、電子を 6 つまで吸収及び放出できる、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の電気化学半電池。

【請求項 6】

電気化学半電池を少なくとも 2 つ備える電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置であって、

(i) 第 1 電気化学半電池は、

(a) 活性アノード物質と、

(b) 第 1 電解質と、

(c) 第 1 電極とを備え、

(i i) 第 2 電気化学半電池は、

(a) 活性カソード物質と、

(b) 第 2 電解質と、

(c) 第 2 電極とを備え、

(i i i) 前記第 1 電気化学半電池の前記電解質及び前記第 2 電気化学半電池の前記電解質は、セパレータを介して接触し、

(i v) 前記第 2 電気化学半電池は、少なくとも 1 種のフラーレンを電気化学的に活性化化合物として有する活性カソード物質を有し、

前記フラーレンが、イオン性液体中の懸濁液の形態で存在し、

前記活性カソード物質が、金属、金属イオン及び金属化合物を有さない、電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 電極が、少なくとも 1 種の炭素質材料を有する、請求項 6 に記載の電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置。

【請求項 8】

前記炭素質材料が、炭素繊維、炭素粒子、炭素板、炭素ナノチューブ又はこれらの混合物を有する、請求項 7 に記載の電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置。

【請求項 9】

前記炭素質材料が、炭素繊維を含有する織布又は不織布シートを有する、請求項 8 に記載の電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置。

【請求項 10】

少なくとも 1 種のフラーレンを電気化学的に活性化化合物として有する活性カソード物質であって、前記フラーレンが、イオン性液体中の懸濁液の形態で存在し、前記活性カソード物質が、金属、金属イオン及び金属化合物を有さない、活性カソード物質を提供する工程を有する、電気化学半電池の製造方法。

【請求項 11】

請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の電気化学エネルギー貯蔵又はエネルギー変換装置

10

20

30

40

50

を製造するための、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の電気化学半電池の使用。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[技術分野]

本発明は少なくとも 1 種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を有する電気化学半電池、並びに少なくとも 1 種のフラーレンの少なくとも 1 種のイオン性液体中の懸濁液を有する電気化学半電池に関する。

【0002】

本発明はさらに、本発明の電気化学半電池を少なくとも 2 つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置、及び、少なくとも 1 種のフラーレンを有する懸濁液を提供する工程を有する、本発明の電気化学半電池の製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0003】

エネルギー貯蔵装置及び/又はエネルギー変換装置は、電極上でレドックス反応が行われることで化学エネルギーが電気エネルギーに変換されるガルバニ電池を備える。ガルバニ電池は直流電圧源として用いられ、それぞれ別々に酸化と還元が起こる電気化学半電池を少なくとも 2 つ備える。ガルバニ電池は系統的に 3 つのグループに分けられる：

(a) 半電池を少なくとも 1 種の電子伝導体及び少なくとも 1 種のイオン伝導体に接続した後に電池が充電され、放電を一度だけできることで特徴付けられる、バッテリーとも呼ばれる一次電池。放電の基礎となるレドックス反応が不可逆的であるため、一次電池を再度電氣的に充電することはできない。

20

(b) 少なくとも 1 種の電子伝導体及び少なくとも 1 種のイオン伝導体に接続された半電池からガルバニ電池を形成し、繰り返し充放電をすることができることで特徴づけられる、蓄電池とも呼ばれる二次電池。放電の基礎となるレドックス反応が可逆的であるため、二次電池は電氣的に充電可能である。従って、二次電池の寿命は特定の充放電プロセス数で制限される。

(c) 化学エネルギー担体が電池内に貯蔵されるのではなく、連続的に外部から供給されることで特徴付けられる、三次電池とも呼ばれる燃料電池。したがって、燃料電池は連続的に供給される燃料及び連続的に供給される酸化剤の化学エネルギーを利用し、これらを電気エネルギーに変換する。

30

【0004】

商業的な二次電池としては、例えば、鉛蓄電池、ニッケルカドミウム蓄電池、ニッケル水素蓄電池、ニッケル亜鉛蓄電池、ニッケル鉄蓄電池、リチウムイオン蓄電池、リチウムポリマー蓄電池、リチウム鉄蓄電池、リチウムマンガン蓄電池、リン酸鉄リチウム蓄電池、リチウム硫黄蓄電池、及びチタン酸リチウム蓄電池が挙げられる。

【0005】

鉛蓄電池は電解液として硫酸水溶液を有し、2.0 V の公称電圧で 30 Wh / kg の質量エネルギー密度を有する。ニッケル系の蓄電池は電解液としてアルカリ金属水酸化物水溶液を有し、1.2 ~ 1.9 V の範囲内の公称電圧で 40 ~ 110 Wh / kg の範囲内の質量エネルギー密度を有する。リチウム系の蓄電池は電解質としてリチウム塩並びに溶融塩を含有する無水有機溶媒を備え、2.2 ~ 3.7 V の範囲内の公称電圧にて 70 ~ 210 Wh / kg の範囲内の質量エネルギー密度を有する。リチウム系の蓄電池、特にリチウムポリマー蓄電池は高いエネルギー密度を有するが、通常は明確な経年変化を示し、可燃性の高い活性アノード及び/又はカソード物質を含むため、特に民間セクタにおいて用いる場合に大きな潜在的危険性を有する。

40

【0006】

一般的に、高い質量及び体積エネルギー密度における高い公称電圧及び高い容量が求められる。これは、移動セクタなどの移動用途において特に重要である。

【0007】

50

ガルバニ電池の質量エネルギー密度 (E_{grav}) 及び体積エネルギー密度 (E_{vol}) は、式 (i) 及び (ii) から明らかになる。

$$E_{grav} [Wh/kg] = U [V] \cdot I [A] \cdot t [h] / m [kg] \quad (i)$$

$$E_{vol} [Wh/cm^3] = U [V] \cdot I [A] \cdot t [h] / V [cm^3] \quad (ii)$$

式中、Uは電圧をボルト [V] で表し、Iは電流をアンペア [A] で表し、tは時間を時間 [h] で表し、mは質量をキログラム [kg] で表し、Vは体積を立方センチメートル [cm³] で表す。

【0008】

したがって、高い質量及び体積エネルギー密度は、ガルバニ電池が高性能及び低モル質量及び/又は低モル体積を有する材料から構成される場合に得られる。そのため、高い質量及び/又は体積エネルギー密度を有する高効率のガルバニ電池の構成のための新しい材料が求められている。

10

【0009】

この点においてガルバニ電池に用いられる電解質の選択及びガルバニ電池で用いられる溶媒の選定は特に重要である。なぜなら、従来採用される水性電解質及び溶媒は高電圧において安定でないからである。したがって、高電圧において安定な非水性電解質化合物及び溶媒が求められている。

【0010】

上記の従来周知且つ市販されている二次電池では、希少且つ高価な金属含有化合物を活性アノード及び/又はカソード物質として用いている。この結果、これらにより構成される二次電池の生産は非常に高価となる。増加する需要とそれに関連する市場参入者間における市場価格に対する圧力によって、新しい活性アノード及び/又はカソード物質、特に金属、金属イオン及び/又は金属化合物、特に鉛、ニッケル、カドミウム、リチウム、マンガン、チタン、又は亜鉛の金属、金属イオン及び/又は金属化合物に基づかない活性アノード及び/又はカソード物質に対する顕著な需要が存在する。

20

【0011】

「活性アノード及び/又はカソード物質」は、化学変換、特に還元又は酸化プロセスによって電極上で電子を吸収又は放出する電気化学的に活性な化合物として理解される。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0012】

本発明の目的は、金属、金属イオン及び/又は金属化合物を有さない活性アノード及びカソード物質を有する電気化学半電池、及び本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有するエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置を提供することである。特に、質量及び/又は体積エネルギー密度が改善されたエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置である。

【0013】

本発明のさらなる目的は、本発明の電気化学半電池並びに本発明のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の製造に好適な電解質を提供することであり、そのような電解質は、低蒸気圧、高い熱・化学安定性、高導電率及び広範囲の電位窓を有し、市販のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置に用いられる従来の無水有機溶媒に比べて高い引火点を有する。

40

【0014】

「エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置」は、化学物質を電気エネルギーに自発的に変換するアノード及びカソードを備える装置として理解される。アノード及びカソードは両方とも電氣的にだけでなく電解的にも接触している。発電反応はレドックス反応であり、これらの起電力は関与する化学元素の標準電位によって決められる。起電力は、電力を供給しない電力源のクランプ間における電位差と理解される。電極の標準電位は、電解質の電極反応において関与する成分が標準状態であり、固形成分が純粋な形で存在する時の電極電位の平衡値であり、標準状態は 273.1 K の標準温度と 1.01325

50

パールの標準圧力で設定されている。溶解された電解質に対しては、標準状態に対応する特定の濃度が規定度である。標準電位は、標準的な金属電極、すなわち25において標準水素電極に対して活量1の金属塩の1つの溶液に浸漬された金属電極の電位に対応する。Roempp Chemie Lexikon、第9版、1123, 1476~1477及び3048~3051ページを参照。本発明の範囲内の指定の装置としての、電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置は、本質的にガルバニ電池と対応する。

【0015】

「電気化学半電池」は、活性アノード及び/又はカソード物質並びに電極が電解質に浸漬され、それによって電解質が少なくとも1つのさらなる「電気化学半電池」の電解質と、特に多孔質の隔壁（細孔セパレータ）を介して接触する構成と理解される。

10

【課題を解決するための手段】

【0016】

これらの目的は独立請求項の特徴によって解決され、本発明の有利な実施形態は従属請求項に記載する。

【0017】

本発明は、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を有する電気化学半電池、並びに、少なくとも1種のフラーレンの少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液を有する電気化学半電池に関する。

【0018】

本発明はさらに、本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置、及び、本発明の電気化学半電池の製造方法、特に、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を提供する工程を有する電気化学半電池の製造方法に関する。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】Q, Xie, E, Perez-Cordero, L' Echegoyen, 「Electrochemical Detection of C₆₀-6 and C₇₀-6 Enhanced Stability of Fullerenes in Solution」、J. Am. Soc., 1992, 114, 3978-3980に記載される、[5, 6]-フラーレン-C₆₀~[5, 6]-フラーレン-C₆₀⁻⁶までの還元ピークを示す。

30

【図2】1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド中に10%の[5, 6]-フラーレン-C₆₀を有する電池の充放電曲線を示す。

【図3】1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド中に10%の[5, 6]-フラーレン-C₆₀を有する電池の充放電単曲線を示す。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の詳細な記述

本発明は、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を有する電気化学半電池、並びに少なくとも1種のフラーレンの少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液を有する電気化学半電池に関する。

40

【0021】

「フラーレン」は、本発明において、C_{2n}炭素原子からなる球状の高分子であると理解され、炭素のみからなり、高対称性を有する五角形及び六角形の構造単位を有し、ダイヤモンド、グラファイト、炭素ナノチューブ、及びグラフェンに並んで元素炭素のさらなる変形を表す。

【0022】

50

「イオン性液体」は、本発明において、イオンのみからなる液体であると理解される。古典的な熔融塩と区別するべく、融点が100より低いこのような塩のみがイオン性液体と称される。P. Water, W. Keim, Angewandte Chemie, International Edition 2000, 39, 3772を参照。通常、イオン性液体はそのカチオンの種類によって分類され、典型的な代表例はイミダゾリウム、ピリジニウム、アンモニウム及び/又はホスホニウムの塩に基づくものが挙げられる。一般的に、イオン性液体は低蒸気圧、高い熱・化学安定性、並びに高導電率及び広範囲な電位窓を有する。さらに、イオン性液体は通常の有機溶媒に比べて引火点が高いことが特徴付けられる。

【0023】

フラーレンは、[5, 6]-フラーレン-C₆₀ (IUPAC: C₆₀-I_h) [5, 6]フラーレン)、[5, 6]-フラーレン-C₇₀ (IUPAC: (C₇₀-D_{5h}(6)) [5, 6]フラーレン)、フラーレン-C₇₆、フラーレン-C₇₈、フラーレン-C₈₀、フラーレン-C₈₂、フラーレン-C₈₄、フラーレン-C₈₆、フラーレン-C₉₀又はその混合物からなる群より選択されることが好ましく、特に好ましいのは[5, 6]-フラーレン-C₆₀及び/又は[5, 6]-フラーレン-C₇₀であり、特に[5, 6]-フラーレン-C₆₀である。

【0024】

イオン性液体は、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムトリフルオロメタンスルホナート、1-ブチル-1-メチルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、りん酸二水素コリン、エチルアンモニウムニトラート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムプロミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムジシアナミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムエチルスルファート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムメタンスルホナート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-プロピルイミダゾリウムヨージド、1-メチル-1-プロピルピペリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリエチルスルホニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド又はその混合物からなる群より選択されることが好ましく、特に1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリスフルオロメチルスルホニル)イミドである。

【0025】

本発明の有利な実施形態では、電気化学半電池は少なくとも1つの活性アノード及び/又はカソード物質と、少なくとも1つの電解質と少なくとも1つの電極とを備える。

【0026】

活性アノード及び/又はカソード物質

活性アノード物質は、少なくとも1つの電子を、好ましくは少なくとも2つの電子を、より好ましくは少なくとも3つの電子を、より好ましくは少なくとも4つの電子を、より好ましくは少なくとも5つの電子を、より好ましくは少なくとも6つの電子を、より好ましくは2つの電子まで、より好ましくは3つの電子まで、より好ましくは4の電子まで、より好ましくは5つの電子まで、より好ましくは6つの電子までを吸収及び/又は放出できる、電気化学的に活性な化合物を有する。この場合、活性カソード物質は、少なくとも1つの電子を、好ましくは少なくとも2つの電子を、より好ましくは少なくとも3つの電子を、より好ましくは少なくとも4つの電子を、より好ましくは少なくとも5つの電子を、より好ましくは少なくとも6つの電子を、より好ましくは2つの電子まで、より好ましくは3つの電子まで、より好ましくは4つの電子まで、より好ましくは5つの電子まで、

10

20

30

40

50

より好ましくは6つの電子までを吸収及び/又は放出することができる、電気化学的に活性な化合物を有する。活性アノード及び/又はカソード物質による電子の吸収又は放出は、還元又は酸化プロセスによって起こる。

【0027】

実施形態の1つでは、活性アノード及び/又はカソード物質は少なくとも1種のフラーレンを有する。特定の実施形態では、フラーレンは活性アノード及び/又はカソード物質の唯一の成分である。

【0028】

フラーレンは多重荷電カチオン又は多重荷電アニオンとして存在してもよく、特に、フラーレンは酸化状態が+1~+6の酸化型及び酸化状態が-1~-6の還元型で存在してもよい。言い換えれば、フラーレンは、その電子基底状態において、6つの電子までを吸収できる、若しくは6つの電子までを放出できる。フラーレンは固体状及び/又は溶解した状態、特に粒子状で存在してもよい。

10

【0029】

本発明の電気化学半電池の特定の実施形態では、活性アノード及び/又はカソード物質は、少なくとも1種のフラーレンに加えて、他の活性アノード及び/又はカソード物質を含まない。言い換えれば、本実施形態では、フラーレンが唯一の活性アノード及び/又はカソード物質である。本発明の電気化学半電池は、金属、金属イオン及び/又は金属化合物を有さない活性アノード及び/又はカソード物質を備えるのが好ましい。

【0030】

本発明の電気化学半電池のさらなる特定の実施形態では、活性アノード及び/又はカソード物質は、懸濁液の形態で存在するフラーレンを少なくとも1種有する。懸濁液は、懸濁液の全重量に対して0.1~99.9重量%、好ましくは1~50重量%、より好ましくは1~25重量%、より好ましくは5~20重量%、特に10重量%のフラーレンを有してもよい。

20

【0031】

したがって、本発明において、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を有する電気化学半電池を記載するが、本発明の電気化学半電池の実施形態の1つでは、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質は懸濁液の形態で存在する。本発明の電気化学半電池の好ましい実施形態では、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質は、少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液の形態で存在する。

30

【0032】

さらなる実施形態では、フラーレンは電解質を有する、特にイオン性液体を有する電解質中の懸濁液の形態で存在する。好ましい実施形態では、電解質は懸濁液を生成するのに用いられる溶媒を表す。

【0033】

さらなる特定の実施形態では、本発明の電気化学半電池は、活性アノード及び/又はカソード物質を有するアノード及び/又はカソード材料を備える。アノード及び/又はカソード材料は、活性アノード及び/又はカソード物質に加えて、担体物質を有していてもよい。「担体物質」は、活性アノード及び/又はカソード物質がコーティングされている物質、又は活性アノード及び/又はカソード物質が分散されている物質であり、活性アノード及び/又はカソード物質とは異なるものとして理解される。実施形態の1つでは、担体物質は電気化学活性を、特に電気化学活性及び導電性を有さない。

40

【0034】

電解質はイオン伝導性媒体を有し、その導電性はイオンへの電離を通して得られる。本発明の電気化学半電池の特定の実施形態では、電解質はイオン性液体、特に、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムトリフルオロメタンスルホナート、1-ブチル-

50

1 - メチルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、りん酸二水素コリン、エチルアンモニウムニترات、1 - エチル - 3 - メチルイミダゾリウムブロミド、1 - エチル - 3 - メチルイミダゾリウムジシアナミド、1 - エチル - 3 - メチルイミダゾリウムエチルスルファート、1 - エチル - 3 - メチルイミダゾリウムメタンスルホナート、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムクロリド、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1 - ヘキシル - 3 - メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1 - メチル - 3 - オクチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1 - メチル - 3 - オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1 - メチル - 3 - プロピルイミダゾリウムヨージド、1 - メチル - 1 - プロピルピペリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリエチルスルホニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド又はその混合物からなる群より選択されるイオン性液体、特に1 - メチル - 1 - プロピルピロリジニウムビス(トリスフルオロメチルスルホニル)イミドを有する。

10

【0035】

本発明の電気化学半電池の電極は電子伝導性物質を有し、それは電解質と接触する。本発明の実施形態の1つでは、電極自体は活性アノード及び/又はカソード物質を有さない。本発明の電気化学半電池の電極は還元も酸化もされないが、電子伝導体として作用する。言い換えれば、活性アノード及び/又はカソード物質自体が電極の一部でなくても、活性アノード及び/又はカソード物質の還元及び酸化プロセスが電極上で起こり得る。

20

【0036】

特定の実施形態では、電極は少なくとも1種の炭素質材料を有する。さらなる特定の実施形態では、炭素質材料はシートを、特に、炭素繊維及び/又は炭素粒子及び/又は炭素板及び/又は炭素ナノチューブを含む。さらなる特定の実施形態では、シートは、炭素繊維を含有する織布又は不織布シート、特に炭素フェルト及び/又は炭素布を含む。

【0037】

本発明の有利な実施形態では、電気化学半電池は、少なくとも1種のフラーレン、特に[5, 6] - フラーレン - C₆₀を有する少なくとも1つの活性アノード及び/又はカソード物質と、少なくとも1種のイオン性液体、特に1 - メチル - 1 - プロピルピロリジニウムビス(トリスフルオロメチルスルホニル)イミドを有する少なくとも1つの電解質と、少なくとも1つの電極、特にグラファイト板及び/又はグラファイトペンシル及び/又はグラファイトフェルト及び/又はグラファイト布とを備える。

30

【0038】

懸濁液を有する電気化学半電池

別の特定の実施形態では、本発明の電気化学半電池は、少なくとも1種のフラーレンの少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液を有する。懸濁液は、懸濁液の全重量に対して、0.1 ~ 99.9重量%、好ましくは1 ~ 50重量%、より好ましくは1 ~ 25重量%、より好ましくは5 ~ 20重量%、特に10重量%のフラーレンを有してもよい。懸濁液は、懸濁液の全重量に対して、99.9 ~ 0.1重量%、好ましくは99 ~ 50重量%、より好ましくは99 ~ 75重量%、より好ましくは95 ~ 80重量%、特に90重量%のイオン性液体を有してもよい。フラーレン及びイオン性液体に加えてさらなる成分を有する懸濁液を有する実施形態も本発明に含まれる。

40

【0039】

実施形態の1つでは、活性アノード及び/又はカソード物質は、少なくとも1つの電子を、好ましくは少なくとも2つの電子を、より好ましくは少なくとも3つの電子を、より好ましくは少なくとも4つの電子を、より好ましくは少なくとも5つの電子を、より好ましくは少なくとも6つの電子を吸収及び/又は放出できる、電気化学的に活性な化合物を有する。

【0040】

実施形態の1つでは、活性アノード及び/又はカソード物質は、1つの電子を、好まし

50

くは2つの電子まで、より好ましくは3つの電子まで、より好ましくは4つの電子まで、より好ましくは5つの電子まで、より好ましくは6つの電子までを吸収及び/又は放出できる、電気化学的に活性な化合物を有する。

【0041】

少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を備える本発明の電気化学半電池のフラーレンは、特に、活性アノード及び/又はカソード物質の成分である。フラーレンは多重荷電カチオン又は多重荷電アニオンとして存在してもよく、特に、フラーレンは、酸化状態が+1~+6の酸化型及び酸化状態が-1~-6の還元型で存在してもよい。言い換えれば、フラーレンは、その電子基底状態において、電子を6つまで吸収する、若しくは電子を6つまで放出してもよい。フラーレンは、固体状及び/又は溶解した状態、特に、粒子状で存在してもよい。

10

【0042】

少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する本発明の電気化学半電池の特定の実施形態では、フラーレンが活性アノード及び/又はカソード物質の唯一の成分である。

【0043】

さらなる特定の実施形態では、少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する本発明の電気化学半電池は、活性アノード及び/又はカソード物質を有するアノード及び/又はカソード材料を有する。アノード及び/又はカソード材料は、活性アノード及び/又はカソード物質に加えて、担体物質を備えていてもよい。「担体物質」は、活性アノード及び/又はカソード物質でコーティングされている物質、又は活性アノード及び/又はカソード物質が分散されている物質であり、活性アノード及び/又はカソード物質とは異なるものと理解される。実施形態の1つでは、担体物質は電気化学活性を有さず、特に、電気化学活性及び導電性を有さない。

20

【0044】

少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する本発明の電気化学半電池の実施形態の1つは、電解質を備える。電解質はイオン伝導性媒体を有し、その導電性はイオンへの電離を通して得られる。本発明の電気化学半電池の特定の実施形態では、電解質はイオン性液体、特に、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムトリフルオロメタンスルホナート、1-ブチル-1-メチルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、りん酸二水素コリン、エチルアンモニウムニトラート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムプロミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムジシアナミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムエチルスルファート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムメタンスルホナート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-プロピルイミダゾリウムヨージド、1-メチル-1-プロピルピペリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリエチルスルホニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド又はその混合物からなる群より選択されるイオン性液体、特に1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドを有する。

30

40

【0045】

さらなる実施形態では、フラーレンは、電解質、特にイオン性液体を有する電解質中の懸濁液の形態で存在する。好ましい実施形態では、電解質は懸濁液を形成するのに用いられる溶媒である。

【0046】

50

少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する本発明の電気化学半電池の実施形態の1つは、電極を備える。電極は、電解質と接触する電子伝導材を有する。本発明の特定の実施形態の1つでは、電極自体はフラーレンを有さない。本発明の電気化学半電池の電極は還元も酸化もされないが、電子伝導体として作用する。言い換えれば、活性アノード及び/又はカソード物質自体が電極の一部でなくても、活性アノード及び/又はカソード物質の還元及び酸化プロセスが電極上で起こり得る。

【0047】

特定の実施形態では、電極は少なくとも1種の炭素質材料を有する。さらなる特定の実施形態では、炭素質材料はシートを、特に、炭素繊維及び/又は炭素粒子及び/又は炭素板及び/又は炭素ナノチューブを含む。さらなる特定の実施形態では、シートは、炭素繊維を含有する織布又は不織布シート、特に炭素フェルト及び/又は炭素布を含む。

10

【0048】

少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する本発明の電気化学半電池の有利な実施形態は、少なくとも1種のフラーレン、特に[5,6]-フラーレン-C₆₀を有する少なくとも1つの活性アノード及び/又はカソード物質と、少なくとも1種のイオン性液体、特に1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドを有する少なくとも1つの電解質と、少なくとも1つの電極、特にグラファイト板及び/又はグラファイトペンシル及び/又はグラファイトフェルト及び/又はグラファイト布とを備える。

【0049】

エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置

本発明はさらに、本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置を含む。

20

【0050】

特定の実施形態では、電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置は少なくとも2つ電気化学半電池を有し、

(i) 第1電気化学半電池は、

(a) 活性アノード物質と、

(b) 第1電解質と、

(c) 第1電極とを備え、

30

(ii) 第2電気化学半電池は、

(a) 活性カソード物質と、

(b) 第2電解質と、

(c) 第2電極とを備え、

(iii) 第1電気化学半電池の電解質と第2電気化学半電池の電解質はセパレータ、特に細孔セパレータを介して接触し、

(iv) 第1電気化学半電池及び/又は第2電気化学半電池は、それぞれ独立に、少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を備える。

【0051】

第1及び/又は第2電気化学半電池の活性アノード及び/又はカソード物質は、少なくとも1つの電子を、好ましくは少なくとも2つの電子を、より好ましくは少なくとも3つの電子を、より好ましくは少なくとも4つの電子を、より好ましくは少なくとも5つの電子を、より好ましくは少なくとも6つの電子を吸収及び/又は放出できる、電気化学的に活性な化合物を有する。活性アノード及び/又はカソード物質による電子の吸収又は放出は、還元又は酸化プロセスによって起こる。

40

【0052】

実施形態の1つでは、第1及び/又は第2電気化学半電池の活性アノード及び/又はカソード物質は、少なくとも1つの電子を、好ましくは2つの電子まで、より好ましくは3つの電子まで、より好ましくは4つの電子まで、より好ましくは5つの電子まで、より好ましくは6つの電子までを吸収及び/又は放出できる、電気化学的に活性な化合物を有す

50

る。活性アノード及び／又はカソード物質による電子の吸収又は放出は、還元又は酸化プロセスによって起こる。

【0053】

実施形態の1つでは、電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置の第1及び／又は第2電気化学半電池の活性アノード及び／又はカソード物質は、フラーレンを少なくとも1種有する。

【0054】

フラーレンは多重荷電カチオン又は多重荷電アニオンとして存在していてもよく、特に、フラーレンは酸化状態が+1～+6の酸化型及び酸化状態が-1～-6の還元型で存在していてもよい。言い換えれば、フラーレンは、その電子基底状態において、電子を6つまで吸収する、若しくは電子を6つまで放出することができる。フラーレンは固体状及び／又は溶解した状態、特に粒子状で存在していてもよい。

10

【0055】

特定の実施形態では、フラーレンは、本発明の電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置の第1及び／又は第2電気化学半電池の活性アノード及び／又はカソード物質の唯一の成分である。本発明のエネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置のさらなる特定の実施形態では、第1及び第2電気化学半電池の活性アノード及びカソード物質は少なくとも1種のフラーレンを有し、第1及び第2電気化学半電池の活性アノード物質及び活性カソード物質は同一である。

【0056】

本発明の第1及び／又は第2電気化学半電池は、金属、金属イオン及び／又は金属化合物を有さない活性アノード及び／又はカソード物質を有することが好ましい。

20

【0057】

第1及び／又は第2電気化学半電池の実施形態の1つでは、活性アノード及び／又はカソード物質は、懸濁液の形態で存在し、特に少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液の形態で存在する、少なくとも1種のフラーレンを有する。懸濁液は、懸濁液の全重量に対して、0.1～99.9重量%、好ましくは1～50重量%、より好ましくは1～25重量%、より好ましくは5～20重量%、特に10重量%のフラーレンを有してもよい。少なくとも1種のフラーレン及び少なくとも1種のイオン性液体を有する実施形態の1つでは、懸濁液は、懸濁液の全重量に対して、99.9～0.1重量%、好ましくは99～50重量%、より好ましくは99～75重量%、より好ましくは95～80重量%、特に90重量%のイオン性液体を有してもよい。

30

【0058】

本発明のエネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置の特定の実施形態では、第1及び第2電気化学半電池は、懸濁液の形式で存在する少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び／又はカソード物質を有し、第1の電気化学半電池の活性アノード物質の懸濁液が第2電気化学半電池の活性カソード物質の懸濁液と同じである。

【0059】

本発明のエネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置のさらなる特定の実施形態では、第1及び第2電気化学半電池は、少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液の形態で存在する少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び／又はカソード物質を有する。本発明のエネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置のさらに特定の実施形態では、第1及び第2電気化学半電池は、少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液の形態で存在する少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び／又はカソード物質を有し、第1電気化学半電池の活性アノード物質の懸濁液が第2電気化学半電池の活性カソード物質の懸濁液と同じである。

40

【0060】

フラーレン及びイオン性液体に加えてさらなる成分を有する懸濁液を有する実施形態も本発明に含まれる。

【0061】

50

さらなる特定の実施形態では、本発明の第1及び/又は第2電気化学半電池は活性アノード及び/又はカソード物質を有するアノード及び/又はカソード材料を備える。アノード及び/又はカソード材料は、活性アノード及び/又はカソード物質に加えて担体物質を有してもよい。「担体物質」は、活性アノード及び/又はカソード物質がコーティングされている物質、又は活性アノード及び/又はカソード物質が分散されている物質であり、活性アノード及び/又はカソード物質とは異なるものと理解される。実施形態の1つでは、担体物質は電気化学活性を、特に電気化学活性及び導電性を有さない。

【0062】

さらなる特定の実施形態では、フラーレンは、電解質を有する、特にイオン性液体を有する電解質中の懸濁液の形態で存在する。言い換えれば、この実施形態は、懸濁液の形態で存在する少なくとも1種のフラーレンを有する活性アノード及び/又はカソード物質を有する第1及び/又は第2電気化学半電池を有し、懸濁液はさらに電解質、特にイオン性液体を有する。

10

【0063】

本発明のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の第1及び/又は第2電気化学半電池の第1及び/又は第2電解質は、イオン伝導性媒体を有し、その導電性はイオンへの電離を介して得られる。特定の実施形態では、第1及び/又は第2電解質はイオン性液体、特に、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウムトリフルオロメタンスルホナート、1-ブチル-1-メチルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、ブチルトリメチルアンモニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、りん酸二水素コリン、エチルアンモニウムニトラート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムブロミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムジシアナミド、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムエチルスルファート、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムメタンスルホナート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムクロリド、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-ヘキシル-3-メチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムヘキサフルオロホスファート、1-メチル-3-オクチルイミダゾリウムテトラフルオロボラート、1-メチル-3-プロピルイミダゾリウムヨージド、1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド、トリエチルスルホニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド又はその混合物からなる群より選択されるイオン性液体、特に1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリスフルオロメチルスルホニル)イミドを有する。

20

30

【0064】

本発明の第1及び/又は第2電気化学半電池の実施形態の1つでは、第1及び/又は第2電解質は、活性アノード及び/又はカソード物質のイオン性液体と同一であってもよい。本発明の第1及び/又は第2電気化学半電池のさらなる実施形態では、第1電解質は第2電解質と同じであってもよい。

【0065】

本発明のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の第1及び/又は第2電気化学半電池の第1及び/又は第2電極は、電解質と接触する電子伝導材を有する。本発明の実施形態の1つでは、第1及び/又は第2電極は活性アノード及び/又はカソード物質を有さない。本発明のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の第1及び/又は第2電極は還元も酸化もされないが、電子伝導体として作用する。言い換えれば、活性アノード及び/又はカソード物質自体が第1及び/又は第2電極の一部でなくても、活性アノード及び/又はカソード物質の還元及び酸化プロセスが第1及び/又は第2電極上で起こり得る。

40

【0066】

特定の実施形態では、第1及び/又は第2電極は、少なくとも1種の炭素質材料、特に

50

2種の炭素質材料を有する。さらなる特定の実施形態では、炭素質材料はシートを、特に炭素繊維及び/又は炭素粒子及び/又は炭素板及び/又は炭素ナノチューブを有する。さらなる特定の実施形態では、シートは炭素繊維を含有する織布又は不織布シート、特に、炭素フェルト及び/又は炭素布を有する。

【0067】

本発明の有利な実施形態では、少なくとも2つの電気化学半電池を有する本発明のエネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置は、少なくとも1種のフラーレン、特に[5, 6]-フラーレン-C₆₀を有する少なくとも1つの活性アノード及び/又はカソード物質と、少なくとも1種のイオン性液体、特に1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリスフルオロメチルスルホニル)イミドを有する少なくとも1つの電解質と、少なくとも第1及び第2電極、特にグラファイト板及び/又はグラファイトペンシル及び/又はグラファイトフェルト及び/又はグラファイト布とを備える。

10

【0068】

本発明はまた、本発明の電気化学半電池を製造する方法に関し、以下の工程を含む：

(i) 電極を提供する工程、

(ii) 少なくとも1種のフラーレンを特に懸濁液の形態で有する活性アノード及び/又はカソード物質を提供する工程、

(iii) 電解質、特に少なくとも1種のイオン性液体を有する電解質を提供する工程。

【0069】

本発明の電気化学半電池を製造する方法の実施形態の1つでは、電極は活性アノード及び/又はカソード物質の懸濁液で処理される。最初に活性アノード及び/又はカソード物質の懸濁液、特に少なくとも1種のフラーレンの少なくとも1種のイオン性液体中の懸濁液を調製し、次に電極を懸濁液で処理する。

20

【0070】

本発明はまた、本発明の電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置を製造するための本発明の電気化学半電池の使用にも関する。

【0071】

本発明の電気化学半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置は、特に高い理論容量によって特徴付けられる。

30

【0072】

容量は電流及び時間の積であり、式(iii)で明らかになる：

$$\text{容量} = I \cdot t \quad (\text{iii})$$

式中、Iは電流をアンペア[A]で表し、tは時間を時間[h]で表す。

【0073】

電気化学半電池、並びに電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置における容量は、式(iv)にしたがってファラデーの法則から明らかになる：

$$Q = n \cdot z \cdot F \quad (\text{iv})$$

式中、Qは充電量を表し、nは物質の変換量をモル[mol]で表し、zは電子数を表し、Fはファラデー定数をクーロン[C]で表す(96487C)。

40

【0074】

電子遷移が6つまでの本発明の半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置では、容量は160.8 Ah/molとなる。

【0075】

電子遷移が3つまでの本発明の半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置では、容量は80.4 Ah/molとなる。

【0076】

電子遷移が2つまでの本発明の半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2

50

つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置では、容量は 53.6 Ah/mol となる。

【0077】

電子遷移が1つまでの本発明の半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置では、容量は 26.8 Ah/mol となる。

【0078】

本発明の半電池、並びに本発明の電気化学半電池を少なくとも2つ有する電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置では、理論容量は $26.8 \sim 160.8 \text{ Ah/mol}$ の範囲内となる。

10

【0079】

エネルギー密度は電荷量及び電圧の積であり、式(v)によって明らかになる：

$$W = Q \cdot U \quad (v)$$

式中、Wはエネルギー密度を表し、Qは電荷量を表し、Uは電圧を表す。

【0080】

利用可能な可逆的レドックス反応に伴う、 3.5 V 、 2.5 V 及び 1.5 V における3つの電圧プラトーのエネルギー密度は、式(v)より、 201 Wh/mol の理論エネルギー密度となる。

$$3.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 2.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 1.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} = 201 \text{ Wh/mol}$$

20

【実施例】

【0081】

[実施例]

実施例1：

エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置を、1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド(99%、Iolitec GmbH、ドイツ)中の10%[5,6]-フラレン- C_{60} の懸濁液から構成した。エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置を、細孔セパレータ(Celgard Inc.、米国)を用いて2つの電気化学半電池に分離した。電極としては、グラファイト板(FU4036、Schunk Kohlenstofftechnik GmbH、ドイツ)及びグラファイトフェルト(GFA5、SGL Carbon、ドイツ)を使用した。グラファイト板を、2つずつ相互に略平行な4つのセグメントからなり、 $5 \times 33 \times 30 \text{ mm}$ のキャピティを有するPVCフレームの片側に、特に液密に圧入し、載置した。続いて、一方の側が解放されたこの構造物内にグラファイトフェルトを載置し、1-メチル-1-プロピル-ピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド中の10%[5,6]-フラレン- C_{60} の懸濁液を、完全に懸濁液で飽和されてそれ以上の懸濁液を取り込めなくなるまでグラファイトフェルトに塗布した。次いで、上記一方が解放された構造物のキャピティを、1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドで充填した。1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドは電解質として作用する。この一方が解放された構造物が、電気化学エネルギー貯蔵及び／又はエネルギー変換装置の本発明の電気化学半電池の実施形態である。次に、上記一方が解放された構造物をセパレータの圧入、特に液密コーティングによって閉じた。次いで、第2のグラファイト板を、2つずつ相互に略平行な4つのセグメントからなり、 $5 \times 33 \times 30 \text{ mm}$ のキャピティを有する第2のPVCフレームの片側に、特に液密に圧着した。続いて、第2のグラファイトフェルトを、一方の側が解放された第2の構造物内に載置し、1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド中の10%の[5,6]-フラレン- C_{60} の懸濁液を、完全に懸濁液で飽和されてそれ以上の懸濁液を取り込めなくなるまで第2グラファイトフェルトに塗布した。続いて、上記一方が解放された第2の構造物のキャピティを、1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニ

30

40

50

ル)イミドで充填した。1-メチル-1-プロピル-ピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミドは電解質として作用する。上記一方が解放された第2の構造物が、本発明の電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の電気化学半電池の実施形態である。続いて、上記一方が解放された第2の構造物を、第1半電池のセパレータに、第1半電池との境界を区切る、第2の構造物のPVCフレームの開放側を介して、特に液密に圧着した。第1及び第2電気化学半電池の電氣的接触は、第1グラファイト板の第1銅板及び第2グラファイト板の第2銅板によって行われた。2つの電気化学半電池は続いて第1銅板及び第2銅板を介して、 0.3 mA/cm^2 の電流密度を有する導電体と電氣的に接続された。

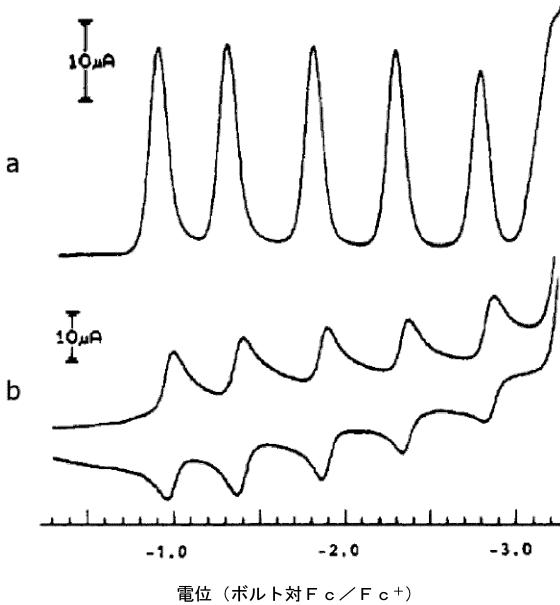
10

【0082】

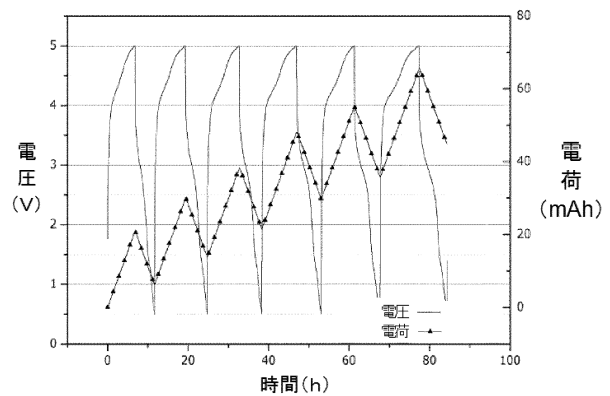
図2及び図3に示すように、このように構成された電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の最終充電電圧はおよそ5Vであり、最終放電電圧はおよそ0.5Vである。充電プロセスにおいて、電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置はまずおよそ4Vの電圧まで均等に極性化する。次に、最終充電電圧に到達するまで、電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置の極性化の速度が低下する。充電後、末端電圧が10分以内に約4.4Vの値まで落ち、さらに次の10分以内に約4.3Vまで落ちる。その後、電気化学エネルギー貯蔵及び/又はエネルギー変換装置を放電した。こうすることで、電池は1分かつからず約3.9Vまで、さらに2.5時間以内に2.8Vまで、続いて3.5時間以内に約1.25Vまで極性化した。充放電曲線は2つの電子遷移を有するネルンスト式に対応した挙動を示す。

20

【図1】



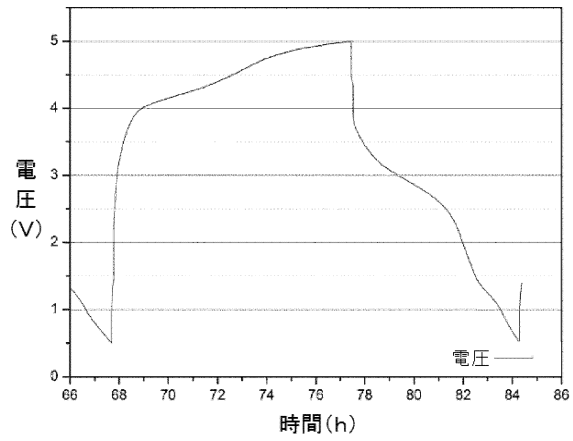
【図2】



1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド中10% [5, 6] -フラレン-C₆₀を有する電池の充放電曲線

[5, 6] -フラレン-C₆₀から [5, 6] -フラレン-C₆₀⁻⁶までの還元ピーク
 (a) 微分パルスボルタンメトリー
 (パルス: 80mV、パルス幅: 50ms、パルス長: 200ms、走査速度: 10mV/s)
 (b) サイクリックボルタンメトリー
 (25°CでのCH₃CN/トルエン中C₆₀の100m/s)

【図3】



1-メチル-1-プロピルピロリジニウムビス (トリフルオロメチルスルホニル) イミド中10% [5, 6] -フラーレン-C₆₀を有する電池の充放電曲線

フロントページの続き

(72)発明者 ピンクヴァルト カルステン
ドイツ連邦共和国 76327 フィンツタール、タウベンシュトラッセ 17

審査官 辻 弘輔

(56)参考文献 特開平05 - 314977 (JP, A)
国際公開第2008 / 056585 (WO, A1)
特開2003 - 036841 (JP, A)
特開2005 - 132719 (JP, A)
特開2004 - 146374 (JP, A)
特表2012 - 512505 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01M 10/00 - 10/39
H01M 4/00 - 4/62
H01M 4/66