

(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2017-533344

(P2017-533344A)

(43) 公表日 平成29年11月9日 (2017.11.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 5 B 11/10 (2006.01)	C 2 5 B 11/10	4 K O 1 1
C 2 5 B 9/00 (2006.01)	C 2 5 B 9/00	C 4 K O 2 1
C 2 5 B 11/04 (2006.01)	C 2 5 B 11/04	Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-515893 (P2017-515893)	(71) 出願人	513180152
(86) (22) 出願日	平成27年10月20日 (2015.10.20)		エヴォクア ウォーター テクノロジーズ
(85) 翻訳文提出日	平成29年5月18日 (2017.5.18)		エルエルシー
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/056408		Evoqua Water Technologies LLC
(87) 国際公開番号	W02016/064836		アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 15
(87) 国際公開日	平成28年4月28日 (2016.4.28)		086 ウォーレンデール ソーン ヒル
(31) 優先権主張番号	62/066, 431		ロード 181
(32) 優先日	平成26年10月21日 (2014.10.21)	(74) 代理人	100147485
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 杉村 憲司
		(74) 代理人	230118913
			弁理士 杉村 光嗣
		(74) 代理人	100179903
			弁理士 福井 敏夫

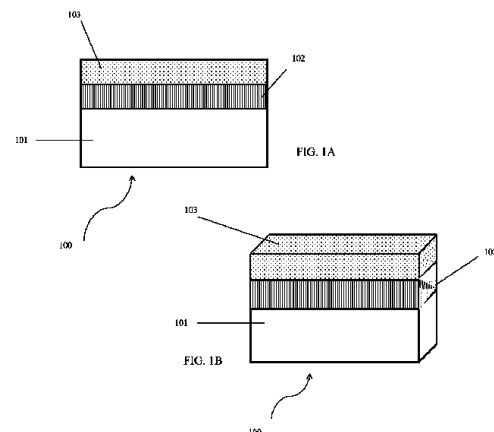
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 二層コーティングを備える電極、その使用方法および製造方法

(57) 【要約】

2層コーティング電極を製造および使用するための方法およびシステムが開示される。この2層コーティング電極は、基板と、第1のコーティング層と、第2のコーティング層とを備え得る。第1のコーティング層は酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含み得る。また第2のコーティング層は酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含み得る。この電極は、例えば、電解セルに使用され得る。

【選択図】 図 1 A



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

導電性基板と、

前記導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化スズの混合物を含む第 1 のコーティングと、

前記第 1 のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化タンタルの混合物を含む第 2 のコーティングと、を備える、電極。

【請求項 2】

前記導電性基板がバルブメタルを含む、請求項 1 に記載の電極。

【請求項 3】

前記バルブメタルが、チタン、ジルコニウム、ニオブ、および、タンタルからなる群から選択される、請求項 2 に記載の電極。

【請求項 4】

前記バルブメタルがチタンである、請求項 3 に記載の電極。

【請求項 5】

前記第 1 のコーティングが、約 30 重量%～約 85 重量%の酸化イリジウムを含む、請求項 1 に記載の電極。

【請求項 6】

前記第 1 のコーティングが、約 45 重量%～約 65 重量%の酸化イリジウムを含む、請求項 5 に記載の電極。

【請求項 7】

前記第 2 のコーティングが、約 40 重量%～約 75 重量%の酸化イリジウムを含む、請求項 1 に記載の電極。

【請求項 8】

前記第 2 のコーティングが、約 65 重量%の酸化イリジウムを含む、請求項 7 に記載の電極。

【請求項 9】

前記第 2 のコーティングが、約 40 重量%～約 75 重量%の酸化イリジウムを含む、請求項 5 に記載の電極。

【請求項 10】

前記第 1 のコーティングにおける酸化イリジウムと前記第 2 のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比が、1:2、1:1、および、2:1 からなる群から選択される、請求項 1 に記載の電極。

【請求項 11】

前記第 1 のコーティングにおける酸化イリジウムと前記第 2 のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比が、1:1 である、請求項 10 に記載の電極。

【請求項 12】

前記第 2 のコーティングの組成物からなる単層コーティングを備える電極よりも約 175% 長い規格化寿命を提供する、請求項 11 に記載の電極。

【請求項 13】

前記第 1 のコーティングの組成物からなる単層コーティングを有する電極よりも約 110% 長い規格化寿命を提供する、請求項 11 に記載の電極。

【請求項 14】

前記電極はアノードである、請求項 1 に記載の電極。

【請求項 15】

酸化イリジウムおよび酸化スズを含む第 1 のコーティング層を、導電性基板の表面の少なくとも一部に付与するステップと、

酸化イリジウムおよび酸化タンタルを含む第 2 のコーティング層を、前記第 1 のコーティング層の少なくとも一部に付与するステップと、を含む、電極の製造方法。

【請求項 16】

前記第 1 のコーティング層を付与するステップに先立ち、前記導電性基板の表面の汚染物質を除去しかつ当該表面を処理して、前記導電性基板を準備するステップを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記第 1 のコーティング層を付与するステップの後、前記第 1 のコーティング層を乾燥させるステップを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 18】

前記第 2 のコーティング層を付与するステップの後、前記第 2 のコーティング層を乾燥させるステップを更に含む、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 19】

前記第 1 のコーティングにおける酸化イリジウムと前記第 2 のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比が、約 1 : 2 ~ 2 : 1 である、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 20】

導電性基板と、前記導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化スズの混合物を含む第 1 のコーティングと、前記第 1 のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化タンタルの混合物を含む第 2 のコーティングと、を備える電極を製造する工程と、

電解セル内に前記電極を設置する工程と、を含む、電気化学デバイスの製造方法。

【請求項 21】

導電性基板と、前記導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化スズの混合物を含む第 1 のコーティングと、前記第 1 のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化タンタルの混合物を含む第 2 のコーティングとを備える電極と、

前記電極に電流を供給するための電源と、を備える、電解セルを備えるシステム。

【請求項 22】

前記電極が電解液中に浸漬される、請求項 21 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本出願は「Two Layer Electrode with Improved Durability」と題された 2014 年 10 月 21 日出願の米国特許仮出願第 62 / 066, 431 号の優先権を 35 USC § 119 (e) に基づいて主張するものであり、その全体の開示をあらゆる目的のために参照により本願明細書に援用する。

【0002】

本発明の態様は、概して電極コーティングに関し、より詳細には、2 層電極コーティング、それらの製造方法および使用に関する。

【発明の概要】

【0003】

いくつかの実施形態では、電極が提供される。この電極は、導電性基板と；導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第 1 のコーティングと；第 1 のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含む第 2 のコーティングと、を備える。

【0004】

いくつかの態様では、導電性基板はパルブメタルを含む。いくつかの態様では、パルブメタルは、チタン、ジルコニウム、ニオブ、および、タンタルからなる群から選択される。いくつかの態様では、パルブメタルはチタンである。

【0005】

いくつかの態様では、第 1 のコーティングは約 30 重量% ~ 約 85 重量% の酸化イリジウムを含む。いくつかの態様では、第 1 のコーティングは約 45 重量% ~ 約 65 重量% の

10

20

30

40

50

酸化イリジウムを含む。いくつかの態様では、第2のコーティングは約40重量%～約75重量%の酸化イリジウムを含む。

【0006】

いくつかの態様では、第2のコーティングは約40重量%～約75重量%の酸化イリジウムを含む。いくつかの態様では、第2のコーティングは約65重量%の酸化イリジウムを含む。

【0007】

いくつかの態様では、第1のコーティングにおける酸化イリジウムと第2のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比は、1:2、1:1、および、2:1からなる群から選択される。いくつかの態様では、第1のコーティングにおける酸化イリジウムと第2のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比は1:1である。いくつかの態様では、電極は、第2のコーティングの組成物からなる単層コーティングを備える電極よりも約175%長い規格化寿命を提供する。いくつかの態様では、電極は、第1のコーティングの組成物からなる単層コーティングを備える電極よりも約110%長い規格化寿命を提供する。

10

【0008】

いくつかの態様では、電極はアノードである。

【0009】

いくつかの実施形態では、電極の製造方法が提供される。この方法は、酸化イリジウムおよび酸化スズを含む第1のコーティング層を、導電性基板の表面の少なくとも一部に付与するステップと；酸化イリジウムおよび酸化タンタルを含む第2のコーティング層を、第1のコーティング層の少なくとも一部に付与するステップと、を含む。

20

【0010】

いくつかの態様では、上記方法は、第1のコーティング層を付与するステップの前に、導電性基板の表面の汚染物質を除去しかつ当該表面を処理する導電性基板の準備ステップを更に含む。

【0011】

いくつかの態様では、上記方法は、第1のコーティング層を付与するステップの後、第1のコーティング層を乾燥させるステップを更に含む。

【0012】

いくつかの態様では、上記方法は、第2のコーティング層を付与するステップの後、第2のコーティング層を乾燥させるステップを更に含む。

30

【0013】

いくつかの態様では、第1のコーティングにおける酸化イリジウムと第2のコーティングにおける酸化イリジウムとのモル比は、約1:2～2:1である。

【0014】

いくつかの実施形態では、電気化学デバイスの製造方法が提供される。この方法は、導電性基板と、導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第1のコーティングと、第1のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含む第2のコーティングとを備える電極を製造する工程と；電解セル内に電極を設置する工程とを含む。

40

【0015】

いくつかの実施形態では、電解セルを備えるシステムが提供される。このシステムは、導電性基板と；導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第1のコーティングと；第1のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含む第2のコーティングと；電極に電流を供給するための電源と、を備える。

【0016】

いくつかの態様では、電極は電解液中に浸漬される。

【0017】

50

以下、少なくとも1つの実施形態の様々な態様を添付の図面を参照して説明するが、縮尺通りの描写を意図しない。図面は、様々な態様および実施形態の説明および更なる理解を提供するために含まれ、本願明細書に組み込まれて本願明細書の一部を構成するが、本開示の限定の定義を意図するものではない。図面、発明の詳細な説明または特許請求の範囲に記載された技術的特徴に参照符号が付されている場合、これらの参照符号は図面および説明をより理解し易くすることのみを目的として含まれたものである。様々な図面に示されている同一のまたは略同一の構成要素は同様の番号で表されている。明確にするため、全部の図中で全部の構成要素に参照符号が付されていないことがある。

【図面の簡単な説明】

【0018】

10

【図1A】本開示の一実施形態に係る電極の側面図である。

【図1B】本開示の一実施形態に係る電極の斜視図である。

【図2】本開示の一実施形態に係る電気化学デバイスの概略図である。

【図3】電極コーティング試験期間中における、日数に対するセル電圧のプロットである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

電極は、電流が電解セルや他の媒体に出入りするための固体導電体である。電極は導電体を必要とする全ての電気化学的プロセスで使用され得る。例えば、電極は、電気亜鉛めっき、電気めっき、電気スズめっき、電鍍、電解採取（例えば、銅、ニッケルおよび亜鉛などの金属の電解採取）および他の電気化学的プロセスで使用され得る。電極は、次亜塩素酸塩、塩素酸塩、塩素アルカリの製造などの全てのハロゲン発生プロセスや、塩素有機合成で使用され得る。電極はまた、電解塩素化システムおよびプロセスで使用され得る。電解塩素化システムおよびプロセスは、ブライン溶液の電気分解によって次亜塩素酸ナトリウムを生成し得る。例えば、Evoqua Water Technologies（ウォーレンデル、ペンシルベニア州）から入手可能なOSEC（登録商標）B Series on-site electrolytic chlorination systemsは、ブライン溶液の電気分解によりオンデマンドかつオンサイトで次亜塩素酸ナトリウムを製造する。

20

【0020】

30

電極を電解セル中で使用してよい。電解セルは、非自然発生的な反応であることを示す正の自由エネルギーに打ち勝って所望の方向に化学反応を強制的に進めるために使用され得る電気化学セルである。電解セルは、化学反応を介して、電気エネルギーを化学エネルギーに変換したり化学生成物を生成したりする。

【0021】

電解セル中の電極は、セルを流れる電流の方向に応じてアノードまたはカソードと称されることがある。アノードは、電子がセルを離れて、セル内でイオンの酸化が起こる電極であり、カソードは、電子がセル内に入り、セル内でイオンの還元が起こる電極である。これらの条件下では、セル内の電流はアノードからカソードの方向に流れる。各電極は、プロセスおよびセルを流れる電流の方向に応じて、アノードまたはカソードのいずれかになり得る。

40

【0022】

電解セルおよびその電極の設計は、1または2以上の要因に依存し得る。1または2以上の要因としては、例えば、造設・運転コスト、所望する生成物、電気特性、化学特性、輸送特性、電極材料、形状・表面特性、システムのpH（例えば、電解質のpH）、システムの温度（例えば、電解質の温度）、競合する望ましくない反応、および、望ましくない副生成物が挙げられ得る。

【0023】

電気化学的プロセスに応じて、プロセスの1または2以上の特性、例えば、電解セル中の電流密度、システムのpH（例えば、電解質のpH）、システムの温度（例えば、電解

50

質の温度)のうちの1または2以上が、システムおよびプロセスの有効性、例えば電極の耐用年数に影響を及ぼすことがある。例えば、高電流密度、低pH、高温のうちの1または2以上への暴露は、電極の耐用年数を短くすることがある。いくつかの実施形態では、高電流密度、低pHおよび高温のうちの1または2以上への暴露は、電極の不動態化を引き起こすことがある。

【0024】

不動態化は、非溶解性フィルムの形成によって引き起こされる溶解反応の阻害である。溶解反応は、溶媒の元の状態が溶質になるプロセスである。アノードおよび/またはカソードの不動態化は、生産能力の喪失、電力コストの増加、およびアノードおよび/またはカソードの品質の低下のうちの1または2以上を生じることがある。チタンを基板に使用する場合、アノードの不動態化は、コーティングおよび基板における絶縁性二酸化チタン層の成長であり、アノード電位が上昇してアノードの失活を引き起こす。いくつかの実施形態では、高電流密度、低pHおよび高温のうちの1または2以上への暴露は、電極の磨耗を引き起こすことがある。電極の摩耗、つまり「電極摩耗」は、電極から物質が除去されることである。いくつかの実施形態では、高電流密度、低pHおよび高温のうちの1または2以上への曝露は、電極の不動態化および磨耗の両方を引き起こすことがある。

10

【0025】

上述したとおり、電解セルは電解液を含み得る。電解質は水などの極性溶媒に溶解したときに導電性溶液を与える物質である。この溶液は電氣的に中性である。溶解した電解質は、溶質中に均一に分散された陽イオンと陰イオンとに分離する。電位、つまり電圧が電解質溶液に印加されると、陽イオンは電子が豊富な電極に引き寄せられ、陰イオンは電子が欠乏する電極に引き寄せられる。溶液中の陰イオンおよび陽イオンの相反する方向への移動が電流となる。電解質は、溶質の解離度に応じて強または弱と称されることがある。溶質の高い割合、例えば50%超が解離して遊離イオンを形成する場合、強電解質である。電解質の高い割合が解離しない場合(例えば、50%未満が解離する場合)、弱電解質である。いくつかの実施形態では、電解質は、HClで酸性化されたNaClであり得る。他の実施形態では、電解質は白金塩であり得る。

20

【0026】

いくつかの実施形態では、電極は、pHが低い電解質に暴露され得る。pHが低い電解質は、酸性pH、例えばpH7未満の電解質をいう場合がある。例えば、電解質は強酸電解質であり得る。いくつかの態様では、強酸電解質は硫酸であり得る。

30

【0027】

いくつかの実施形態では、低pHは、pHが約3未満である電解質をいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、pHが約2未満である電解質をいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、pHが約1未満である電解質をいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、約0.8未満のpHをいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、約0.6未満のpHをいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、約0.4未満のpHをいう場合がある。いくつかの実施形態では、低pHは、約0.2未満のpHをいう場合がある。

40

【0028】

いくつかの実施形態では、電極は、高温の電解質に暴露され得る。高温は、電極のセル電圧が低下してしまう温度であり得る。高温は、約50よりも高い温度であり得る。いくつかの実施形態では、高温は約55よりも高い。いくつかの実施形態では、高温は約60よりも高い。いくつかの実施形態では、高温は約65よりも高い。いくつかの実施形態では、高温は約70よりも高い。

【0029】

いくつかの実施形態では、電極は高電流密度に暴露され得る。電流密度は、電流の密度の尺度である。これは、その大きさが単位断面積あたりの電流であるベクトルとして定義され、例えば、1平方メートル当たりのアンペア(A/m²)の単位で測定され得る。高電流密度は望ましくない結果をもたらし得る。例えば、高電流密度は、コーティング、電

50

極、電解セル、および、電気化学デバイスのうちの1または2以上に望ましくない結果をもたらし得る。電極には有限の正の抵抗があり、熱の形で電力を消散させる。電流密度は、電極を不動態化または摩耗から保護するために十分に低く維持しなければならない。

【0030】

いくつかの実施形態では、高電流密度は、電極の不動態化および磨耗のうちの少なくとも1つを引き起こす電流密度である。いくつかの実施形態では、高電流密度は、約 0.5 kA/m^2 よりも高い場合がある。例えば、高電流密度は、約 1.0 kA/m^2 よりも高い場合がある。高電流密度は、約 1.5 kA/m^2 よりも高い場合がある。いくつかの実施形態では、高電流密度は、約 2.0 kA/m^2 よりも高い場合がある。例えば、高電流密度は、約 2.5 kA/m^2 よりも高い場合がある。いくつかの実施形態では、高電流密度は、約 3.0 kA/m^2 よりも高い場合がある。例えば、高電流密度は、約 3.5 kA/m^2 よりも高い場合がある。いくつかの実施形態では、高電流密度は、約 4.0 kA/m^2 よりも高い場合がある。例えば、高電流密度は、約 4.5 kA/m^2 よりも高い場合がある。いくつかの実施形態では、高電流密度は約 5.0 kA/m^2 であり得る。いくつかの実施形態では、高電流密度は、最大約 15 kA/m^2 であり得る。

10

【0031】

電極は2層のコーティングでコートされ得、その組み合わせは、特定の電気化学的用途において不動態化および摩耗を制限する。コーティング層は、コーティングを1回付与してなるもの、または2回以上付与してなるものをいう場合がある。2つのコーティングを有する電極を使用することにより相乗効果が得られ得る。この相乗効果は、第1のコーティングを有する電極の性能と第2のコーティングを有する電極の性能との合計と比較して、最適な（例えば、向上した）電極性能を提供し得る。例えば、上記用途は、低pH、高電解質温度、高電流密度のうちの1または2以上の特性を有し得る。第1のコーティング層は酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含み得、第2のコーティング層は酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含み得る。第1のコーティング層および第2のコーティング層は、共同して、高触媒活性、高安定性、長寿命、良好な性能、短い運転休止時間（電極交換回数が少ないため）、および、費用対効果を示す。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層および第2のコーティング層の塗布溶液のうちの少なくとも1つは溶媒を更に含み得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層用溶液はアルコールを更に含み得る。例えば、第1のコーティング層用溶液は2-プロパノールを更に含み得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層用溶液は酸を更に含み得る。例えば、第2のコーティング層用溶液は塩酸を更に含み得る。

20

30

【0032】

第1のコーティング層は電極基板に直接付与され得、第2のコーティング層は第1のコーティング層に直接付与され得る。第1のコーティング層および第2のコーティング層は、電極の不動態化および摩耗のうちの少なくとも1つを低減し得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は電極の不動態化を低減し得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は電極の摩耗を低減し得る。

【0033】

本願明細書において「単層コーティング電極」は、混合物を含む単一コーティングがその少なくとも1つの表面にコートされた電極をいう。この単一コーティングは、電極の不動態化および磨耗のうちの少なくとも1つを低減する混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズを含む混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズから実質的になる混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズからなる混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルを含む混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルから実質的になる混合物であり得る。いくつかの実施形態では、単一コーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルからなる混合物であり得る。コーティングとして提供されるこれらの混合物は、固溶体、

40

50

例えば固体状の容体であり得る。この固溶体では、混合物は単一の均質相であり得る。

【0034】

本願明細書において、「2層コーティング電極」は、第1のコーティング層を設けるための混合物を含む第1のコーティングと、第2のコーティング層を設けるための、第1のコーティングを少なくとも部分的にコートする第2のコーティングとが、その少なくとも1つの表面にコートされた電極をいう。所望のコーティング量を得るために、第1のコーティングの付与を2回以上行ってもよい。また所望のコーティング量を得るために、第2のコーティングの付与を2回以上行ってもよい。2つのコーティングの少なくとも1つは、電極の不動態化および摩耗のうちの少なくとも1つを低減する混合物であり得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティングが電極の不動態化を低減し得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティングが電極の摩耗を低減し得る。いくつかの実施形態では、電極基板表面は、混合物を含む第1のコーティングで少なくとも部分的に被覆され得る。第1のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズを含む混合物であり得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズから実質的になる混合物であり得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化スズからなる混合物であり得る。第1のコーティングは、混合物を含む第2のコーティングによって少なくとも部分的に被覆され得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルを含む混合物であり得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルから実質的になる混合物であり得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティングは酸化イリジウムおよび酸化タンタルからなる混合物であり得る。

10

20

【0035】

いくつかの実施形態では、2層コーティング電極は、導電性基板と；導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第1のコーティングと；第1のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含む第2のコーティングと、を備え得る。いくつかの実施形態では、2層コーティング電極は、導電性基板と；導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第1のコーティングと；第1のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化タンタルとの混合物を含む第2のコーティングと、から実質的になり得る。いくつかの実施形態では、2層コーティング電極は、導電性基板と；導電性基板の表面の少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムと酸化スズとの混合物を含む第1のコーティングと；第1のコーティングの少なくとも一部を覆い、酸化イリジウムおよび酸化タンタルの混合物を含む第2のコーティングと、からなり得る。

30

【0036】

電極基板は、導電性を有する任意の基板であり得る。また電極基板は、コーティングの支持体として機能するのに十分な機械的強度を有する任意の基板であり得る。また電極基板は、電解セルの内部環境に暴露されたときに耐腐食性を有する任意の基板であり得る。電極基板は金属であり得る。いくつかの実施形態では、電極基板はバルブメタルまたはその合金であり得る。バルブメタルは、チタン、バナジウム、ジルコニウム、ニオブ、ハフニウムおよびタンタルを含む、周期律表の第IV族および第V族の遷移金属のいずれかである。いくつかの実施形態では、適切なバルブメタルには、チタン、ジルコニウム、ニオブ、および、タンタルが含まれる。いくつかの実施形態では、電極基板はチタンを含むことが好ましい。その入手容易性、化学的性質および低コストから、チタンが好ましい場合がある。

40

【0037】

第1のコーティング層は酸化イリジウム(IrO_2)と酸化スズ(SnO_2)との混合物を含み得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は IrO_2 と SnO_2 との混合物から実質的になり得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は IrO_2 と SnO_2 との混合物からなり得る。コーティング中の酸化イリジウムは、所望の特性、例えば、電極の不動態化または磨耗の減少や、コーティング層の長寿命化が達成され

50

るように任意の重量濃度で存在し得る。酸化イリジウムの重量濃度は、乾燥後（例えば、溶媒蒸発後）の第１のコーティング層の重量と比較した酸化イリジウムの重量である。いくつかの実施形態では、酸化イリジウムの重量濃度は３０重量％～８５重量％の範囲内である。いくつかの態様では、酸化イリジウムの重量濃度は４５重量％～６５重量％の範囲内である。

【００３８】

第２のコーティング層は酸化イリジウムと酸化タンタル（ Ta_2O_5 ）との混合物を含み得る。いくつかの実施形態では、第２のコーティング層は IrO_2 と Ta_2O_5 との混合物から実質的になり得る。いくつかの実施形態では、第２のコーティング層は、酸化イリジウム IrO_2 および Ta_2O_5 からなり得る。酸化イリジウムは、所望の特性、例えば、電極の不動態化または磨耗の低減などが達成されるように任意の重量濃度で存在し得る。酸化イリジウムの重量濃度は、乾燥後の第２のコーティング層の重量と比較した酸化イリジウムの重量である。いくつかの実施形態では、酸化イリジウムの重量濃度は４０重量％～７５重量％の範囲内である。いくつかの態様では、酸化イリジウムの重量濃度は約６５重量％である。

10

【００３９】

電極基板には、所望の表面上に材料の均質なまたは実質的に均質な分散体を提供し得る任意の付与プロセスに従って、第１のコーティング層および第２のコーティング層が付与（例えば、コート）され得る。例えば、第１のコーティング層および第２のコーティング層は、ハケ塗り、ローリング法、ディッピング法、スプレー法や、原子層堆積法、分子層堆積法などによって電極基板に付与され得る。電極基板は、熱分解法に従って、第１のコーティングおよび第２のコーティングの混合物がコートされ得る。

20

【００４０】

電極基板は、最初に、コーティングを付与するために準備され得る。例えば、電極基板は、コーティング層を受容するために、つまりコーティング層が接着し易い表面を得るために処理または洗浄され得る。電極基板の洗浄は、化学脱脂、電解脱脂または酸化酸処理により行われ得る。電極基板は、当該基板表面へのコーティングの適切な接着を防ぎ、また、コートされた金属表面の実効電流密度を低減させることから電極の作動電位をも低減させ得る汚染物質を除去ないし最小限に抑え、かつ高い表面粗さを得るのに適切な任意の方法により準備され得る。アノードが長寿命であることは、休止時間がより短くなり、セルのメンテナンスがより少なくなることとなるため、運転コストが削減される。電極基板は、例えば、洗浄、サンドブラスト、エッチングおよび／または予備酸化プロセスによって準備され得る。電極基板の他の準備方法には、プラズマ溶射、セラミック酸化物粒子の溶融溶射、電極基板上へのパルブメタル層の溶融溶射、シャープなグリットのグリットブラスト、および、アニーリングが含まれ得る。電極基板の洗浄の後に、機械的粗面化を行ってコーティング用の表面を準備してもよい。いくつかの実施形態では、洗浄をサンドブラストにより行う場合、エッチングプロセスが洗浄後に行われ得る。いくつかの実施形態では、この機械的粗面化プロセスは、金属粉末微粒子混合物のフレイムスプレー塗布であり得る。

30

【００４１】

いくつかの実施形態では、コーティング層を電極基板に固定するために多孔質酸化物層が電極基板に付与され得る。例えば、電極基板は、電気化学活性物質を付与する前に、電極基板上にフレイム溶射またはプラズマ溶射され得る。いくつかの実施形態では、溶射材料は電気触媒活性粒子が予め付与された金属酸化物または金属窒化物からなり得る。

40

【００４２】

第１のコーティング層および第２のコーティング層は、得られる電極に所望の特性または効果を提供するのに適したモル比で熱分解法により付与され得る。例えば、所望の特性または効果は、磨耗の低下および不動態化の回避の一方または両方による寿命の延長であり得る。いくつかの実施形態では、第１のコーティング層における酸化イリジウムと第２のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比は、約１：５～約５：１であり得る

50

。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層における酸化イリジウムと第2のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比は、約1:2~約2:1であり得る。例えば、第1のコーティング層における酸化イリジウムと第2のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比は約1:1であり得る。

【0043】

第1のコーティング層は、第1のコーティング層を付与した後であって第2のコーティング層を付与する前に乾燥され得る。第1のコーティング層は、空気乾燥することができ、続いて、第1のコーティング層を乾燥させるのに十分な高温および時間で第1の炉内で乾燥することができる。この炉は酸素源を含み得る。例えば、酸素源は空気であり得る。第1のコーティング層は、第1の温度で第1の時間、第1の炉内で乾燥され得、続いて、第2の温度で第2の時間、第1の炉または第2の炉内で乾燥され得る。第1の温度および第2の温度の一方または両方が高温であり得る。高温は、周囲温度よりも高い温度であり得る。周囲温度は室内の温度、または、対象の物体を囲む温度であり得る。通常、周囲温度は約20~約25の範囲であり得る。したがって、ある実施形態では、高温は少なくとも20以上である。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は、約80~約120で第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第1のコーティング層は、約90で第1の炉内で乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は、約5分間~約3時間、第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第1のコーティング層は、第1の炉内で約5分間~60分間乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は、第1の炉内で約10分間乾燥され得る。

【0044】

次いで、第1のコーティング層は第2の炉内で乾燥され得る。第2の炉は、酸素源を含み得る。例えば、酸素源は空気であり得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は、約250~約750で第2の炉内で乾燥され得る。例えば、第1のコーティング層は、約500で第2の炉内で乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層は、約5分間~約3時間、第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第1のコーティング層は、約1時間、第2の炉内で乾燥され得る。所望のコーティング量を得るために、第1のコーティング層は2回以上付与され得る。

【0045】

第2のコーティング層は、第1の温度で第1の時間、第1の炉内で乾燥され得、続いて第2の温度で第2の時間、第1の炉または第2の炉内で乾燥され得る。第1の温度および第2の温度の一方または両方は高温であり得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は約80~約120で第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第2のコーティング層は、約90で第1の炉内で乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は、約5分間~約3時間、第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第2のコーティング層は、第1の炉内で約5分間~約60分間乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は、第1の炉内で約10分間乾燥され得る。

【0046】

次いで、第2のコーティング層は第2の炉内で乾燥され得る。第2の炉は酸素源を含み得る。例えば、酸素源は空気であり得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は約250~約750で第2の炉内で乾燥され得る。例えば、第2のコーティング層は、約500で第2の炉内で乾燥され得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層は、約5分間~約3時間、第1の炉内で乾燥され得る。例えば、第2のコーティング層は、約1時間、第2の炉内で乾燥され得る。所望のコーティング量を得るために、第2のコーティング層は2回以上付与され得る。

【0047】

いくつかの実施形態では、各コーティング層の厚さは約0.2 g/m²~約3.5 g/m²であり得る。各コーティング層の厚さは、電極の寸法とは無関係であってもよい。

【0048】

電極は電解セル内に設置され得る。一実施形態では、電解セルは、電解セルの電極に電

流を供給するための電源も備える。いくつかの実施形態では、電流源は直流源であり得る。電流の方向において、一方の電極は典型的にはアノードとして作用し、他方は典型的にはカソードとして作用する。

【0049】

電解セルはシステムの一部であり得る。例えば、電解セルは廃水処理システムで使用され得る。いくつかの実施形態では、電解セルは都市下水または工場廃水処理システムに使用され得る。いくつかの実施形態では、電解セルは化学処理システムに使用され得る。いくつかの実施形態では、電解セルは工業工程用水システムに使用され得る。例えば、電解セルは、電解塩素生成システムに使用され得る。システムは塩水供給源を備え得る。例えば、システムは、パラスト水の供給源を備え得る。いくつかの実施形態では、システムは水出口を更に備え得る。例えば、システムは飲料水出口を備え得る。いくつかの実施形態では、システムは水出口に連通された水貯蔵ユニットを更に備え得る。いくつかの実施形態では、システムは汚染物質出口を更に備え得る。例えば、システムは塩素溶液出口を備え得る。いくつかの実施形態では、塩素溶液出口を備えるシステムは次亜塩素酸ナトリウム溶液出口を備え得る。いくつかの実施形態では、システムは汚染物質出口に連通された汚染物質貯蔵ユニットを備え得る。

10

20

30

【0050】

図1A及び図1Bには2層コーティング電極が図示されている。電極100は基板101を備える。基板101は、導電性を有する任意の基板であり得る。基板101は金属であり得る。いくつかの実施形態では、基板101はバルブメタルであり得る。例えば、基板101は、チタン、バナジウム、ジルコニウム、ニオブ、ハフニウム、または、タンタルを含み得る。いくつかの実施形態では、基板101は好ましくはチタンを含む。基板101は、コーティング層を付与するために準備され得る。例えば、基板101は、コーティング層を受容するために、つまりコーティング層が接着し易い表面を得るために処理または洗浄され得る。基板101の洗浄は、化学脱脂、電解脱脂または酸化酸処理により行われ得る。基板101は、基板101の表面へのコーティングの適切な接着を妨げ、また、コートされた金属表面の実効電流密度を低減させることから電極の作動電位をも低減させ得る汚染物質を除去ないし最小限に抑え、かつ高い表面粗さを得るのに適切な任意の方法により準備され得る。例えば、基板101は、洗浄、サンドブラスト、エッチングおよび/または予備酸化プロセスにより準備され得る。基板101の他の準備方法には、プラズマ溶射、セラミック酸化物粒子の溶融溶射、電極基板上へのバルブメタル層の溶融溶射、シャープなグリットのグリットブラスト、および、アニーリングが含まれ得る。基板101の洗浄の後に、機械的粗面化を行ってコーティング用の表面を準備してもよい。いくつかの実施形態では、洗浄をサンドブラストにより行う場合、エッチングプロセスが洗浄後に行われ得る。いくつかの実施形態では、機械的粗面化プロセスは、金属粉末微粒子混合物のフレイムスプレー塗布であり得る。

40

【0051】

基板101は第1のコーティング層102でコートされ得る。第1のコーティング層102は、基板101の表面の少なくとも一部を被覆し得る。第1のコーティング層102は酸化イリジウム(IrO_2)と酸化スズ(SnO_2)との混合物を含み得る。第1のコーティング層102は、所望の特性、例えば、電極の不動態化および摩耗の低減のうちの少なくとも1つが達成されるように、任意の重量濃度の IrO_2 を含み得る。いくつかの実施形態では、第1のコーティング層102における IrO_2 の重量濃度は30重量%~85重量%の範囲である。いくつかの態様では、第1のコーティング層102における IrO_2 の重量濃度は45重量%~65重量%の範囲である。第1のコーティング層102は、任意の公知の付与プロセスによって基板101の表面に付与することができる。例えば、第1のコーティング層102は、ハケ塗り、ローリング法またはスプレー法によって基板101の表面に付与され得る。また第1のコーティング層102は、熱分解法によって基板101の表面に付与され得る。

50

【0052】

第1のコーティング層102は第2のコーティング層103でコートされ得る。第2のコーティング層103は第1のコーティング層102の少なくとも一部を被覆し得る。第2のコーティング層103は酸化イリジウム(IrO_2)と酸化タantal(Ta_2O_5)との混合物を含み得る。第2のコーティング層103は、所望の特性、例えば、電極の不動態化または磨耗の低減が達成されるように、任意の重量濃度の IrO_2 を含み得る。いくつかの実施形態では、第2のコーティング層103における IrO_2 の重量濃度は40重量%~75重量%の範囲内である。いくつかの態様では、第2のコーティング層103における IrO_2 の重量濃度は約65重量%である。第2のコーティング層103は、ハケ塗り、ローリング法またはスプレー法により第1のコーティング層102に付与され得る。また第2のコーティング層103は、熱分解法によって第1のコーティング層102に付与され得る。第1のコーティング層および第2のコーティング層は、約1:5~約5:1のモル比で付与され得る。例えば、第1のコーティング層および第2のコーティング層は、約1:2~約2:1のモル比で付与され得る。

10

【0053】

図2には電気化学システムが図示されている。システム200は電解セル210を備え得る。電解セル210は、上述したように、少なくとも1つの電極100を備え得る。電極100は、アノード及びカソードのうちの少なくとも1つであり得る。いくつかの実施形態では、電極100はアノードである。システム200は、電解セル210に動作可能に接続された電源230を更に備え得る。電源230は電解セル210に直流電流を供給し得る。

20

【0054】

1または2以上のセンサ240が電解セル210内に配置され得る。センサ240は、システム200の品質を測定するように構成され得る。いくつかの実施形態では、センサ240は、システムのpH(例えば、電解質のpH)、システムの温度(例えば、電解質の温度)、電解質の導電率、および、システムの電流のうちの1または2以上を測定するように構成され得る。センサ240は、コントローラ250と電氣的にまたは他の方法で通信し、システムの測定された特性を示す信号をコントローラ250に提供し得る。コントローラ250はシステムの1または2以上の特性を制御し得る。例えば、コントローラ250は、電源230からシステムへのアンペア数を制御し得る。

30

【0055】

これらの実施形態および他の実施形態の機能および利点は、以下の非限定的な実施例からより完全に理解されるであろう。これらの実施例は本質的に例示的であることを意図しており、本願明細書に記載の実施形態の範囲を限定するものと見なすべきではない。

【実施例】

【0056】

試験例1

第1の単層コーティング電極を製造した。この電極は、市販のグレード2チタンの基板の表面を、 IrO_2 および SnO_2 を含むコーティングでコートすることによって製造した。チタン基板を市販のアルカリ浴中で60の温度で20分間洗浄した後、脱イオン水でリンスした。約5分間~約60分間空気乾燥した後、基板を酸化アルミニウムでサンドブラストし、10%シュウ酸中、85で約4時間エッチングし、そして、550で2時間、予備酸化させた。

40

【0057】

4.57gのヘキサクロロイリジウム酸水和物($\text{H}_2\text{IrCl}_6 \times 4\text{H}_2\text{O}$)および3.58gの塩化スズ($\text{SnCl}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$)を54.8mlの水に8.7mlの2-プロパノールを添加して溶解することにより、イリジウムおよびスズの塩の混合物を調製した。この混合物を洗浄した基板に付与し、乾燥基準の塗膜一枚当たりの量を $1.5\text{g}/\text{m}^2$ とした。このウェットなコート基板を約20分間空気乾燥させた後、炉内に置き、90の温度で10分間、460の温度で15分間加熱した。混合物の再付与、空気乾燥および加熱を上記のように数回行って、総コーティング量を少なくとも $5\text{g}/\text{m}^2$ とした。

50

このようにして、 IrO_2 と SnO_2 とを含む第 1 の単一コーティング層を備える電極を得た。

【0058】

試験例 2

第 2 の単層コーティング電極を製造した。この電極は、市販のグレード 2 チタンの基板の表面を、 IrO_2 および Ta_2O_5 を含むコーティングでコートすることによって製造した。チタン基板を市販のアルカリ浴中で 60 の温度で 20 分間洗浄した後、脱イオン水でリンスした。約 5 分間～約 60 分間空気乾燥した後、基板を酸化アルミニウムでサンドブラストし、10% シュウ酸中、85 で約 4 時間エッチングし、そして、550 で 2 時間、予備酸化させた。

10

【0059】

6.47 g のヘキサクロロイリジウム酸水和物 ($\text{H}_2\text{IrCl}_6 \times 4\text{H}_2\text{O}$) および 2.86 g の塩化タンタル (TaCl_5) を 61.9 ml のブタノールに 3.5 ml の濃塩酸を加えて溶解することによって、イリジウムとタンタルの塩の混合物を調製した。この混合物を洗浄した基板に付与し、乾燥基準の塗膜一枚当たりの量を $0.5 \sim 4.0 \text{ g/m}^2$ とした。このウェットなコート基板を約 15 分間空気乾燥させた後、炉内に置き、515 の温度で 20 分間加熱した。混合物の再付与、空気乾燥および加熱を上記のように数回行って、総コーティング量を少なくとも 5 g/m^2 とした。このようにして、 IrO_2 と Ta_2O_5 とを含む第 2 の単一コーティング層を備える電極を得た。

20

【0060】

試験例 3 :

実施例 1 及び 2 でそれぞれ製造した第 1 の単層コーティング電極および第 2 の単層コーティング電極を、アノードとして、 180 g/l の硫酸ナトリウム ($\text{pH} 1$) を含む電気化学セル中、60、電流密度 20 kA/m^2 の加速アノード劣化試験において評価した。電解質は 1.5 gph (5.671 ph) でセル内を循環させた。セル電圧を 1 時間毎に記録した。

【0061】

第 1 の単層コーティング電極および第 2 の単層コーティング電極は、加速劣化試験において異なる挙動を示した。酸化イリジウム - 酸化スズ被覆電極および酸化イリジウム - 酸化タンタル被覆アノードの故障メカニズムは相違した。図 3 に示すように、寿命が終わると、酸化イリジウム - 酸化タンタル被覆電極ではセル電圧が急激に上昇し、酸化イリジウム - 酸化スズ被覆電極ではセル電圧が徐々に上昇した。

30

【0062】

次いで、アノード寿命終了時にコーティングの喪失を測定した。コーティングの喪失は、元のコーティング量と加速劣化試験におけるアノード故障後のコーティング量との差として測定した。コーティング量は X 線蛍光 (XRF) 合金分析器で測定した。表 1 からわかるとおり、電極故障時のコーティングの喪失は、酸化イリジウム - 酸化スズコーティングでは約 44% であり、酸化イリジウム - 酸化タンタルコーティングでは約 16% であった。コーティング喪失量は、酸化イリジウム - 酸化スズコーティングでは酸化イリジウム - 酸化タンタルコーティングの場合よりも約 3 倍大きかった。

40

【0063】

急激な電圧上昇および低い機械的摩耗率は、酸化イリジウム - 酸化タンタル被覆アノードの故障メカニズムが不動態化によるものであることを示している。酸化イリジウム - 酸化スズ被覆アノードにおける電圧の穏やかな上昇および実質的なコーティングの喪失 (約 44%) は、機械的摩耗および不動態化によりアノードが機能しなくなったことを示している。これらの結果により、酸化イリジウム - 酸化スズコーティングは不動態化に対してより耐性があり、基板上に付与した場合に保護層として使用可能であると結論付けられ得る。機械的摩耗率がより低い酸化イリジウム - 酸化タンタル層は、酸化イリジウム - 酸化スズ層によって不動態化から保護された第 2 層としての役割を果たす。

【0064】

50

【表 1】

コーティング	コーティングの喪失 (%)
酸化イリジウム－酸化スズ	44
酸化イリジウム－酸化タンタル	16

表 1：コーティングの喪失

【0065】

10

試験例 4：

チタン基板を有する単層コーティング電極を製造し、酸化イリジウム - 酸化スズコーティング層、酸化イリジウム - 酸化タンタルコーティング層、または、その両方をコートした。酸化イリジウム - 酸化スズコーティングにおける酸化イリジウムの重量濃度は 58% であり、酸化イリジウム - 酸化タンタルコーティングにおける酸化イリジウムの重量濃度は 63% であった。これらのコーティングは、実施例 1 および 2 に記載されているように、対応する金属塩前駆体の溶液からの熱分解プロセスによって付与した。

【0066】

両方のコーティング層を有する 2 層コーティング電極を製造した。第 1 のコーティング層における酸化イリジウムと第 2 のコーティング層における酸化イリジウムのモル比は、それぞれ、1:2、1:1、および、2:1 であった。全ての電極は 33 g/m^2 の Ir を含むコーティングを有していた。これらの電極を、 180 g/l の硫酸ナトリウム (pH 1) を含む電気化学セル中、60、電流密度 20 kA/m^2 の加速劣化試験に供した。電解質は 1.5 gph (5.671 ph) でセル内を循環させた。

20

【0067】

単層コーティング電極の規格化寿命を試験した。表 2 に示すように、酸化イリジウム - 酸化タンタル単層コーティング電極の規格化寿命 (すなわち、未使用コーティングでの寿命) は $343 \text{ kA} \cdot \text{hr/g Ir}$ であり、酸化イリジウム - 酸化スズ単層コーティング電極の規格化寿命は $454 \text{ kA} \cdot \text{hr/g Ir}$ であった。電極の寿命は、セルの電気抵抗をモニターすることにより求められる。電極に印加される電流は一定であってもよく、電圧の上昇は電極の故障を示し得る。いくつかの実施形態では、電圧の上昇は急激であり、電圧が上昇する。

30

【0068】

2 層コーティング電極の規格化寿命も試験した。第 1 のコーティング層における酸化イリジウムと第 2 のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比が 1:2 である 2 層コーティング電極の規格化寿命は $610 \text{ kA} \cdot \text{hr/g Ir}$ であり、これは酸化イリジウム - 酸化タンタルの単一コーティングの場合と比較して 77% の上昇であり、また、酸化イリジウム - 酸化スズの単一コーティングの場合と比較して 34% の上昇である。

【0069】

上昇率は下記式を用いて算出した： $((x - y) / y) * 100$ (式中、 x は 2 層コーティング電極の規格化寿命であり、 y は単層コーティング電極の規格化寿命である)。第 1 のコーティング層における酸化イリジウムと第 2 のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比が 1:1 である 2 層コーティング電極の規格化寿命は $955 \text{ kA} \cdot \text{hr/g Ir}$ であり、これは酸化イリジウム - 酸化タンタルの単層コーティングの場合と比較して 178% の上昇であり、また、酸化イリジウム - 酸化スズの単一コーティングの場合と比較して 110% の上昇である。酸化イリジウム - 酸化スズ：酸化イリジウム - 酸化タンタルのモル比が 2:1 である 2 層コーティング電極の規格化寿命は $664 \text{ kA} \cdot \text{hr/g Ir}$ であり、これは酸化イリジウム - 酸化タンタルの単一コーティングの場合と比較して 93% の上昇であり、また、酸化イリジウム - 酸化スズの単一コーティングの場合と比較して 46% の上昇である。

40

50

【 0 0 7 0 】

これらの結果は、第 1 のコーティング層における酸化イリジウムと第 2 のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比がそれぞれ 1 : 2、1 : 1、および、2 : 1 である 2 層コーティング電極は、酸化イリジウム - 酸化スズの単一コーティングを備える電極および酸化イリジウム - 酸化タンタルの単一コーティングを備える電極よりも規格化寿命が長いことを示している。第 1 のコーティング層における酸化イリジウムと第 2 のコーティング層における酸化イリジウムとのモル比が 1 : 1 である電極は、酸化イリジウム - 酸化スズの単一コーティングおよび酸化イリジウム - 酸化タンタルの単一コーティングの両方と比較して最も規格化寿命が上昇した。2 層コーティング電極は、より長寿命、より良い性能、より短い電極交換のための休止時間、および、より低いコストを示しうる。コーティングを 2 つ備える電極を使用することにより相乗効果がもたらされた。この相乗効果は、第 1 のコーティングを備える電極の性能と第 2 のコーティングを備える電極の性能との合計と比較して、最適な（例えば、向上した）電極性能を提供すると考えられる。いくつかの実施形態では、3 つ以上のコーティング層が電極基板に付与され得る。

10

【 0 0 7 1 】

【表 2】

コーティング	規格化寿命 $\text{k A} \cdot \text{h r} / \text{g I r}$	1 つの I O A - H F コーティングに 対する変化率 (%)	1 つの I O A - L C コーティングに 対する変化率 (%)
酸化イリジウム - 酸化タンタル	343	未測定	-24.4
酸化イリジウム - 酸化スズ	454	32.4	未測定
第 1 の層の酸化イ リジウム：第 2 の層 の酸化イリジウム = 1 : 2	610	77.8	34.4
第 1 の層の酸化イ リジウム：第 2 の層 の酸化イリジウム = 1 : 1	955	178.4	110.4
第 1 の層の酸化イ リジウム：第 2 の層 の酸化イリジウム = 2 : 1	664	93.6	46.3

20

30

表 2：寿命の比較

【 0 0 7 2 】

以上、本開示のいくつかの例示的な実施形態を説明したが、これらは単なる説明であって限定ではなく、単なる例示として提示されたものであることが当業者に明らかである。多くの改変および他の実施形態が当業者の範囲内であり、本開示の範囲内であると考えられる。特に、本願明細書に提示される例の多くは、方法行為またはシステム要素の特定の組み合わせを含むが、これらの行為および要素は、同じ目的を達成するために他の方法で組み合わせられ得ることを理解されたい。

40

【 0 0 7 3 】

当業者は、本願明細書に記載されたパラメータおよび構成は例示的なものであること、および、実際のパラメータおよび / または構成は、本発明のシステムおよび技術が使用される特定の用途に依存することを当然に理解する。当業者はまた、日常的な実験を用いて、本開示の特定の実施形態の均等物を当然に認識するか、または確認できる。したがって、本願明細書に記載された実施形態は単なる例示として提示されものであること、および

50

、添付の特許請求の範囲およびそれに均等な範囲において、本発明が本願明細書に具体的に記載された以外の方法で実施され得ることを理解されたい。

【 0 0 7 4 】

さらに、本開示は、本願明細書に記載された各特徴、各システム、各サブシステムまたは各技術に関するものであり、また、そのような特徴、システム、サブシステムおよび技術が相互に矛盾しない場合において、本願明細書に記載された特徴、システム、サブシステムおよび技術の２以上の任意の組み合わせが、特許請求の範囲に具現されるように、本開示の範囲内であると考えられることを理解されたい。さらに、一実施形態と組み合わせでのみ論じた動作、要素および特徴は、他の実施形態における同様の役割から除外されることを意図しない。

10

【 0 0 7 5 】

本願明細書において、用語「複数」は２以上の項目または構成要素を指す。「含む」、「有する」、「備える」との用語は、発明の詳細な説明、特許請求の範囲などに記載されているか否かに関係なくオープンエンドの用語である（すなわち、「含むが限定されない」を意味する）。したがって、かかる用語の使用は、当該用語の後に列挙された項目およびその均等物、ならびに、追加項目を包含することを意味する。特許請求の範囲に関して、「からなる」および「本質的にからなる」との移行句のみがそれぞれクローズドエンドな移行句およびセミクローズドエンドな移行句である。特許請求の範囲における「第１の」、「第２の」、「第３の」などのクレーム要素を修飾する序数用語は、それ自体、１つのクレーム要素の他のクレーム要素に対する優先、先行または順序や、方法の行為が実施される時系列を暗に示すものではなく；ある名称の１つのクレーム要素を（序数用語を使用していなければ）同じ名称である他のクレーム要素と区別し、クレーム要素同士を区別するための標識として単に使用するものである。

20

【 図 １ A 】

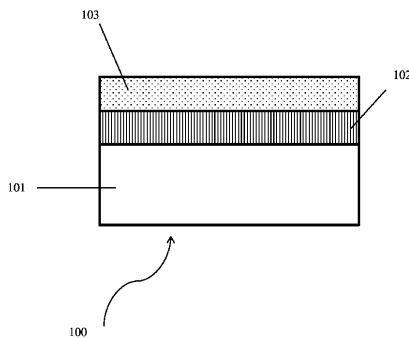


FIG. 1A

【 図 １ B 】

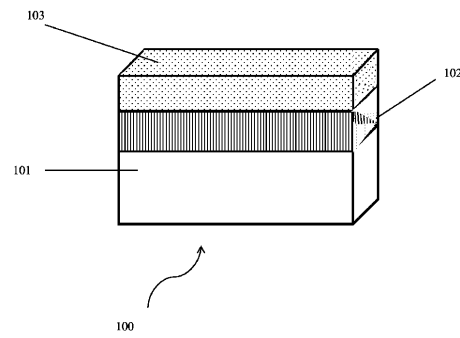


FIG. 1B

【図 2】

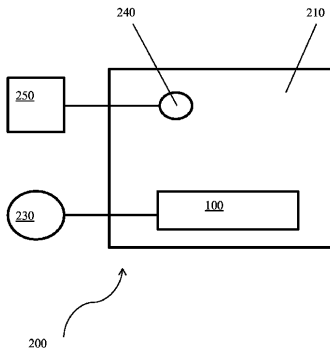
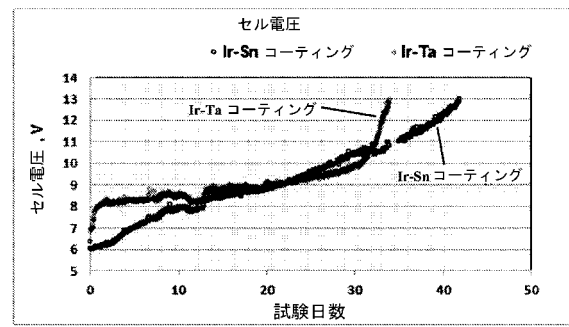


FIG. 2

【図 3】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US15/56408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - C25B 11/00; H01M 4/00, 4/131 (2015.01) CPC - C25B 11/00, 11/0478, 11/0484 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - C25B 11/00, 11/04, 11/06, 11/08; H01M 4/00, 4/131, 4/48, 4/88, 4/90 (2015.01) CPC - C25B 11/00, 11/04, 11/0405, 11/0426, 11/0442, 11/0478, 11/0484; H01M 4/045, 4/88, 4/90, 4/9016 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSeer (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, INPADOC Data); ProQuest; EBSCO; Google Scholar. electrode, anode, cathode, multiple coatings, layer, film, tin oxide, SnO2, iridium'oxide, IrO2, tantalum oxide, Ta2O5, conductive substrate		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X — Y	US 2013/0186750 A1 (URGEGHE, C et al.) 25 July 2013; abstract; paragraphs [0001], [0003], [0005], [0008]-[0010], [0012]-[0013], [0015]-[0017], [0050]; claims 2-3, 6	1-4, 10-11, 14-22 5-9
Y	US 4,513,102 A (HUTCHINGS, R et al.) 23 April 1985; abstract; column 1, lines 54-61	5-6, 9
Y	WO 2012/175673 A1 (INDUSTRIE DE NORA S.P.A.) 27 December 2012; abstract; page 3, first paragraph	7-9
A	WO 2014/083144 A1 (INDUSTRIE DE NORA S.P.A.) 05 June 2014; page 2, lines 1-5; page 4, lines 12-19; page 7, lines 1-16	12-13
A	US 2008/0035491 A1 (OHTA, Y et al.) 14 February 2008; abstract; paragraphs [0013], [0019], [0040], [0055]	12-13
A	CN 102,174,704 A (NO 725 RES INST CHINA CSIC) 07 September 2011; see translation; paragraphs [0004]-[0005], [0012]	12-13
A	US 2012/0085571 A1 (NIKSA, MJ et al.) 12 April 2012; entire document	1-22
☐ 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 24 November 2015 (24.11.2015)		Date of mailing of the international search report 08 JAN 2016
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300		Authorized officer Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(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 イリーナ エイ アイヴァンター

アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0 8 8 7 2 セアヴィル ペロー コート 1 4

(72)発明者 ジュリオ ダブリュー チャン - エヌジー

アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0 8 8 4 0 メアチェン ユニヴァーシティー アヴェニ
ュー 2 2 3

F ターム(参考) 4K011 AA21 AA69 CA01 DA02

4K021 AB07 DA13 DB21