

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-517746

(P2010-517746A)

(43) 公表日 平成22年5月27日(2010.5.27)

(51) Int.Cl.

C02F 1/46 (2006.01)
C02F 1/469 (2006.01)
B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/24 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)

F 1

C02F 1/46 Z
C02F 1/46 103
B01D 61/02 500
B01D 61/24
C02F 1/44 G

テーマコード(参考)

4 D006
4 D034
4 D061

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-548244 (P2009-548244)
(86) (22) 出願日 平成19年12月21日 (2007.12.21)
(85) 翻訳文提出日 平成21年7月30日 (2009.7.30)
(86) 國際出願番号 PCT/US2007/088518
(87) 國際公開番号 WO2008/094367
(87) 國際公開日 平成20年8月7日 (2008.8.7)
(31) 優先権主張番号 11/670, 232
(32) 優先日 平成19年2月1日 (2007.2.1)
(33) 優先権主張国 米国(US)
(31) 優先権主張番号 11/670, 230
(32) 優先日 平成19年2月1日 (2007.2.1)
(33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542
ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
GENERAL ELECTRIC COMPANY
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
クタディ、リバーロード、1番
(74) 代理人 100137545
弁理士 荒川 聰志
(74) 代理人 100105588
弁理士 小倉 博
(74) 代理人 100129779
弁理士 黒川 俊久

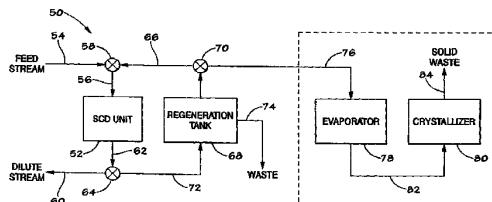
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】スーパーキャナシタ電極を含む脱塩方法及び装置

(57) 【要約】

流体の脱塩のための方法と装置が定義されている。本発明は、供給流よりも高濃度の溶質の排出流を得るために溶質担持電極から放出させることを含む。放出は、流れを過飽和させ、その流れを沈殿又は結晶化させ、固体を回収することを含んでいてもよい。液体流は2回以上電極を横切って循環させ得る。装置は透析、ナノ濾過又はRO装置を含んでいてもよい。コントローラが放出のための信号を送る。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

溶質担持電極から排出液体流中に溶質を放出させることを含む方法であって、排出液体流が、該溶質担持電極が溶質を獲得した元の供給流よりも相対的に高い濃度の溶質を有する、方法。

【請求項 2】

前記電極がスーパーキャパシタ電極であり、さらに、溶質を供給流から電極上に吸収させて溶質担持電極及び出力流を形成することを含んでおり、出力流が供給流よりも相対的に低い溶質濃度を有する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

電極が第 2 の脱塩装置内に配置されていて、供給流を第 1 の脱塩装置から第 2 の脱塩装置へ流すことをさらに含んでいるか、或いは電極が第 2 の脱塩装置内に配置されていて、出力流を第 2 の脱塩装置から第 1 の脱塩装置へ流すことをさらに含む、請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

第 1 の脱塩装置が膜を含んでいて、液体流を膜に通して流して供給流を形成するか又は出力流を第 2 の脱塩装置から膜に通して流して出力流を濾過することを含む、請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】

第 1 の脱塩装置が透析装置又は逆浸透装置を含む、請求項 3 記載の方法。

【請求項 6】

前記透析装置が電気透析脱塩又は電気透析逆脱塩装置である、請求項 5 記載の方法。

【請求項 7】

さらに、第 1 の脱塩装置で濃縮流及び希釈流を生成することを含み、濃縮流が希釈流よりも高濃度の溶質を有し、第 1 の脱塩装置から流出する濃縮流が第 2 の脱塩装置に対する供給流である、請求項 3 記載の方法。

【請求項 8】

濃縮流の容積が排出液体流の容積の約 80 % 超である、請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

第 1 の脱塩装置の希釈流及び第 2 の脱塩装置の出力流の合計容積が第 1 の脱塩装置中への液体の総流入量の容積の約 97.5 % 超である、請求項 7 記載の方法。

【請求項 10】

さらに、電極を含有するハウジングを出る前に流れが電極を 2 回以上流れるように排出液体流を循環させることを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

さらに、第 1 の作動モードで電極にエネルギーを貯蔵し、第 2 の作動モードで電極からエネルギーを回収することを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

前記電極が正に荷電した電極であり、溶質が負に荷電している、請求項 1 記載の方法。

【請求項 13】

前記放出が、排出液体流を過飽和させることを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】

さらに、排出液体流の水分量を低減することを含む、請求項 1 記載の方法。

【請求項 15】

前記低減が、排出液体流から固体、半固体又はスラリー材料を形成して溶質を分離すると共に、排出液体流よりも溶質濃度の低い回収水流を形成することを含む、請求項 14 記載の方法。

【請求項 16】

さらに、固体、半固体又はスラリー材料をプレスすることを含む、請求項 15 記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 17】

前記低減が、排出液体流を蒸発させて、排出液体流よりも溶質濃度の低い回収水流から溶質を分離することを含む、請求項14記載の方法。

【請求項 18】

前記低減が、排出液体流を沈殿又は結晶化させて、排出液体流よりも溶質濃度の低い回収水流から溶質を分離することを含む、請求項14記載の方法。

【請求項 19】

第1のサブシステム、及び

第1のサブシステムと流体連通している第2のサブシステム
を備える脱塩システムであって、第2のサブシステムが溶質を溶質担持電極から排出液体流中に放出させる手段を含んでおり、排出液体流が、溶質担持電極が溶質を獲得した元の溶質担持供給流よりも相対的に高い濃度の溶質を有する、前記脱塩システム。
10

【請求項 20】

第1のサブシステムが供給流体を受け入れて第1及び第2の流出流体流を生成し、第1の流出流体流が供給流体の溶質濃度よりも相対的に低い溶質濃度を有し、第2の流出流体流が供給流体の溶質濃度よりも相対的に高い溶質濃度を有する、請求項19記載の脱塩システム。

【請求項 21】

第1のサブシステムが逆浸透システム、電気透析脱塩システム、電気透析逆脱塩システム
又はナノ濾過脱塩システムを含む、請求項19記載の脱塩システム。
20

【請求項 22】

第2のサブシステムが充電作動モードと放電作動モードとを有しており、第2のサブシステムが、

スーパーキャパシタ脱塩ユニットが第2の放電作動モードにあるときに排出流をスーパー
キャパシタ脱塩ユニットに供給する再生源、及び
スーパーキャパシタ脱塩ユニットが第1の充電作動モードにあるときに第1のサブシステム
から第2の流出流体流を受け入れるスーパーキャパシタ脱塩ユニット
を含む、請求項19記載の脱塩システム。

【請求項 23】

前記再生源が、スーパーキャパシタ脱塩ユニットが第2の放電作動モードにあるときにス
ーパーキャパシタ脱塩ユニットから排出流を受け入れる、請求項22記載の脱塩システム
。
30

【請求項 24】

前記スーパーキャパシタ脱塩ユニットが、スーパーキャパシタ脱塩ユニットが充電作動モ
ードにあるときに出力流を生成し、出力流が第2の流出流体流よりも相対的に低い濃度の
溶質を有する、請求項23記載の脱塩システム。

【請求項 25】

第1のサブシステムがスーパーキャパシタ脱塩ユニットからの出力流の少なくとも一部分
を受け入れて流体ループを画成し、受け取られる出力流部分が第1のサブシステムに対する
供給流体の少なくとも一部分である、請求項22記載の脱塩システム。
40

【請求項 26】

第1のサブシステムが水処理プラント内に配置されており、第2のサブシステムが水処理
プラントの外に配置されている、請求項22記載の脱塩システム。

【請求項 27】

第1のサブシステム、

第1のサブシステムと流体連通している第2のサブシステム、及び

第2のサブシステムと接続したコントローラ

を備える処理システムであって、コントローラからの信号に応答して、第2のサブシステム
が溶質を溶質担持電極から排出液体流へ放出させ、排出液体流が、溶質担持電極が溶質
を獲得した元の溶質担持供給流よりも相対的に高い濃度の溶質を有する、処理システム。
50

【請求項 28】

第1のサブシステムが供給液体を受け入れて、供給液体よりも溶質含有量の低い第1の流れと供給液体よりも溶質含有量の高い第2の流れとを生成し、第2の流れが溶質担持供給流として第2のサブシステムに流れる、請求項27記載のシステム。

【請求項 29】

充電作動モード及び放電作動モードで作動可能なスーパーキャパシタ脱塩ユニット、

スーパーキャパシタ脱塩ユニットが充電作動モードにあるときにはスーパーキャパシタ脱塩ユニットに供給流を供給するように構成された供給源、並びに

スーパーキャパシタ脱塩ユニットが放電作動モードにあるときにはスーパーキャパシタ脱塩ユニットに飽和供給流又は過飽和供給流を供給するように構成された再生源を含む、脱塩システム。10

【請求項 30】

前記再生源がスーパーキャパシタ脱塩ユニットからの排出流を受け入れるように構成されている、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 31】

前記再生源が飽和液体を含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 32】

前記再生源が過飽和液体を含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 33】

前記再生源が細長く、第1の端部及び第2の端部を有しており、再生源の第1の端部が飽和又は過飽和液体を保持するための清澄化ゾーンを画成しており、再生槽の第2の端部が結晶化粒子を保持するための結晶化ゾーンを画成している、請求項29記載の脱塩システム。20

【請求項 34】

前記再生源が第1の材料及び異なる第2の材料を含んでおり、第1の材料が第1の端部に配置されており、第2の材料が第2の端部に配置されている、請求項33記載の脱塩システム。

【請求項 35】

第1の材料が有機物材料を含み、第2の材料が無機材料を含む、請求項34記載の脱塩システム。30

【請求項 36】

前記供給源及び再生源によりスーパーキャパシタ脱塩ユニットに供給された液体の20%未満が液体廃棄物となる、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 37】

前記供給源及び再生源によりスーパーキャパシタ脱塩ユニットに供給された液体の10%未満が液体廃棄物となる、請求項36記載の脱塩システム。

【請求項 38】

さらに、コントローラを含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 39】

前記コントローラが、SCDユニットからの流出を変える一定の時間間隔前に逐次段階的又は連続的な流れのシフトがSCDユニットへの液体の流れを切り替えるように、脱塩システムを制御するように作動可能である、請求項38記載の脱塩システム。40

【請求項 40】

前記コントローラが、脱塩システムの作動モードを放電作動モードから充電作動モードへ、及び充電作動モードから放電作動モードへ切り替えるように作動可能である、請求項38記載の脱塩システム。

【請求項 41】

さらに、充電作動モードと放電作動モードとの間にスーパーキャパシタ脱塩ユニットを通してポンプで空気を送るように構成されている、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項 42】

10

20

30

40

50

さらに、スーパーキャパシタ脱塩ユニットからの排出液体を結晶化するように作動可能な晶析装置を含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項43】

前記晶析装置が乾燥機を含む、請求項42記載の脱塩システム。

【請求項44】

前記再生源が砂を含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項45】

さらに、システム内の液体廃棄物を蒸発させるように作動可能な蒸発器を含む、請求項29記載の脱塩システム。

【請求項46】

前記スーパーキャパシタ脱塩ユニットがスーパーキャパシタ脱塩セルのスタックを含む、請求項29記載の脱塩システム。

10

【請求項47】

前記スーパーキャパシタ脱塩ユニットが、

第1の導電性材料を含む第1の電極、第1の電極はセルの充電作動モードにおいてイオンを吸着し、セルの放電作動モードにおいてイオンを脱着することができ、

第2の導電性材料を含む第2の電極、第2の電極はセルの充電作動モードにおいてイオンを吸着することができ、セルの放電作動モードにおいてイオンを脱着することができ、

第1及び第2の電極の間に配置されたスペーサ、スペーサは第1の電極を第2の電極から電気的に絶縁し、

第1の電極に連結された第1の集電器、並びに

第2の電極に連結された第2の集電器

を含む、請求項29記載の脱塩システム。

20

【請求項48】

第1の電極及び第2の電極の少なくとも1つが約 $4\ 0\ 0\ m^2 / g$ 超の容積当たりの表面積を有する、請求項47記載の脱塩システム。

【請求項49】

スーパーキャパシタ脱塩ユニット、

システムが第1の作動モードにあるときにスーパーキャパシタ脱塩ユニットを通して液体を案内するように構成された第1のフィードバックループを含む第1の液体流路、及び

システムが第2の作動モードにあるときにスーパーキャパシタ脱塩ユニットを通して液体を案内するように構成された第2のフィードバックループを含む第2の液体流路を含む脱塩システム。

30

【請求項50】

第1の作動モードがスーパーキャパシタ脱塩ユニットの充電作動モードからなり、第2の作動モードがスーパーキャパシタ脱塩ユニットの放電作動モードを含む、請求項49記載の脱塩システム。

【請求項51】

第1の液体流路が、第1の作動モード中スーパーキャパシタ脱塩ユニットに供給流を供給するように構成された希釀槽を含む、請求項49記載の脱塩システム。

40

【請求項52】

前記スーパーキャパシタ脱塩ユニットが、第1の作動モード中供給流がスーパーキャパシタ脱塩ユニットを通過するとき希釀槽からの供給流を脱塩するように構成されている、請求項51記載の脱塩システム。

【請求項53】

第2の液体流路が、第2の作動モード中飽和又は過飽和供給流をスーパーキャパシタ脱塩ユニットに供給し、スーパーキャパシタ脱塩ユニットからの排出流を受け入れるように構成された再生槽を含む、請求項49記載の脱塩システム。

【請求項54】

前記スーパーキャパシタ脱塩ユニットが、第2の作動モード中飽和又は過飽和供給流がス

50

ーパーキャパシタ脱塩ユニットを通過するとき再生槽からの飽和又は過飽和供給流を塩化するように構成されている、請求項 5 3 記載の脱塩システム。

【請求項 5 5】

第 1 の期間の時間充電作動モード中第 1 の源からの第 1 の液体流をスーパー キャパシタ脱塩ユニットに通して供給し、

第 2 の期間の時間放電作動モード中第 2 の源からの第 2 の液体流をスーパー キャパシタ脱塩ユニットに通して供給する

ことを含む液体処理方法。

【請求項 5 6】

第 1 の液体流を供給することが、第 1 の液体流がスーパー キャパシタ脱塩ユニットを通過するときにその第 1 の液体流を脱塩することを含む、請求項 5 5 記載の液体処理方法。 10

【請求項 5 7】

第 2 の液体流を供給することが、第 2 の液体流がスーパー キャパシタ脱塩ユニットを通過するときにその第 2 の液体流を塩化することを含む、請求項 5 5 記載の液体処理方法。

【請求項 5 8】

第 1 の期間の時間が第 2 の期間の時間より長い、請求項 5 5 記載の液体処理方法。

【請求項 5 9】

第 2 の液体流を第 2 の源から供給することが、飽和又は過飽和液体を再生槽からスーパー キャパシタ脱塩ユニットに通して供給することを含む、請求項 5 5 記載の液体処理方法。 20

【請求項 6 0】

第 2 の液体流を供給することが、スーパー キャパシタ脱塩ユニット及び再生槽を含むフィードバックループで有限量の液体を再生槽から供給することを含む、請求項 5 5 記載の液体処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明の実施形態は、液体の脱塩の分野に関する。本発明の実施形態は脱塩装置及びその脱塩装置を使用する方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】 30

地表の水の 1 % 未満しか、家庭又は産業用途に直接消費するのに適していない。天然の飲料水源が限られていることから、一般に脱塩といわれる海水又は汽水の脱イオン化は淡水製造手段の一つである。現在のところ水源の脱イオン化又は脱塩に使用されている幾つかの脱塩技術がある。

【0 0 0 3】

容量性脱イオン化は低電圧（約 1 ボルト）及び低い圧力（15 p s i）で進行する静電プロセスである。汽水をポンプで大きな表面積の電極アセンブリに供給すると、水中に溶解している塩、金属及びある種の有機物のようなイオンは反対に荷電した電極に引き寄せられる。これにより、イオンが電極で濃縮され、水中のイオンの濃度が低減する。電極容量が消尽したときには、水流を止めてキャパシタを放電させなければならず、この際イオンが退けられて今は濃縮されている溶液中に戻る。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】 欧州特許出願公開第 1 3 4 8 6 7 0 号明細書

【特許文献 2】 米国特許第 5 7 7 9 8 9 1 号明細書

【特許文献 3】 米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 1 0 3 6 3 4 号明細書

【特許文献 4】 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 1 3 0 8 5 1 号明細書

【特許文献 5】 米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 1 5 4 4 6 9 号明細書

【特許文献 6】 米国特許第 6 3 0 9 5 3 2 号明細書

【特許文献 7】国際公開第 2007 / 070594 号パンフレット

【特許文献 7】国際公開第 2007 / 087274 号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

現在利用可能な装置又はシステムとは異なる脱塩の装置又はシステムを有することが望ましいであろう。また、現在利用可能な方法とは異なる脱塩のための装置又はシステムを作成又は使用する方法があることが望ましいであろう。

【課題を解決するための手段】

【0006】

実施形態に従って、溶質を溶質担持電極から排出液体流中に放出させることを含む方法が提供され、排出液体流は溶質担持電極がその溶質を獲得した元の供給流より相対的に高い濃度の溶質を有する。

【0007】

一実施形態では、第 1 のサブシステム、及び第 1 のサブシステムと流体連通している第 2 のサブシステムを含む脱塩システムが提供される。第 2 のサブシステムは、溶質を溶質担持電極から排出液体流中に放出させる手段を含んでおり、排出液体流は溶質担持電極がその溶質を獲得した元の溶質担持供給流より相対的に高い濃度の溶質を有する。

【0008】

ある態様では、第 1 のサブシステムを有する脱塩システムは供給流体を受け入れ、第 1 及び第 2 の流出流体流を生成する。第 1 の流出流体流は、供給流体の溶質濃度より相対的に低い溶質濃度を有する。第 2 の流出流体流は、供給流体の溶質濃度より相対的に高い溶質濃度を有する。

【0009】

一実施形態では、第 1 のサブシステム、この第 1 のサブシステムと流体連通している第 2 のサブシステム、及び第 2 のサブシステムと接続したコントローラを含む処理システムが提供される。コントローラからの信号に応答して、第 2 のサブシステムは溶質を溶質担持電極から排出液体流中に放出させる。排出液体流は、溶質担持電極がその溶質を獲得した元の溶質担持供給流より相対的に高い濃度の溶質を有する。

【0010】

ある態様では、第 1 のサブシステムは、供給液体を受け入れ、第 1 の流れと第 2 の流れを産出する。供給液体と比べて、第 1 の流れはより低い溶質含有量を有し、第 2 の流れはより高い溶質含有量を有する。この第 2 の流れは溶質担持供給流として第 2 のサブシステムに流入する。

【図面の簡単な説明】

【0011】

図面を通して類似の数字は実質的に同じ部分を表す。

【図 1】図 1 は、本発明の一実施形態に係る装置の概念図である。

【図 2】図 2 は、図 1 のスタックの一部分の分解斜視図である。

【図 3】図 3 は、本発明の一実施形態に係る別の装置の概念図である。

【図 4】図 4 は、本発明の幾つかの実施形態に係る充電状態の作動中のスーパーキャパシタ脱塩セルの透視図である。

【図 5】図 5 は、本発明の幾つかの実施形態に係る放電状態の作動中のスーパーキャパシタ脱塩セルの透視図である。

【図 6】図 6 は、本発明の幾つかの実施形態に係る脱塩システムのブロック図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施形態に従った試験設定のブロック図である。

【図 8】図 8 は、図 7 における試験設定の第 1 の代表的な実験で得られた試験結果のグラフ表示である。

【図 9】図 9 は、図 7 における試験設定の第 1 の代表的な実験で得られた試験結果のグラフ表示である。

10

20

30

40

50

【図10】図10は、図7における試験設定の第1の代表的な実験で得られた試験結果のグラフ表示である。

【図11】図11は、図7における試験設定の第2の代表的な実験で得られた試験結果のグラフ表示である。

【図12】図12は、図7における試験設定の第2の代表的な実験で得られた試験結果のグラフ表示である。

【図13】図13は、廃水の管理のための脱塩システムのブロック図である。

【図14】図14は、廃水の管理のための脱塩システムの別の実施形態のブロック図である。

【図15】図15は、廃水の管理のための脱塩システムの別の実施形態のブロック図である。 10

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の実施形態は液体の脱塩の分野に関する。本発明の実施形態は脱塩装置を使用する方法に関する。

【0013】

本発明の実施形態に係るスーパー・キャパシタ脱塩（SCD）セルは、海水の脱塩又はその他の汽水の脱イオン化に使用して、塩の量を家庭及び産業用途に許容できるレベルまで低減することができる。かかるSCDセルは、他の荷電した又はイオン性の不純物を液体から除去するか又はそのような不純物を低減することができる。 20

【0014】

概略の言葉は、本明細書及び特許請求の範囲を通じて使用する場合、関連する基本的な機能に変化を生じることなく許容可能な範囲で変化することができる量的表示を修飾するのに適用され得る。従って、「約」のような用語により修飾された値は、特定された正確な値に限定されることはない。幾つかの例では、概略の言葉はその値を測定する機器の精度に対応し得る。

【0015】

スーパー・キャパシタは、一般のキャパシタと比較したときに相対的に高いエネルギー密度を有する電気化学キャパシタである。本明細書で使用する場合、スーパー・キャパシタはウルトラキャパシタのような他の高性能キャパシタを包含する。キャパシタは、一対の近接して配置された導体（「プレート」という）間の電場にエネルギーを貯蔵することができる電気装置である。キャパシタに電圧を印加すると、等しい大きさだが反対の極性の電荷が各々のプレート上に蓄積する。飽和水とは、所与の温度において1種以上の溶質又は塩で飽和した水をいう。本明細書で使用する場合、過飽和水とは、所与の温度において、1種以上の溶質又は塩をその溶質又は塩の溶解限度を超える量で含有する水をいう。スケーリングとは、他の場合には溶解している塩又は溶質が塩又は溶質担持液体と接触している側壁上に濃縮又は析出して蓄積することをいう。 30

【0016】

図1は、コントローラ（図示せず）を有しており、脱塩容器12を使用する代表的なスーパー・キャパシタ脱塩装置10の概略図である。脱塩容器は容積を画成する内面を有している。脱塩容器はこの容積内にスーパー・キャパシタ脱塩スタック14を収容している。脱塩スタックは複数のスーパー・キャパシタ脱塩セル16を含んでいる。複数のセル16の各々は一対の電極、絶縁スペーサ及び一対の集電器を含んでいる。さらに、脱塩容器は、供給液体が脱塩容器に入る際に通る少なくとも1つの入口18、及びスーパー・キャパシタ脱塩セルと液体が脱塩容器を出て行く際に通る出口20を含んでいる。液体は外力を用いて脱塩容器内に案内され得る。適切な外力としては、重力、吸引及びポンプが挙げられる。 40

【0017】

出口を通って脱塩容器から出る液体の塩分は、入口を通って脱塩容器に入る供給液体の塩分とは異なる。塩分の差は、セルが充電作動モード（供給液体流から塩又はその他の不純物を除去する）にあるか、又は放電作動モード（塩又はその他の不純物を供給液体流に

10

20

30

40

50

加える)にあるかに応じて高くなったり低くなったりすることができる。所定の基準に応答して作動のモードを充電モードから放電モードに可逆的に切り替えることができるよう、コントローラを適当なバルブ、センサー、スイッチなどに繋いで制御することができる。かかる基準としては、経過時間、飽和度、導電率、抵抗などが挙げられる。

【0018】

充電相の間、供給液体を1又は2回以上スタックに通してもよい。すなわち、コントローラと連通して適当に配置されたセンサーで測定して荷電種が所定のレベルになるまで液体を脱イオン化するのに2回以上の繰返しが必要になることがある。幾つかの実施形態では、複数のかかるセルを脱塩容器内に配置して、1つのセルの産物を他のセルに対する供給液体として処理できるようにすることができる。このようにして、出口を通って出て行く前に液体を数回脱イオン化セルに通すことが可能である。

10

【0019】

脱塩容器は適切な脱塩容器材料で作成すればよい。適切な脱塩容器材料としては、金属又はプラスチックから選択される1種以上の材料が挙げられる。適切な金属としては、貴金属及びステンレス鋼のような鉄基合金がある。適切なプラスチックとしては、アクリル、ウレタン、エポキシなどの熱硬化性材料、並びにポリカーボネート、ポリ塩化ビニル(PVC)及びポリオレフィンのような熱可塑性材料が挙げられる。適切なポリオレフィンとしては、ポリエチレン又はポリプロピレンが挙げられる。明らかであろうが、脱塩容器の材料の選択は、その脱塩容器の材料が、脱イオン化又は脱塩しようとする液体の不純物の一因となることがないようにする。脱塩容器は円筒状の形状であってもよい。さらに、脱塩容器は、図1に示されているように入口と出口で収束するような形状であってもよい。その他の形状及び大きさを脱塩容器に使用してもよい。

20

【0020】

図2を参照すると、図1のスタック14のようなスーパーイヤパシタ脱塩スタックに使用される様々な要素の配置が示されている。図示した実施形態では、スーパーイヤパシタ脱塩スタックは複数のスーパーイヤパシタ脱塩セルと複数の集電器を含んでいる。

【0021】

スーパーイヤパシタ脱塩セルは少なくとも一対の電極を含んでいる。各々の電極対は第1の電極、第2の電極及びそれらの間に配置された電気絶縁性スペーサを含んでいる。幾つかの実施形態では、スタックの充電作動モードで、第1及び第2の電極は脱イオン化しようとする液体からイオンを吸着することができる。この充電作動モードで、第1及び第2の電極の表面は各々電荷又は分極した電位を蓄積することができる。第1の電極の電位は第2の電極の電位と異なることができる。その後、液体がこれらの電極を通って流れると、電極上に蓄積された電荷は反対に荷電したイオンを液体から引き寄せ、するとこれらの荷電したイオンが電極の表面上に吸着される。吸着された荷電したイオンで電極表面が飽和した後、スタックの作動モードを充電作動モードから放電作動モードに切り替えることができる。

30

【0022】

荷電したイオンは、セルを放電させることにより、電極の表面から除去又は脱着することができる。放電作動モードにおいて、吸着されたイオンは第1及び第2の電極の表面から離れ、放電作動モード中セルを通って流れる液体と一緒にになることができる。幾つかの実施形態では、セルの放電作動モード中、電極の極性を逆転させてもよい。他の実施形態では、セルの放電作動モード中、第1及び第2の電極の極性が互いに同じであってもよい。このセルの充電及び放電については、図4と5を参照してより詳細に説明し例証する。

40

【0023】

幾つかの実施形態では、第1の電極は各々が第1の導電性材料を含んでいてもよく、第2の電極は各々が異なる第2の導電性材料を含んでいてもよい。本明細書で使用する場合、導電性材料という用語は、熱伝導率に関係なく導電性である材料をいう。これらの実施形態では、第1の導電性材料と第2の導電性材料は導電性材料、例えば導電性ポリマー複合材を含んでいてもよい。幾つかの実施形態では、第1の導電性材料と第2の導電性材料

50

は小さめの大きさと大きい表面積をもつ粒子を有し得る。大きい表面積のため、かかる導電性材料は、セルが高い吸着容量、高いエネルギー密度及び高いキャパシタンス（電気容量）を有し得る。スタックのキャパシタンスは約10F/g超とすることができます。一実施形態では、スタックキャパシタンスは約10～約50F/g、約50～約75F/g、約75～約100F/g、約100～約150F/g、約150～約250F/g、約250～約400F/g、約400～約500F/g、約500～約750F/g、約750～約800F/g、又は約800F/g超の範囲である。

【0024】

適切な第1の導電性材料と第2の導電性材料は、平均粒径約500μm未満の粒子として形成することができる。さらに、これらの粒子は約1の単モードの粒子分布で存在し得る。他の実施形態では、粒径分布はバイモーダル分布のようなマルチモーダル分布である。マルチモーダル粒径分布を使用すると、粒子床全体での充填(packing)、そして究極的には流量及び表面積の制御が可能になる。当然であるが、第1の導電性材料と第2の導電性材料は表面積、構成、多孔性及び組成の点で互いに異なっていてもよい。代表的な実施形態では、第1の導電性材料と第2の導電性材料の粒径は約5～約10μm、約10～約30μm、約30～約60μm、又は約60～約100μmの範囲である。

【0025】

さらに、第1の導電性材料と第2の導電性材料は高い気孔率を有し得る。一実施形態では、第1及び/又は第2の材料の気孔率は理論密度の約10～約95%の範囲である。各々の電極は比較的高いBrunauer-Emmet-Teller(BET)表面積を有し得る。比較的高いBET表面積は約2.0～約 $5.5 \times 10^6 \text{ ft}^2 \text{ lb}^{-1}$ 又は約400～1100m²g⁻¹の範囲である。一実施形態では、電極の表面積は約 $1.3 \times 10^7 \text{ ft}^2 \text{ lb}^{-1}$ 又は約2600m²g⁻¹以下の範囲である。各々の電極は比較的低い電気抵抗(例えば、<40mS²cm)を有し得る。一実施形態では、追加の材料を第1及び第2の電極の表面に付着させてもよく、かかる追加の材料としては触媒、防汚剤、表面エネルギー改変剤などがある。

【0026】

さらに、第1の導電性材料及び第2の導電性材料は有機又は無機材料を含んでいてもよく、例えば、これらの導電性材料はポリマーを含んでいてもよく、又は導電性の無機複合材を含んでいてもよい。別の代表的な実施形態では、無機導電性材料としては炭素、金属又は金属酸化物が挙げられる。さらに、第1及び第2の電極は互いに同じ材料から形成されてもよいし、又は同じ材料を含有していても若しくは含んでいてもよい。或いはまた、第1及び第2の導電性電極は互いに異なる材料を用いてもよいし、又は同じ材料の配置若しくは量が異なっていてもよい。さらに加えて、幾つかの実施形態では、第1の導電性材料及び第2の導電性材料は可逆的にドープしてもよい。これらの実施形態では、第1及び第2の材料は同じであってもなくてもよい。代表的な実施形態では、ドーパントとしては陰イオン又は陽イオンが挙げられる。陽イオンの非限定例としてはLi⁺、Na⁺、K⁺、NH₄⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Zn²⁺、Fe²⁺、Al³⁺、又はこれらの組合せが挙げられる。適切な陰イオンの非限定例としてはCl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻及びPO₄³⁻が挙げられる。

【0027】

適切な導電性ポリマーとしては、ポリピロール、ポリチオフェン、又はポリアニリンの1種以上が挙げられ得る。幾つかの実施形態では、導電性ポリマーとしてはポリピロール、ポリチオフェン、又はポリアニリンのスルホン基、塩化物、フッ化物、アルキル、又はフェニル誘導体が挙げられる。一実施形態では、導電性材料としては、炭素、又は炭素系材料が挙げられる。適切な炭素系材料としては、活性炭粒子、多孔質炭素粒子、炭素纖維、カーボンナノチューブ及び炭素エーロゲルが挙げられる。第1の導電性複合材及び第2の導電性複合材に使用するのに適した材料としてはチタン、ジルコニアム、バナジウム、タンタル、タングステン及びニオブの炭化物が挙げられる。第1の導電性複合材及び第2の導電性複合材に使用するのに適したその他の材料としては、マンガン及び鉄の酸化物が

10

20

30

40

50

挙げられる。代表的な実施形態では、導電性材料としては、ナノスケールの粒径を有する粉末が挙げられる。適切なナノスケール粉末として、フェライト系材料が挙げられる。

【0028】

さらに、導電性充填材も導電性材料と共に使用できる。また、適切な接着剤、硬化剤、又は触媒も導電性材料と共に使用してもよい。充填材又は添加剤は、導電性材料の最小幅、粘度、硬化プロファイル、接着性、電気的性質、化学的耐性（例えば、耐湿性、耐溶剤性）、ガラス転移、熱伝導率、加熱撓み温度などの1以上の属性に影響を及ぼし得る。

【0029】

充填材は約500μm未満の平均粒径を有し得る。一実施形態では、充填材は約1～約5nm、約5～約10nm、約10～約50nm、約50～約100nm、約100～約1000nm、約100～約250nm、約250～約500μmの範囲、又は約500nm超の平均粒径を有し得る。
10

【0030】

幾つかの実施形態では、充填材粒子は、特定用途向けの基準に基づいて選択され得る形状と大きさを有し得る。適切な形状としては、球状粒子、半球状粒子、棒、纖維、幾何学的形状などの1以上が挙げられる。これらの粒子は中空若しくは中実でもよいし、又は多孔質であってもよい。棒及び纖維のような長い粒子は幅と異なる長さを有することができる。

【0031】

導電性ポリマーを導電性材料として使用する実施形態では、可逆誘導電流機構又はポリマーの電子移動機構に起因してセルのキャパシタンスを高めることができる。代表的な実施形態では、セルのキャパシタンスは約3～約5倍増大し得る。かかるキャパシタンス値は、活性炭素材料を使用するセルのようなセルのキャパシタンス値より高い。幾つかの実施形態では、導電性ポリマー複合材を使用するセルのキャパシタンスは、約100～約800F/gの範囲である。この高いキャパシタンス値のため、第1の電極と第2の電極は各々が高い作動圧力又は電気化学反応を必要とすることなく相当な量のイオンをそれぞれの表面上に吸着することにより、他の脱塩技術を使用するシステムと比較してエネルギー消費を相対的に低くすることができる。
20

【0032】

導電性ポリマーの高い表面積は比較的多い量のイオンの付着を助長し得、その結果同様な効率をもつ装置が比較的に小さめのフットプリント又はサイズとなり得る。本明細書で使用する場合、「フットプリント」とは、所与のスタック内に使用されるスーパーキャパシタ脱塩セルの数、又は、所定の生産性を達成するために設計中に使用されるスーパーキャパシタ脱塩スタックの数をいう。幾つかの実施形態では、200のスタックを有するスーパーキャパシタ脱塩装置のフットプリントは1スーパーキャパシタ脱塩セルを超えることがある。一実施形態では、200のスタックを有するスーパーキャパシタ脱塩装置のフットプリントは1000スーパーキャパシタ脱塩セル未満である。一実施形態では、フットプリントは約1～約10スーパーキャパシタ脱塩セル、約10～約100スーパーキャパシタ脱塩セル、又は約100～約500スーパーキャパシタ脱塩セルの範囲でよい。
30

【0033】

図示した実施形態では第1及び第2の電極は互いに平行に配置されて積み重ねた構造を形成したプレートの形状をしているが、他の実施形態では第1及び第2の電極は異なる形状を有していてもよい。かかる他の形状としては、襞付き及び入れ子式の椀型構成が挙げられる。一実施形態では、第1及び第2の電極は互いに対しロール型に同心円状に配置されてもよい。
40

【0034】

適切な電気絶縁性スペーサとしては電気絶縁性のポリマーが挙げられる。適切な電気絶縁性のポリマーとしてはオレフィン系材料が挙げられる。適切なオレフィン系材料としてはポリエチレン及びポリプロピレンを挙げることができ、これらはハロゲン化されていることができる。他の適切な電気絶縁性ポリマーとしては、例えば、ポリ塩化ビニル、ポリ
50

テトラフルオロエチレン、ポリスルホン、ポリアリーレンエーテル及びナイロンが挙げられる。さらに、絶縁スペーサは約0.0000010～約1cmの範囲の厚さを有していることができる。一実施形態では、この厚さは約0.0000010～約0.00010cm、約0.00010～約0.010cm、約0.0010～約0.1cm、又は約0.10～約1cmの範囲である。電気絶縁性スペーサは膜、メッシュ、マット、シート、フィルム、又は織り物の形態である。流体連通を可能にするために、電気絶縁性スペーサは多孔質、孔あきであってもよいし、又は1つの表面からもう一つの表面まで延びる流体チャンネルを有していてもよい。これらの流体チャンネル、孔及び穴は5mm未満の平均直径を有することができ、また貫通して流れる液体の攪乱を増大するように構成することができる。一実施形態では、平均直径は約5～約4mm、約4～約3mm、約3～約2mm、約2～約1mm、約1～約0.5mm、又は約0.5mm未満の範囲である。かかる増大した攪乱は近接の電極の性能に対して正の影響を及ぼし得る。一実施形態では、同一平面上にないオーバーラップする糸を有するメッシュを使用する。これらの面外糸は貫通して流れる液体の攪乱を増大し得る。

10

【0035】

さらに、図示されているように、各々のセルは、第1及び第2の電極に連結された集電器30を含んでいてもよい。集電器は電子を伝導する。集電器材料と作動パラメーターの選択はセルの消費電力と寿命に影響を及ぼし得る。例えば、電極の1つの対応する集電器との間の高い接触抵抗は高い消費電力をもたらし得る。幾つかの実施形態では、セルの第1及び第2の電極の導電性材料は対応する集電器上に付着させ得る。かかる実施形態では、電極の導電性材料は1以上の付着技術により集電器表面上に付着させることができる。適切な付着技術としては、スパッタリング、溶射、スピンドルコート、印刷、浸漬、その他の塗装が挙げられる。

20

【0036】

適切な集電器はフォイル又はメッシュとして形成することができる。集電器は導電性材料を含んでいてもよい。適切な導電性材料としては、アルミニウム、銅、ニッケル、チタン、白金及びパラジウムの1種以上が挙げられる。他の適切な導電性材料としては、イリジウム若しくはロジウムの一方若しくは両方、又はイリジウム合金若しくはロジウム合金がある。一実施形態では、集電器はチタンメッシュであってもよい。一実施形態では、集電器はコア金属と、その表面上に配置された別の金属とを有していてもよい。別の実施形態では、集電器は炭素紙／フェルト又は導電性炭素複合材を含む。

30

【0037】

スタックはさらに、構造に機械的安定性を与える支持プレート32を含んでいてもよい。適切な支持プレートは金属又はプラスチックから選択される1種以上の材料を含んでいてもよい。適切な金属としては、貴金属及びステンレス鋼のような鉄基合金がある。適切なプラスチックとしては、アクリル、ウレタン、エポキシなどの熱硬化性材料、並びにポリカーボネート、ポリ塩化ビニル(PVC)及びポリオレフィンのような熱可塑性材料が挙げられる。適切なポリオレフィンとしてはポリエチレン又はポリプロピレンが挙げられる。

40

【0038】

支持プレートはスタックとの電気接点として機能して、スタックと電源又はエネルギー回収変換器との間の電気的流通を提供し得る。例示した実施形態では、支持プレート、電極及び集電器は、液体の流れを導き、電極対間の流体流路を画成する孔又は穴21を画成し得る。図に示されているように、液体は参照番号22を付した方向を示す矢印によって示される方向からセル内部に導かれる。セルに入った後、液体は、参照番号23を付した方向を示す矢印によって示される流体流路によって示されるように、対応する電極の表面に接触し、そこに沿って流れるように導かれる。液体は、その液体が対応する電極の表面の最大部分を通って横断するように流れることができる。滞留時間、すなわち液体と電極表面との接触時間が長いと、液体から電極表面への荷電種又はイオンのより多くの吸着が起こり得る。すなわち、液体と電極の表面との接触時間が長いほど、液体中の荷電種の濃

50

度を所定の値まで低減するのに必要とされる繰返しの数が少なくなり得る。その後、液体は参考番号 25 を付した方向を示す矢印によって示されるようにセルを出て行く。

【0039】

脱塩容器中への組み込みに関連して図 2 のスタックを説明して来たが、代わりの実施形態では、スタックはまた脱塩容器を用いなくても使用できる。例えば、図 3 に示されているように、セルを含むスタックは、脱塩容器を使用しないで支持プレート間に挟んでもよい。支持プレートに機械的力をかけることによって、スタックを互いに保持することができる。既に述べたように、各々のセルは絶縁スペーサによって離隔された電極を含んでいる。さらに、集電器は第 1 及び第 2 の電極に連結されている。図 3 の実施形態に係ると、入口と出口は支持プレート内の開口と並んでおり、図 2 に関連して記載したように液体がスタックを通って流れることができる。

10

【0040】

比較例として、従来の SCD システムを、充電工程と放電工程で交互に作動させる。この従来のシステムにおいて、充電及び放電工程での供給水は同じ水源から供給される。充電作動モードの間、供給水を SCD システムに供給して、塩又はその他の不純物をその供給流から除去する。従って、充電作動モード中の SCD システムの産物（すなわち、「希釈流」）は供給流より塩分が少ない。SCD セルから塩又はその他の不純物が取り除かれる放電作動モードの間、塩及び不純物は SCD セルから入ってくる供給流中に解放され、従って、放電作動モード中の産物（例えば、「濃縮流」）は供給流より塩分が多い。この濃縮流は供給流より塩分が多いので、廃棄すべき廃水と考えられ得る。

20

【0041】

本発明の実施形態は上記比較例と対照的に作動する。明確な作動モードを有するゼロ液体放出（ZLD）SCD システムが提供される。開示されている ZLD - SCD の原理を図 4 と 5 に関して説明する。本発明の実施形態に係ると、放電工程中飽和又は過飽和水がスーパーキャパシタ脱塩装置に供給されるが、充電工程中は通常の供給水をスーパーキャパシタ脱塩装置中に供給する。この水は、この塩の他に、飽和又は過飽和であってもよい他の塩を含有していてもよい。この塩に加えて、水は、飽和又は過飽和であってもよい他の塩を含有していてもよい。

20

【0042】

幾つかの実施形態では、飽和又は過飽和水（濃縮流）を連続的に循環させ、放電工程に再使用する。従って、濃縮流の過飽和度は放電が続くにつれて絶えず増大する。結果として、飽和度は、沈殿が起こり始めるまで増大する。放電工程における沈殿速度が充電工程での塩除去速度に等しいと、濃縮流の過飽和度はさらに増大することがなくなり、平衡が確立される。有利なことに、記載されているシステムによると、排出水の容積はサイクルの数と共に増大することがなく、従って、システムの液体排出はゼロ又はほぼゼロである。この ZLD - SCD システムは有利なことに液体廃棄物の量を低減又は削除することにより、典型的な水処理システムより優れた利点を与える。

30

【0043】

図 4 を簡単に参照すると、代表的な SCD セル 16 が充電作動モードで示されている。既に記載したように、SCD セル 16 は通例電極 24 と 26 を含んでいる。これらの電極 24 と 26 は電源（図示せず）と電気的に連結されており、反対に荷電している。電源は、エネルギー回収変換器として働くことができるか、又はエネルギー変換器と作動結合していることができる。従って、充電作動モード中、セル 16 はエネルギーを貯蔵する。図示した実施形態では、電極 24 は電源の負端子に連結されており、負極として機能する。同様に、電極 26 は電源の正の端子に連結されており、正極として機能する。図 2 に関連して既に記載し説明したように、反対に荷電した電極間に絶縁スペーサが配置されていてよい。充電作動モード中、荷電種を有する供給流 34 が SCD セル中に供給される。供給流 34 が電極間を通過すると、供給液体流からの荷電種又はイオンが電極に蓄積される。図示のように、陽イオン 36 は負極の方に移動し、陰イオン 38 は正極の方に移動する。セル内部でのこの電荷蓄積の結果として、セルから出て来る希釈流 40（産出液体）は

40

50

、セル中への供給液体流と比較してより低い濃度の荷電種を有している。

【0044】

上で述べたように、幾つかの実施形態では、希釈流を別の類似のセルに供給するか又は供給流として同じセルに戻して供給することによって、再度脱イオン化に供してもよい。幾つかの実施形態では、既に記載したように複数のかかるセルを1つのスタック内に使用してもよい。また、システムは幾つかのスタックを含んでいてもよい。この場合、希釈流はさらに処理するために逆浸透ユニット（図示せず）のような別の型の脱塩装置に供給することができる。

【0045】

図4に関連して記載され説明されているように、SCDセルの充電中、供給流に由来する荷電種（陰イオン及び陽イオン）は対応する反対に荷電した電極の表面上に蓄積される。電極上への荷電種の蓄積は、そのセルを放電させるまで、飽和度限界に達するまで、又はそのイオン層の抵抗が電極の電位とほぼ同じになるまで続く。

10

【0046】

図5に、放電作動モード中のセルを示す。放電作動モード中、セルは充電作動モード中に捕獲した貯蔵エネルギーを放出する。荷電種は電極表面から脱着する。そして、充電及び放電作動モード中に同じ供給流を使用するのではなく、放電作動モード中は異なる供給流を異なる供給源からセル内に供給することにより、排除されなければならない液体排出の量を低減することができる。具体的には、飽和供給流42を放電作動モード中セルに供給する。すなわち、図示した実施形態では、セルの放電作動モードで、陽イオンと陰イオンは電極表面から脱着し、飽和供給流と共にセルから排出されることにより、その後各々の放電作動モードに再循環させ繰返し再生することができる排出流44を生成する。放電作動モード中、スーパーキャパシタ脱塩セルから出て来る液体（排出流44）は、スーパーキャパシタ脱塩セルに供給される飽和供給流42と比較してイオン濃度が高い。排出流44は飽和供給流より飽和している可能性があり、過飽和し得る。

20

【0047】

上で述べたように、スーパーキャパシタ脱塩の作動モードが充電作動モードから放電作動モードに移行するとき、このシステムにおいて、電池が十分に充電された作動モードから放電された作動モードに移るときのエネルギー放出と類似のエネルギー放出がある。幾つかの実施形態では、このエネルギーを使用するために取得するのが望ましいことがある。この脱塩システムは変換器（図示せず）のようなエネルギー回収装置を含んでいてもよい。従って、セルはまた、エネルギー回収装置と連通していてもよい。

30

【0048】

充電作動モードにおいて、変換器は電池（図示せず）のような電源から、又は配電網からの供給電力をセルに導く。逆に、放電作動モードにおいて、変換器はセルにより放出される電気エネルギーを向け直す（re-direct）か又は回収する。この向け直されたか又は回収されたエネルギーは少なくとも部分的に電池のようなエネルギー貯蔵装置に、又はグリッドに移すことができる。例えば、このセルから回収されたエネルギーは後の段階でセル、セルのスタックとは異なるセルを充電しながら、又は異なるスタックのセルにより使用することができる。このエネルギー回収変換器は、変換器を通るエネルギーの流れに2つの方向があることから、二方向性変換器ということができる。例えば、エネルギーはスタックからグリッド若しくはバス（bus）へ、又はグリッド若しくはバスからスタックへ流れることができる。幾つかの実施形態では、変換器は放電作動モードにおいて放電するセルのエネルギーをDC形態で回収し、後にそれをDC形態でセルに移してそのセルを充電して、それを放電状態から充電状態に変換することができる。

40

【0049】

再び図5を参照して、飽和供給流は再生槽46のような再生源からセルに供給し得る。図示のように、放電作動モード中、再生槽はフィードバックループを画成することができる。このフィードバックループは飽和供給流をセルに提供すると共にセルからの排出流を受け入れることができる。各放電工程中同じ流れがセルを通って再循環するので、供給流

50

と排出流は放電工程が続くにつれて次第に飽和するようになる。最終的に、本明細書中では「再生水」又は「再生液体」ともいう再循環液体は、沈殿が起り始め、固体の沈殿48が形成され始めるくらいに飽和する。この沈殿は再生槽内に残るように濾過することができる。沈殿は、セルが放電していないとき再生槽から除去することができる。例えば、沈殿を除去するために、システムは結晶分離ユニットも含み得る。適切な分離ユニットとして、遠心分離機、濾過膜、ブリードオフバルブ、スキマー、濾過ユニット、又は蒸発ユニットが挙げられる。この固体又は半固体のスラリーを除去する方法により、開示されたシステムにおける液体廃棄物はゼロ又はほぼゼロになり得る。放電工程における沈殿速度が充電工程における塩除去速度と等しいと、濃縮流の過飽和度が増大することではなく、平衡が確立され得る。記載されているシステムによると、排出水の容積はサイクルの数と共に増大することがないようであり、従って、システムの液体排出はゼロ又はほぼゼロである。排出再生槽内で沈殿が起こるとき、SCDシステムで用いるセルは晶析装置又は晶析装置として機能する容器と組み合わせて作動させて、過飽和に起因する結晶化を促進することができ、これについては以下でさらに記載する。

【0050】

記載されているシステムは放電サイクル中同じ再生水を無限に使用して作動させることができ、その結果液体廃棄物を廃棄する必要がない。しかし、流れが再生水（放電作動モード）から通常の供給水（充電作動モード）に変わると、放電作動モード中にSCDセル内に保持された再生水の幾らかは充電作動モード中供給流中に混入し得る。この作用は脱塩に対して悪影響を及ぼし得る。この有害な「混合作用」の大きさは、再生水と供給流との濃度差、並びにセル内に保持された再生水の容積に依存する。例えば、供給流がやや溶け難い塩を含有する場合、再生水中に溶解した塩の濃度は連続的な沈殿のために高くならないであろう（約0.1～約10000ppmの範囲）。この場合、再生水の可能な再使用時間には限界がない可能性がある。しかしながら、供給流が溶け易い塩、例えば塩化ナトリウムを含有していると、再生水中に溶解した塩の濃度が非常に高くなる可能性があり（約20000～約200000ppmの範囲）、脱塩プロセスに対する混合作用の不利益は相当なものになり得る。この場合、再生水をサイクル毎に連続的に再使用すると、再生水の濃度は、混合作用の不利益が充電工程における脱塩能力と等しくなる点まで増大し得、そうなるとその後の充電サイクルにおける正味の脱塩能力が低減するか又は失われる。

【0051】

混合作用の不利益を排除又は低減するために、幾つかのアプローチを採用し得る。1つのアプローチは、スーパー・キャパシタ脱塩装置から出る流れを変える前の一定の時間間隔（例えば、10～30秒）にスーパー・キャパシタ脱塩装置中に入る液体の流れを変えるように段階的又は連続的な流れのシフトを使用することである。このアプローチは、放電工程の終わりにセル内に保持された再生水の一部分が再生槽に押し出されるようにすることができ、これにより混合作用に伴う不利益を低減する。混合作用を低減するための別のアプローチは、充電作動モード中スーパー・キャパシタ脱塩装置に供給流を再導入する前に、空気その他のガスをポンプでスーパー・キャパシタ脱塩装置中に供給し、保持された水を可能な限り押し出すことである。このアプローチでも、混合作用に伴う不利益を低減することができる。さらに別のアプローチは、供給水のフラッシングを使用することである。例えば、放電工程の終了時、スーパー・キャパシタ脱塩装置の出口をシフトさせて、充電作動モード中の液体産物の出力をその意図された標的（例えば、脱塩された／使用可能な水の貯蔵のための希釈槽）に託す前に、幾らかの量の供給流を使用してスーパー・キャパシタ脱塩装置を洗い流すことができる。スーパー・キャパシタ脱塩装置を洗い流すのに使用した水は代わりに再生槽又は別の容器に導いてもよい。このアプローチを利用すると、放電中に使用する再生水の一定の容積を維持するために幾らかの再生水を再生槽から除去する必要がある可能性がある。このサイクル間のフラッシングアプローチのトレードオフは幾らかの水回収の損失が起こり得ることであろう。さらに、これらのアプローチを任意に組み合わせて使用してもよい。例えば、幾らかの供給水によるフラッシングに続いて空気・フラ

ッシング工程を利用することができよう。

【0052】

開示されたシステムの別の1つの考慮すべき問題は「スケーリング」である。再生液体（例えば、飽和供給流及び排出流）に溶解した高濃度の塩又は溶質はスケーリングポテンシャルを増大し得る。一実施形態では、スーパーキャパシタ脱塩装置は交互に充電及び放電され、そしてスーパーキャパシタ脱塩装置（従って個々のセル）は通常の供給流と高濃度飽和供給流の両方に交互に暴露される。作動中常に濃縮スペーサを通って濃縮流が流れるROシステムと比較して、飽和供給流に対するスーパーキャパシタ脱塩装置の低減した断続的な暴露は、ROシステムにおけるスケーリングポテンシャルと比較してスケーリングポテンシャルが低減する。

10

【0053】

記載されているSCDシステムは、EDRシステムと比較しても低減したスケーリングを提供し得る。SCD脱塩プロセスと同様に、EDRチャンバも希釀液と濃縮液に交互に暴露される。しかし、EDRシステムにおけるスケーリングの主要な原因の1つが、希釀チャンバでの分極に起因する局所的なpH変化であり、その結果OH⁻が陰イオン膜を通して濃縮チャンバに移行し、そこでは陰イオンと陽イオンの両方の濃度が非常に高く、一定の条件で最初に沈殿が起こるという事実であることは周知である。明らかに、SCDプロセスにおいては、放電工程中分極もなく、局所的なpH変化も起こらず、従ってスケーリングの危険性が低下する。

20

【0054】

スーパーキャパシタ脱塩装置は、互いに交互に存在する希釀槽と濃縮槽を有し得る。希釀水の濃度はEDRシステムにおける作動中の作動電流を制限する。これと対照的に、スーパーキャパシタ脱塩装置においては、希釀水の濃度は充電工程中の作動電流のみを制限する。この特徴により、スーパーキャパシタ脱塩装置の作動はEDRシステムより比較的柔軟性が高くなる。例えば、スーパーキャパシタ脱塩装置では充電工程中、より低い作動電流をより長い充電時間使用して分極を避けることができるが、より短い放電工程中はより高い作動電流を使用する。この関係は1つのサイクル中同じ出力を維持しながら使用でき、そのためより少ない分極と高濃度の液体へのより少ない暴露時間によってスケーリングの危険性が低減し得る。

30

【0055】

ここで図6を参照すると、本発明の代表的な実施形態に係るSCDシステム50のブロック図が示されている。上記のように、このSCDシステム50は、積み重ねた構成で配置された1以上のSCDセルを含むSCDユニット52を含んでいる。充電作動モード中、供給流54が、バルブ58を介してSCDユニット52の入口56に導かれる。上記のように、供給流54は脱イオン化のためにSCDユニット52を通過する。脱イオン化された希釀流60はSCDユニット52の出口62を介してバルブ64を通って意図された標的に導かれる。例えば、希釀流60は使用のために希釀槽（図示せず）に導いてもよい。代わりに、希釀流はさらに加工処理するために供給流として再度SCDシステム中に供給してもよいし、また希釀流はさらに加工処理するためにROシステムのような異なる脱塩システムに導いてもよい。上記のように、希釀流は供給流より塩分が少ない。

40

【0056】

放電作動モード中は、飽和供給流66がSCDユニット52の入口56に供給される。この飽和供給流66はバルブ70及びバルブ58を介して再生槽68により提供される。上述したように、再生槽68は放電作動モード中に使用される飽和又は過飽和液体を含んでいる。飽和供給流66はSCDユニット52を通って出口62に導かれ、ここでバルブ64を介して排出流72として再生槽68に戻される。上記のように、排出流は飽和供給流より塩分が多い。放電工程における沈殿速度が充電工程での塩除去速度と等しいと、再生槽とSCDユニットとを循環する濃縮流の過飽和度はそれ以上増大することなく、平衡が確立される。排出水の容積はサイクルの数と共に増大する必要はないので、システムの液体排出はゼロ又はほぼゼロであってもよい。いずれにしても、大部分の廃棄物は再生

50

槽内の廃棄物出口 74 を介して除去することができる固体廃棄物である。

【0057】

上記システムは殆どの用途において充分であるが、このシステムは場合により 100 % の水回収率を与えるために蒸発器 78 及び / 又は晶析装置 80 を含んでいてもよい。図 6 に示したように蒸発器 78 と晶析装置 80 の両方を使用してもよいし、又は一方のみを使用してもよいし、又は両方を単一の蒸発及び熱的結晶化システムに組み合わせてもよい。例示した実施形態に従って、各放電サイクルの終了時、一定量の供給流をバルブを介して SCD ユニット中に供給する。出力流は出口を通り、バルブを介して再生槽中に導かれる。再生槽内の一定の容積を維持するために、再生槽内の対応する量の液体をバルブ及び流路を介して蒸発器中に供給してもよい。この液体は蒸発器内での蒸発後極めて高度に濃縮されている可能性があり（例えば、10 ~ 30 重量 %）、その後これを流路を介して晶析装置に供給することができる。晶析装置は、例えば乾燥機のような熱的晶析装置である。この晶析装置は、慣用の手段により廃棄することができる固体廃棄物 84 を生成する。

10

【0058】

各々のバルブ 58、64 及び 70 の制御は、システムによって液体の流れを制御するというそのシステムの適正な機能を与えるように、前もって設定し得、及び / 又は外部コントローラ（図示せず）により制御し得る。さらに、別の実施形態では、SCD ユニットに複数の入口と出口を設けて、SCD ユニット中に流入する液体の各々の供給源がそれぞれの入口経路を有し、かつ SCD ユニットから流出する液体の各々の目的の場所がそれぞれの出口経路を有するようにすることができる。さらに、説明しなかったが、ポンプのような他の機構を使用して、SCD ユニットを通して、又はシステムの他の構成要素へ / から水を引き出すことができる。

20

【実施例】

【0059】

以下の実施例は本発明を実施する際の補足的な指針を当業者に提供するために挙げるものであり、従って、これらの実施例は特許請求の範囲に定義される本発明を限定するものではない。

【0060】

実施例 1

図 7 に示すような試験システム 86 を使用する。このシステム 86 は SCD ユニット 88、希釀槽 90 及び再生槽 92 を含んでいる。希釀槽 90 は、充電作動モードの間供給液体流を SCD ユニット 88 に提供するために使用する。ポンプ 94 を使用して、充電作動モードの間供給液体をポンプで SCD ユニット 88 に供給する。再生槽 92 を使用して、放電作動モードの間供給液体流を SCD ユニット 88 に提供する。ポンプ 96 を使用して、放電作動モードの間 SCD ユニット 88 を通して供給液体をポンプで供給する。

30

【0061】

CaSO_4 水を用いて第 1 の実験を行う。 CaSO_4 はその沈殿がより高い回収率で作動する膜プロセス（例えば、RO システム）に対して主要な障害となる最も注目に値する無機塩と考えられるので、ほぼ飽和 CaSO_4 溶液（2025 ppm、96.3 % 飽和度）を充電作動モード（供給流）と放電作動モード（飽和供給流）の両方に使用する。充填する水の容積は 2000 ml であり、再生水の容積は 250 ml である。このプロセスはバッチモードで行う（すなわち、充填水と再生水の両方を約 100 ml / min の流量として連続サイクルで循環させ再使用する）。

40

【0062】

单一のセルを有する SCD ユニット（88）を用いて実験を行う。有効面積 16 cm × 32 cm の電極は、活性物質及び集電器がそれぞれ活性炭及びチタンメッシュからなっていた。厚さ 0.95 mm のプラスチックメッシュスペーサを 2 つの電極間に配置する。対イオンをロックし、電流効率を増大させるために、陰イオン交換膜及び陽イオン膜を電極間及びスペーサの両面上に配置する。電気化学機器、ここでは電池試験システムを、陰イオン膜面を正極、陽イオン膜面を負極として、セルの 2 つの電極に接続する。適切な電

50

池試験システムは Kingnuo Electric Inc. (Wuhan, China) から市販されている。

【0063】

実験の流れ図である図7に示されているように、4つのボールバルブ98、100、102及び104がSCDユニット88の入口と出口に設置されて、SCDユニット88に出入する流れを制御する。ニードルバルブ106及び108も使用して、システム86を通る液体の流れをさらに正確に制御する。充電と放電のタイミングは電気化学機器により制御する。記載されている実験において、各々のサイクルには、10分間の一定電流(600mA)の充電工程とそれに続く1分の休止工程が含まれていた。1分の休止工程の後、そのサイクルでは10分の一定電流(-600mA)の放電工程とその後のもう一つの1分の休止工程が続いた。その後このサイクルを繰り返す。

10

【0064】

充電工程では、ボールバルブ98とボールバルブ102を開き、ボールバルブ100とボールバルブ104を閉じることによって、希釀槽90内の充填水をSCDユニット88に通して循環させる。放電工程では、ボールバルブ98、100、102及び104の開放/閉鎖状態を逆転させることで、ボールバルブ98と102を閉じ、ボールバルブ100と104を開いて、再生槽92内の再生水をSCDユニット88に通して循環させる。充電工程と放電工程との間流れを変える際の充填水と再生水の望まない混合を最小限にするために、各々の休止工程において空気をポンプでSCDユニット88に送って、先の工程からのセル内に保持された水を最小限にする。上記のように、各々のサイクルには約22分かかった(10分の充電工程、10分の放電工程及び2回の1分の休止工程)。30より多くのサイクルを連続的に実施し、充填水の脱塩及び再生水の導電率の上昇、並びに結晶化及び混合作用を検討する。

20

【0065】

ここに記載した実験中、各々の充電工程の終了時に充填水の導電率をモニターする。図8に、30サイクルの間の充填水中の濃度変化を示す。結果の塩濃度は百万部当たりの部(ppm)の単位で軸110に沿って、一方サイクルは軸112に沿って示す。塩濃度追跡曲線114に示されているように、充填水の濃度は各サイクルと共に低下し、その結果濃度は2000ppmから30サイクル後に約500ppmに低下した。また軸116に沿って示されているように、各サイクルにおけるグラム(g)単位の正味の塩除去も追跡する。最良適合の塩除去曲線118に示されているように、各サイクルで除去される塩の量は、殊に後半の実験では比較的狭い範囲(約0.07~0.16g)に分布している。このように、SCDユニット88の塩除去能力は、実施した30サイクルにわたって悪化を示さなかった。

30

【0066】

30サイクルの間の再生水の導電率の変化を図9に示す。このグラフは、軸124に示されている各サイクルにおける、測定された導電率(mS/cm)を軸120に、計算された飽和度パーセントを軸122に示している。明らかに、導電率は水中に溶解した塩の量の尺度であり、再生水の過飽和の割合はこれから計算することができる。導電率プロット126に示されているように、再生水の導電率は最初の数サイクルで急速に増大したが、再生水の過飽和レベルは飽和度プロット128に示されているように比較的低い。しかし、過飽和レベルが増大すると、より高い過飽和における塩の沈殿速度が増大する一方各放電工程で同じ量の溶解した塩が濃縮流に解放されるために、導電率の増大する速度は低下する。

40

【0067】

図9に示されているように、10回目のサイクルと30回目のサイクルの終了時に放電工程の導電率に2つの急激な低下が認められるが、これは実験中の2つの長い休止工程を表している(それぞれ、一晩の約12時間と週末の64時間)。図に示されているように、この長い休止期間中にかなりの量の塩が結晶化して過飽和水から析出し、その結果溶解した塩の濃度が低下した。この結晶化については、以下でより詳細に述べる。しかし、短

50

い期間例えば充電工程時間の間でも、再生水が休止すると再生水の導電率がゆっくり低下するということは注目に値する。1つの実施例において、再生水の導電率は8分の静止後 7.69 mS/cm から 7.67 mS/cm に低下した。これは、充電、放電及び休止工程を含めて全ての時間に沈殿が起きていることを示している。

【0068】

上述したように、再生水の過飽和度はサイクルの数が増大するにつれて増大した。10回目のサイクルの終了時、再生槽92の底部に幾らかの粒子が観察される。2時間の休止後、再生槽92の底部の沈殿は大幅に増大した。12時間(一晩)の休止後、沈殿の量はさらに増大し、一方再生水の導電率は低下した。走査型電子顕微鏡(SEM)の結果を用いて沈殿の容積を分析する。X線回折法によって分析したところ、この沈殿は CaSO_4 であることが確かめられた。10

【0069】

認められる別の興味深い現象は、再生槽92を構築するのに使用される材料が結晶化プロセスに対してある作用を有するらしいということである。2つの円筒状カラムで再生槽92を画成し、実験において再生水を保持する。第1のカラムは 250 mm のガラスシリンダーであり、これを上述の30サイクルの試験に使用する。30サイクル後、再生水をポリマー材料(PMMA)で作成した別のカラムに移す。同じ再生水を用いてさらに10サイクルポリマーカラムに循環させる。図10に、一連のサイクルの間のガラスカラム中の再生水の導電率の変化をポリマーカラムと比較するグラフを示す。導電率(mS/cm)はy軸132に沿って示されており、サイクルの数はx軸134に沿って示されている。20。図示のように、ポリマーカラム中の再生水の導電率は、ガラスカラムと比べてより急速に増大する。これは、導電率プロット130(ガラス)と比較した導電率プロット136(有機物ガラス)により示されている。結晶化はポリマーカラムでは困難なようであり、この種類の材料を再生槽の構築に使用するとシステムの効率に影響を及ぼし得る。ガラス表面はポリマー表面より極性が高い可能性があり、これは無機塩の核生成にとって都合がよい。

【0070】

再生槽92及び配管内には異なる材料を使用する。一実施形態では、再生槽92は第1及び第2の端部を有する細長いものとすることができます、各々の端部は異なる材料で構築することができる。使用中、第1の端部は第2の端部より上又は頂部にあることができ、第2の端部は下又は底部にある。第1の種類の材料を再生槽92の第1の端部に使用する。別の種類の材料を再生槽92の第2の端部に使用する。30

【0071】

再生水槽の結晶化ゾーンは再生槽の低い方の領域であり、ここでは結晶化粒子が集まり沈む。適切な構築材料として、例えば、構造体として、又は再生水槽の内面を覆うコーティングとしての無機組成物が挙げられる。適切な構築材料として、セラミック、金属及びガラスが挙げられる。ポリマー材料は容器の清澄化ゾーンの材料として使用することができよう。このゾーンでは清澄な飽和又は過飽和水がSCDユニットに供給される。適切なポリマー材料はエンジニアリングプラスチックであってもよい。コーティング又はライナーを使用すると、単一の材料を用いて再生水槽を構築し、別の材料で内面を後処理することが可能になるであろう。40

【0072】

実施例2

図に示されているように、再生水の過飽和度は約600%にも高くなることができる(図9参照)。SCDプロセスは再生水の過飽和に対して良好な許容度を示すが、より低い飽和レベルが有益であり得、混合の不利益がより低くスケーリングの危険性がより少くなり得る。これを立証するために、再生槽に砂を入れる。再生カラム内の砂の高さは約25cmである。この砂は篩にかけて粒度を約1mm~約3mmの範囲にする。篩にかけた砂をカラムに入れる前に脱イオン水で数回洗浄する。放電工程中、排出水はカラムの底部からポンプで汲み出し、SCDユニットの入口にポンプで供給する。SCDユニットの出

10

20

30

40

50

口からの再生流は再生槽の頂部に戻す。

【0073】

図11に、充電サイクルからの希釀流144と放電サイクル中の濃縮流146との両方の導電率(y軸140)対サイクル(x軸142)のプロファイルを示す。図11は、希釀流144の導電率がサイクル中に低下することを示しているが、サイクル20の終了時の急上昇は例外であり、ここでは元の供給水を別の新しい槽と交換している。濃縮流146の導電率は、最初の幾つかのサイクルで比較的急激な増大を示すが、その後のサイクルの間は一定になる傾向がある。2つの低下(サイクル10とサイクル16は長い休止工程のためである。第1の低下は45分の休止工程のため、第2の低下は12時間の休止工程のためである。これらの傾向は砂の床がない実験で観察され得る傾向と非常によく似ている。沈殿は再生カラム内の砂の床の頂部で観察され得る。

10

【0074】

再生カラム内の砂ありと砂なしで再生水の過飽和度を比較すると、図12に示されているように、その差は顕著である。図12は、再生槽内に砂がある場合とない場合の濃縮流の導電率(y軸148)対サイクル(x軸150)を示している。両方の場合に再生水の導電率はサイクル数の増大と共に一定になる傾向があるが、再生水の絶対過飽和度はこれらの2つの場合(砂ありと砂なし)で異なる。具体的には、プロット154で示されるように再生槽内に砂が存在すると、プロット152で示されている再生槽内に砂を入れないときよりずっと低い平衡導電率が観察され得る。この現象の機構は、砂が多く種晶部位(seeding site)を与えるということかもしれない。種晶部位は再生水中の沈殿を促進する。砂の床の別の機能は、再生水のための濾過層として働くことである。高い過飽和度のために再生水内には多くの小さい結晶が懸濁している可能性があり、この再生水は放電工程中SCDユニットに入る前に砂によって濾過される。砂の床の他に、他の結晶化増強技術として、強制沈殿、種子結晶増大、磁場増強、化学的沈殿、pH制御、抗スケール剤(anti-scalant)制御などが挙げられる。

20

【0075】

実施例3

上記実験(実施例1及び2)は CaSO_4 水を用いて行われる。実施例3では、Los Angeles水道水の2倍の濃度の合成水を作成し、試験する。この合成水の組成を表1に示す。

30

【0076】

【表1】

表1. 合成水の組成

塩	CaCl_2	CaSO_4	MgSO_4	Na_2SO_4	NaHCO_3	Na_2CO_3	計
濃度(ppm)	224.3	264.1	252.5	284.1	379.7	14.8	1419.5

40

【0077】

実施例3で使用する水は硬く、例えば50%の水回収率でLA水を処理するROプラントでは濃縮とみなされ得る。実験の前に、自動スイッチのためのソレノイドバルブを有する自動化試験システムを作る。実験の間、充填水と再生水の容積はそれぞれ4500ミリリットル(mL)と200mLである。試験結果は、供給水及び再生水に関する導電率プロファイルの点で、先に記載された実験の結果と同様である。小さい沈殿粒子が砂の床に観察され得る。違いは、再生水の導電率が約16mS/cmにまで増大し続けるのに対し、硫酸カルシウム水を用いた実験では約10mS/cm未満で一定になることである。この作用は、塩化ナトリウムのような溶け易い塩の存在に起因し得る。時に、溶け易い塩の

50

存在は混合作用のためにこのプロセスにとってあまり望ましくないことがあり、これはサイクル中徐々に低下する脱塩能力を示す。

【0078】

図13を参照して、脱塩システム160は第1のサブシステム162と第2のサブシステム164を含んでいる。これらのサブシステムは各々が水処理システムであってもよい。第1のサブシステム162は逆浸透システムであってもよく、第2のサブシステムはスーパーキャパシタ脱塩システムであってもよい。一実施形態では、第2のサブシステムはZLD-SCDシステムでよい。さらに、第1のサブシステムは処理プラント内に位置していてもよく、第2のサブシステムは処理プラントから離れて位置していてもよい。

【0079】

第1のサブシステムは脱塩又は処理しようとする供給流166(流入)を受け入れ、2つの流れを流出する。第1のサブシステムは、供給流より相対的に低い溶解又は懸濁した固体を有する第1の希釀流168を生成する。この希釀流は、例えば人の消費用に使用することができる。第1のサブシステムは、供給流より相対的に多くの溶解又は懸濁した固体を有する(塩分が多い)第2の濃縮流170を生成する。この濃縮流は出力流又は廃水といわれる。第1のサブシステム162が処理プラントであり、第2のサブシステム164が離れて位置すると、第2のサブシステムは、他の場合には処理プラントからの廃水(廃棄が必要である)と考えられるものを処理することができる。

【0080】

第2のサブシステム164は第1のサブシステムから流出する濃縮流を受け入れ、その濃縮流を脱塩又はその他の意味で処理し得る。第2のサブシステム164はSCD又はZLD-SCDシステムを含んでいてもよい。第2のサブシステム164は2つの流出流を生成する。希釀流172は濃縮流より溶解又は懸濁した固体の濃度が比較的低い(塩分が少ない)。この希釀流は、例えば人の消費に利用可能であろう。第2のサブシステムはまた廃棄流又は排出流174も生成する。この排出流は濃縮流より高い塩分を有する濃縮流のような液体廃棄物であり得る。或いは、ZLD-SCDシステムの場合、排出流はスラリー、半固体、若しくは固体の廃棄物又は殆ど固体の廃棄物であり得る。例えば、第2のサブシステムは濃縮流容積の10%未満の相対容積を有し得る(濃縮流の約90%が脱塩されて希釀流に変換される)。また、第2のサブシステムは濃縮流の1%未満の廃棄物であり得る(濃縮流の99%が脱塩され、希釀流に変換される)。希釀流の幾らか又は全てを、さらに加工処理するためにフィードバック経路176を介して第1のサブシステムに戻してもよい。

【0081】

ここで図14を参照すると、第1のサブシステム162と第2のサブシステム164を含む脱塩システム160が提供される。図示した実施形態では、第1のサブシステムは第1のROユニット178と第2のROユニット180を有するツーパス汽水逆浸透(RO)システムを含む。第1及び第2のROユニットは共に脱塩プラントのROシステムを画成する。第1のROユニット178に流入する供給流166は2つの流出流、すなわちきれいな希釀流168と濃縮亜流182を生成する。希釀流168は上水最終消費用途に消費又は使用することができる。濃縮亜流182はさらに脱塩するために第2のROユニット180に流入流として供給することができる。第1のROユニット178と同様に、第2のROユニット180は2つの流出流、すなわち、上水用途に消費又は使用され得るきれいな希釀流(同様に参考番号168で示されている)と、濃縮流(同様に参考番号170で示されている)とを生成する。幾つかの処理プラント又は処理システムにおいて、濃縮流170は、さらに処理しなければならない廃水である。

【0082】

第1のサブシステムはツーパスROシステムであり得、第2のサブシステム164と直列に組み合わせて処理プラントから濃縮流170を受け入れることができる。図示した実施形態では、第2のサブシステム164はゼロ液体排出-スーパーキャパシタ脱塩(ZLD-SCD)システムを含む。ZLD-SCDシステムはSCDユニット184及び再生

10

20

30

40

50

槽 186 を含んでおり、これは濃縮流 170 を管理するのに使用できる。SCD ユニットと再生ユニットはフィードバック構成で配置されていて、その結果排出流（濃縮又は超濃縮形態）は SCD ユニットが放電作動モードにあるときに SCD ユニットと再生槽との間を循環する。第 2 のサブシステムは再生槽をもたない SCD ユニットを含んでいる。この代わりの実施形態では、廃棄物 174 は再生槽を使用する場合より相対的に多くの液体を含んでいてもよい。

【0083】

図 14 の脱塩システム 160において、水の回収率はツーパス RO システムのみを組み込んだシステムの回収率を超えて増大する。例えば、75%の水回収率を有するツーパス RO システムと、90%の水回収率を有する濃縮管理 SCD ユニットとを組み込んだ RO プラントは、システム全体で $1 - (1 - 0.75) \times (1 - 0.90) = 97.5\%$ の水回収率を有する。相対的に増大した水回収率は脱塩プラントの作動に対して有益であり得る。一実施形態に係ると、RO ユニットは脱塩プラント又は別のシステムの一部であり得、その場合 RO ユニットの廃水産物（濃縮流 170）は SCD ユニット又は ZLD-SCD ユニットを含む第 2 のサブシステムに供給される。従って、第 2 のサブシステムの ZLD-SCD ユニットは確立された処理プラントからの廃水を管理するのに使用できる。

【0084】

例示した脱塩システムにおいて、RO 濃縮物は部分的に生成水（希釀流）として回収され、それに応じて供給流 166 の流量を低下することができる。供給流の流量の低下に起因して、第 2 のサブシステム 164 で処理される実際の濃縮水（濃縮流 170）も少なくなる。資本コストが供給流の流量に比例すると仮定すると、元のツーパス RO システムと比較して、RO システムの経済的な利益があり得る。

【0085】

図 15 に例示した別の実施形態では、第 2 のサブシステム 164 の希釀流 172 をさらに脱塩するために第 1 のサブシステム 162 に供給して戻す。すなわち、希釀流 172 を上水に使用又は消費するのではなく、その希釀流 172 を第 1 のサブシステム 162 でさらに脱塩処理してもよい。SCD ユニットが充電作動モードにあるときに SCD ユニットから生成した希釀流を第 2 の RO ユニット 180 の入力として戻す。この実施形態で、希釀流をさらに処理することが可能になる。さらに、この実施形態では、第 2 のサブシステムにおけるきれいな水の貯蔵又は廃棄の必要性が低減する。この作動構成は、第 1 のサブシステムが水処理及び上水生産プラントであり、第 2 のサブシステムが生成し得る上水（希釀流）を管理しなければならぬのではなく濃縮水を処理及び管理する場合に有用であり得る。第 1 のサブシステムでの処理後、第 2 の希釀流 172 は第 1 の希釀流 168 と共にきれいな水として使用し得る。

【0086】

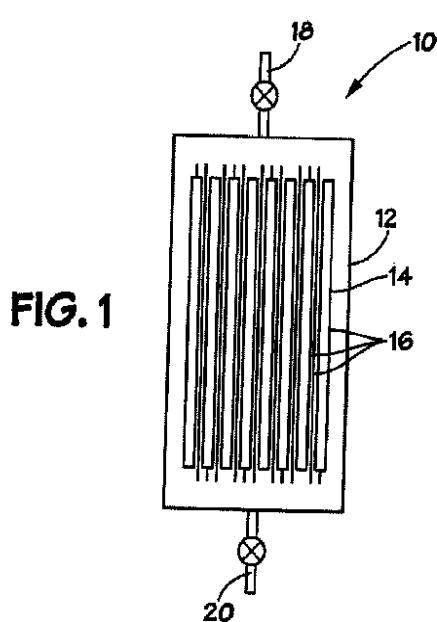
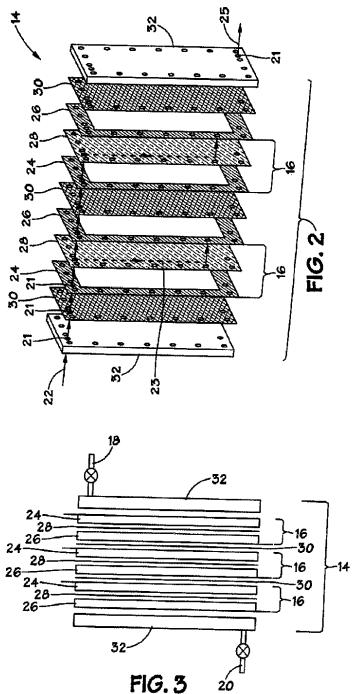
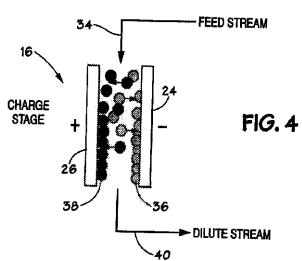
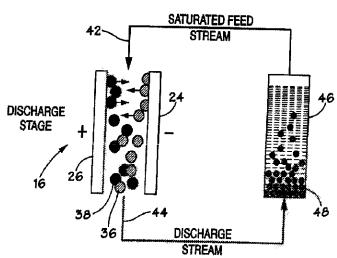
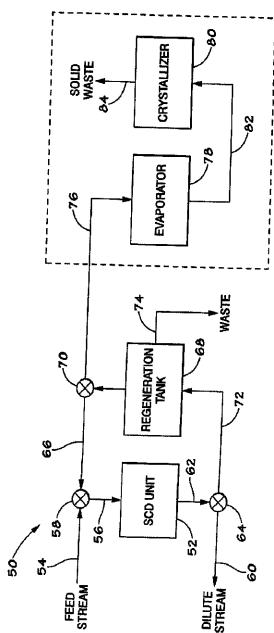
本明細書に記載した実施形態は特許請求の範囲に記載の本発明の要素に対応する要素を有する組成物、構造、システム及び方法の例である。この記載により、当業者は、特許請求の範囲に記載の本発明の要素に同様に対応する代わりの要素を有する実施形態を実施し使用することが可能になるであろう。従って、本発明の範囲には、特許請求の範囲の文言と異なる組成物、構造、システム及び方法が含まれ、さらに特許請求の範囲の文言と実質的な差のない他の構造、システム及び方法が含まれる。本明細書では幾つかの特徴と実施形態のみを例示し記載したが、当業者には多くの修正及び変更が自明であろう。特許請求の範囲はかかる修正及び変更の全てを包含する。

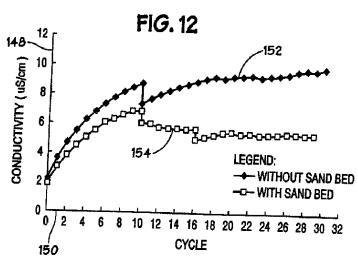
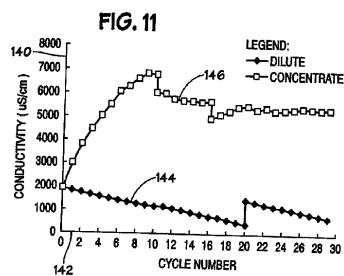
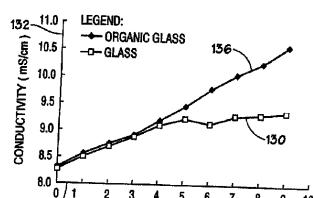
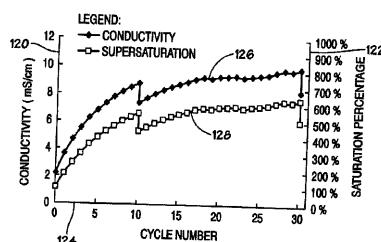
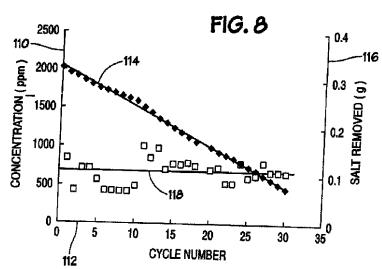
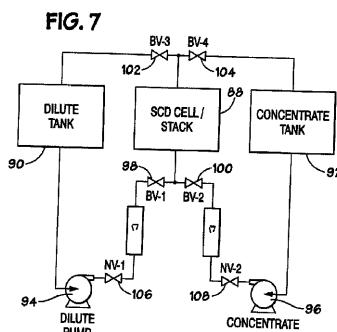
10

20

30

40

**FIG. 1****FIG. 2****FIG. 3****FIG. 4****FIG. 5****FIG. 6**



【図1】

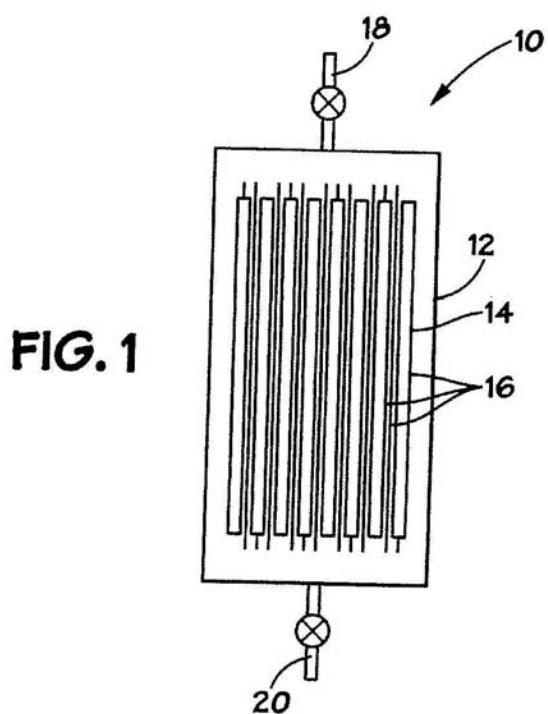


FIG. 1

【図2】

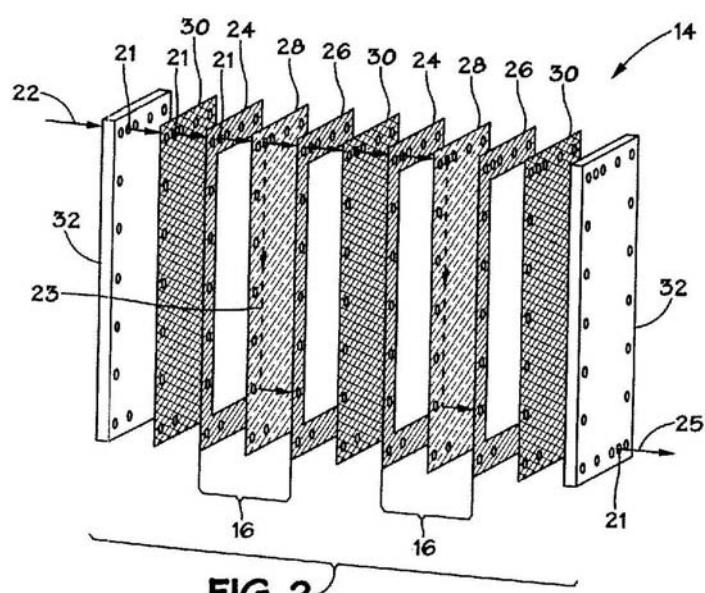
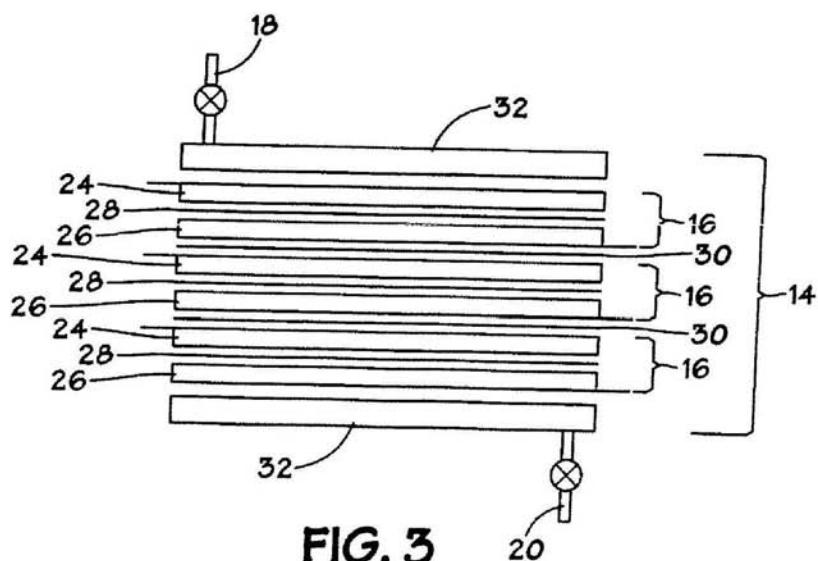
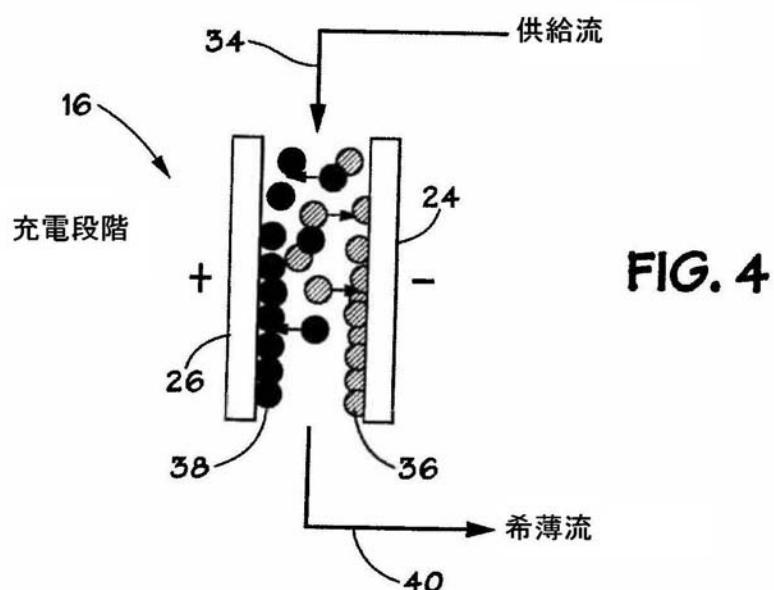


FIG. 2

【図3】



【図4】



【図 5】

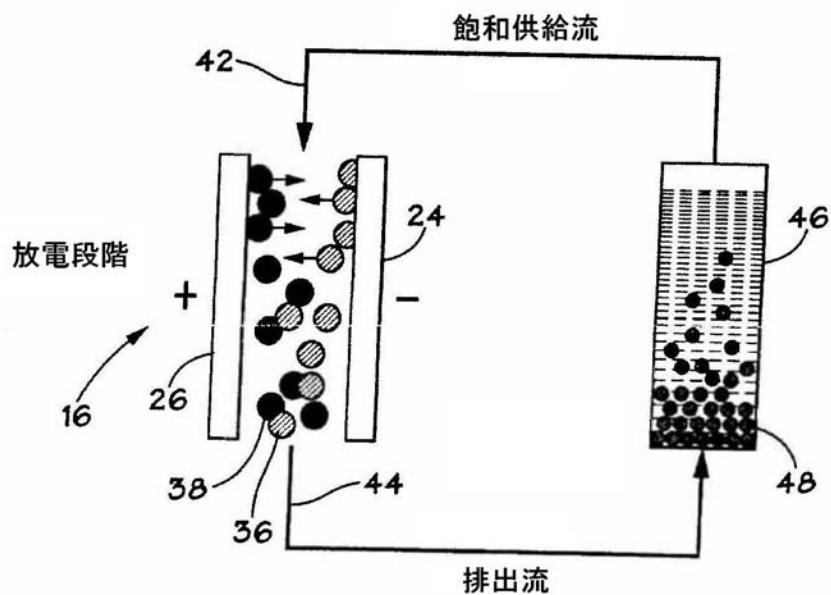


FIG. 5

【図 6】

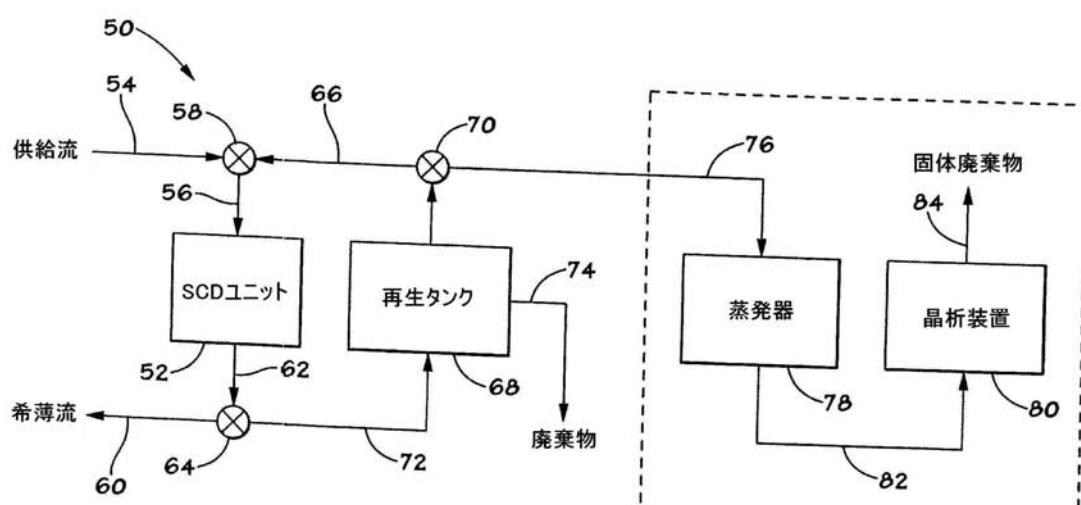
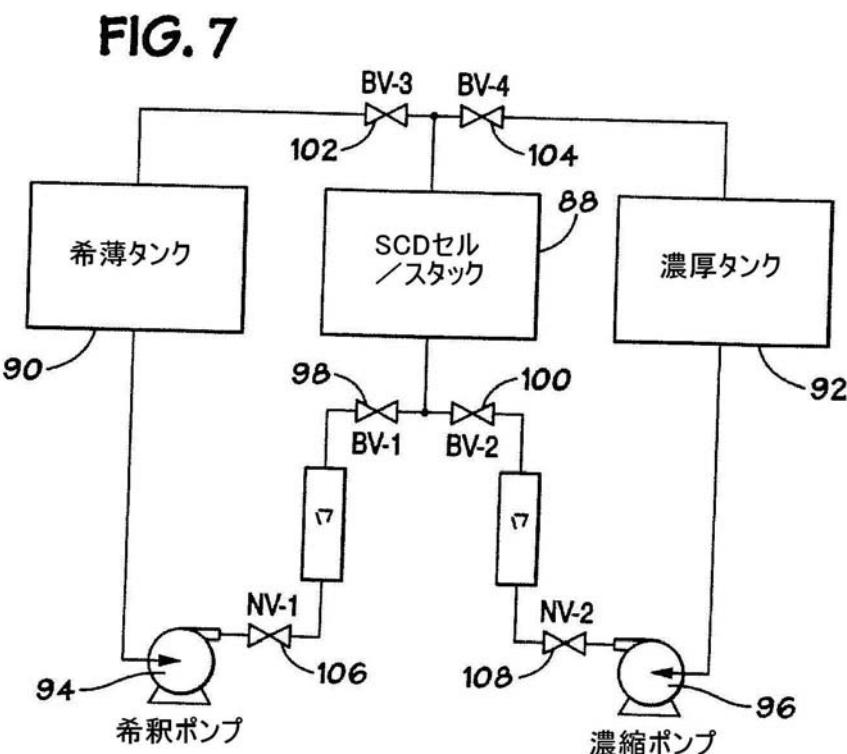
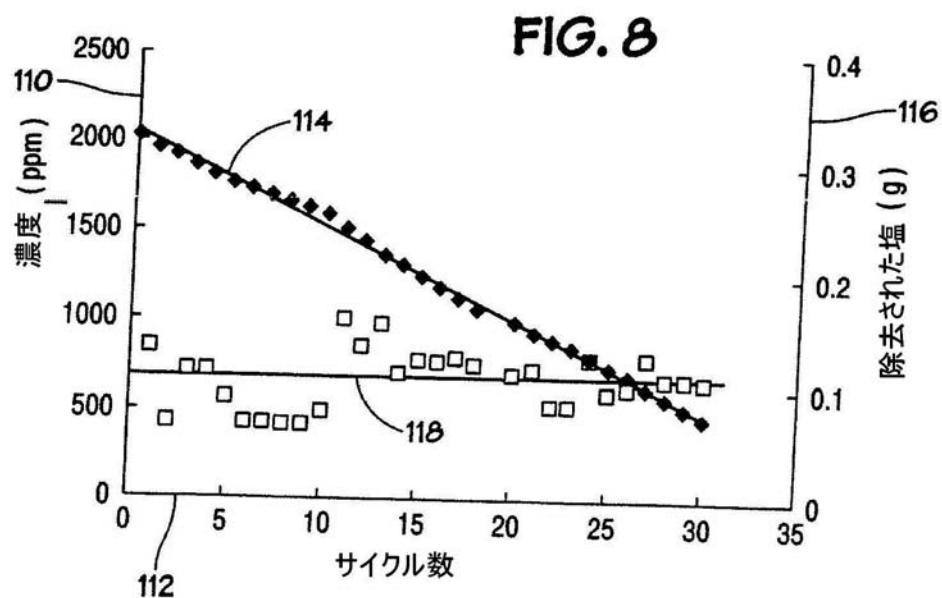


FIG. 6

【図 7】



【図 8】



【図 9】

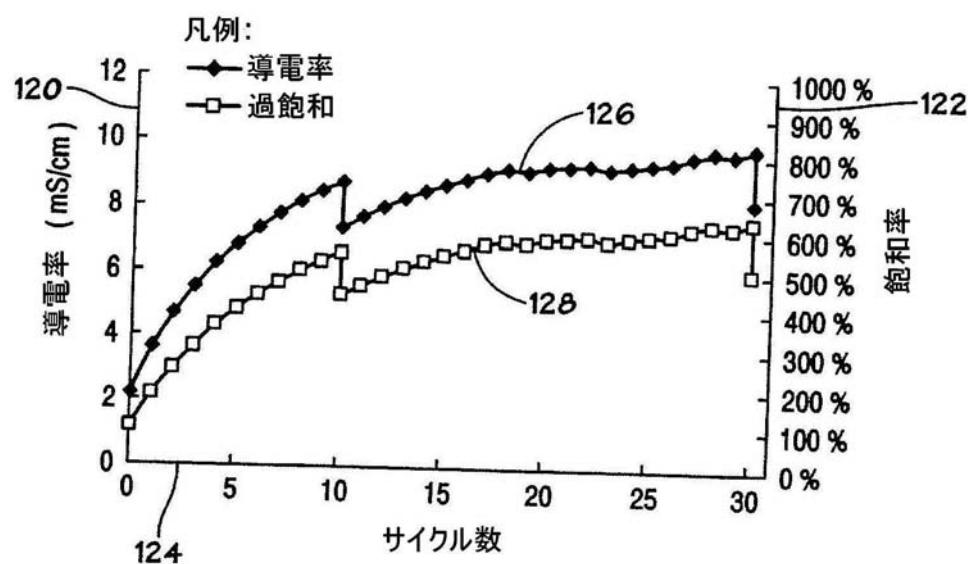


FIG. 9

【図 10】

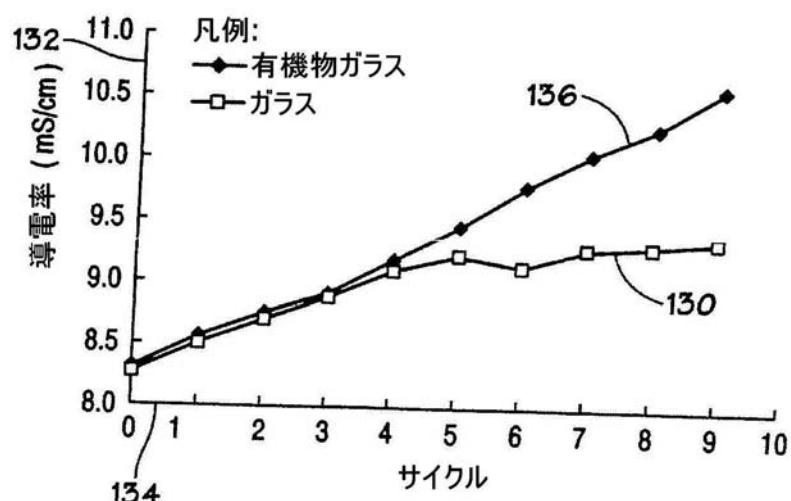
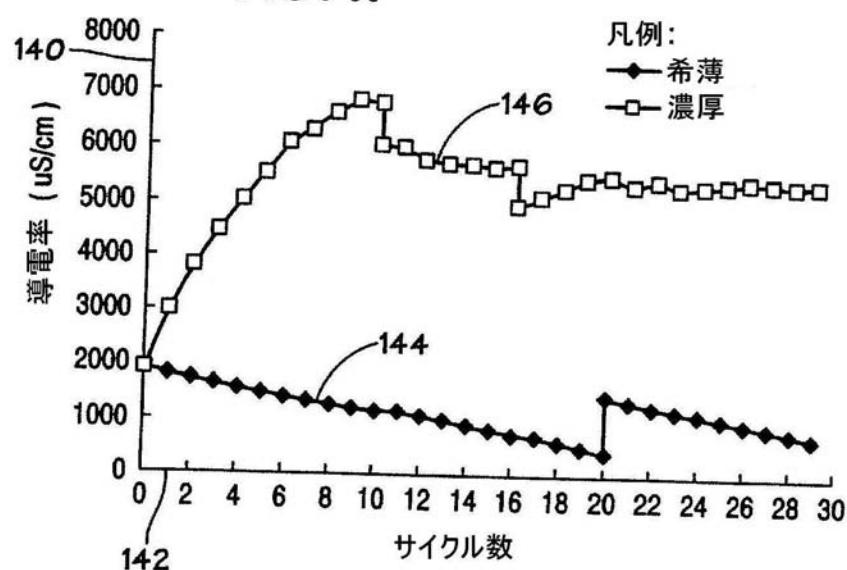


FIG. 10

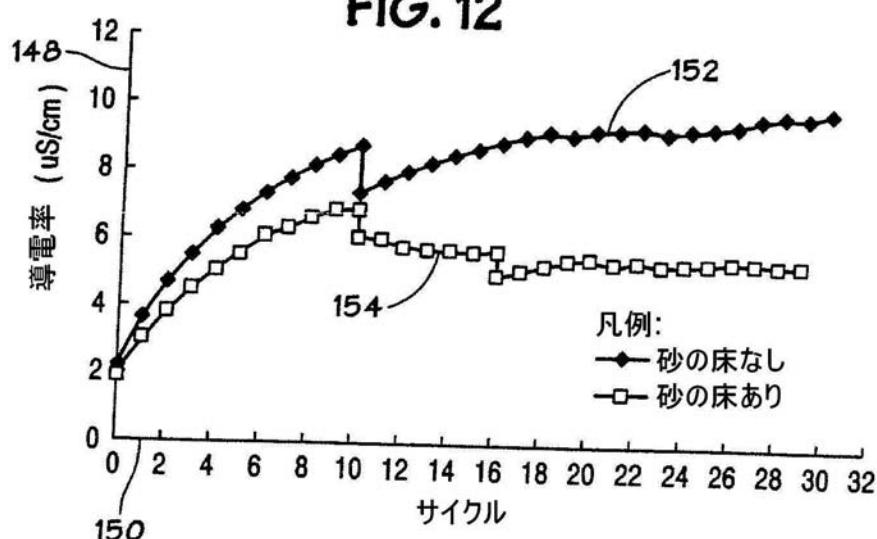
【図 1 1】

FIG. 11



【図 1 2】

FIG. 12



【図 13】

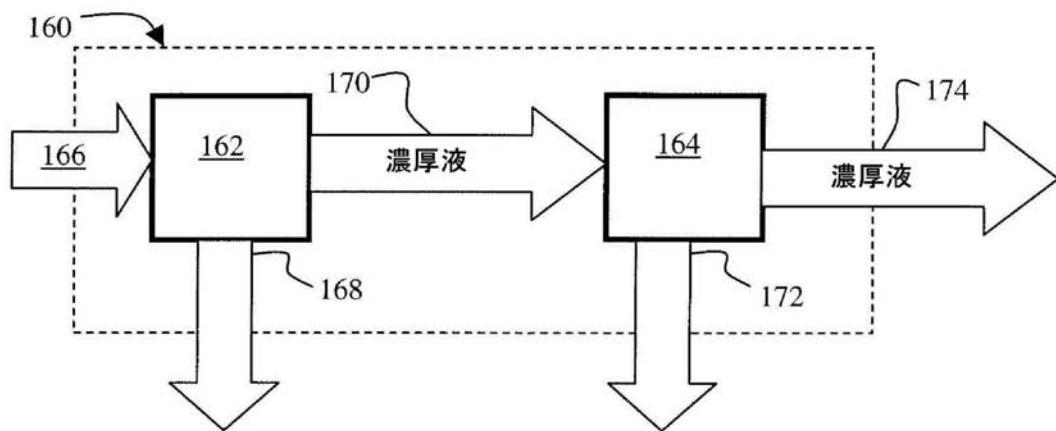


FIG. 13

【図 14】

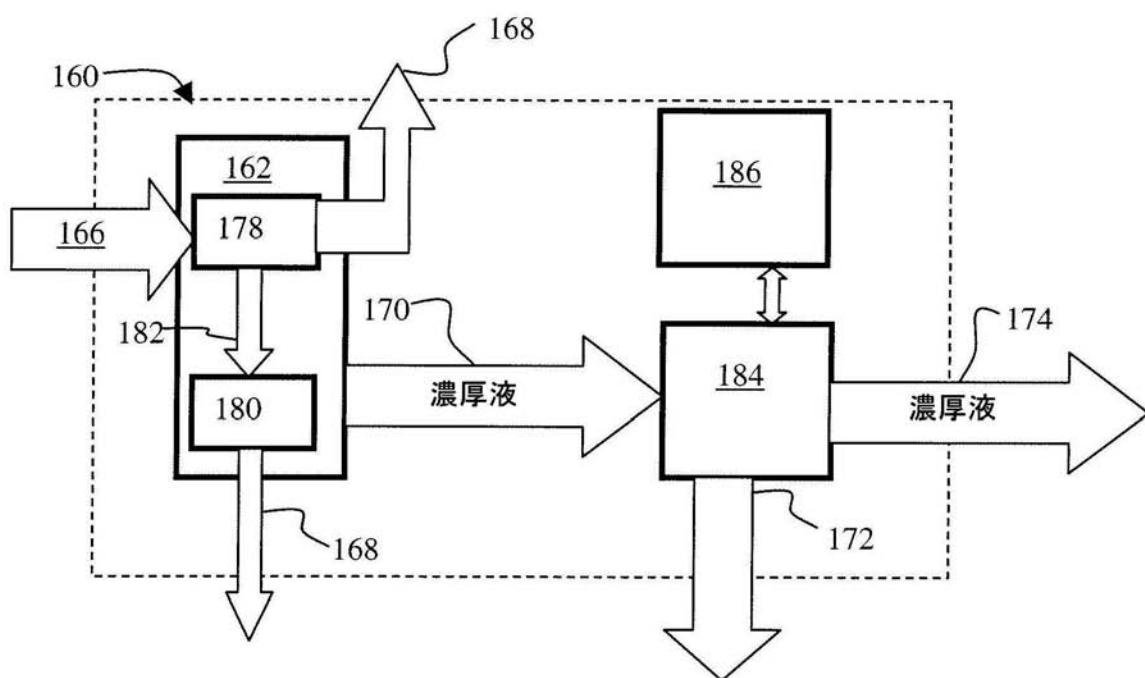


FIG. 14

【図 15】

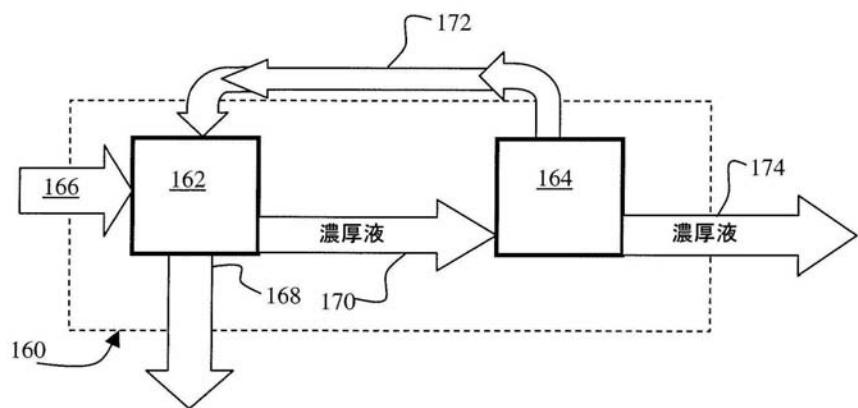


FIG. 15

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2007/088518
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C02F1/46		
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) C02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 348 670 A (LUXON ENERGY DEVICES CORP [TW]) 1 October 2003 (2003-10-01) paragraph [0018]; claims 1-30; figures 1-3 paragraph [0020] - paragraph [0021]	1-60
X	US 5 779 891 A (ANDELMAN MARC D [US]) 14 July 1998 (1998-07-14) column 1, line 30 - line 36; figures 14,15 column 12, line 1 - column 13, line 61 column 8, line 14 - line 25	1-60
X	US 2005/103634 A1 (ANDELMAN MARC D [US] ET AL) 19 May 2005 (2005-05-19) paragraph [0071]; claims 1-28; figures 10-13 paragraph [0084] - paragraph [0085]	1-60
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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.</p> <p>"I" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the International search report	
28 May 2008	05/06/2008	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer Oenhausen, Claudia	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No PCT/US2007/088518
C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/130851 A1 (FARIS SADEG M [US]) 8 July 2004 (2004-07-08) paragraph [0002] – paragraph [0003]; figures 1,2 paragraph [0022] – paragraph [0024]	1-60
X	US 2002/154469 A1 (SHIUE LIH-REN [TW] ET AL) 24 October 2002 (2002-10-24) paragraph [0006]; figures 1-4 paragraph [0009] paragraph [0025]	1-60
X	US 6 309 532 B1 (TRAN TRI D [US] ET AL) 30 October 2001 (2001-10-30) column 7, line 43; figures 3-5,7,10,23,30 column 12, line 6 – line 53 column 17, line 21 – column 18, line 20	1-60
P,X	WO 2007/070594 A (GEN ELECTRIC [US]; WANG SHENGXIAN [CN]; WEI CHANG [US]; CAO LEI [CN];) 21 June 2007 (2007-06-21) the whole document	1-60
P,X	WO 2007/087274 A (UNIV CALIFORNIA [US]; BOURCIER WILLIAM L [US]; AINES ROGER D [US]; HAS) 2 August 2007 (2007-08-02) the whole document	1-60

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2007/088518

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1348670	A	01-10-2003		NONE		
US 5779891	A	14-07-1998		NONE		
US 2005103634	A1	19-05-2005		NONE		
US 2004130851	A1	08-07-2004		NONE		
US 2002154469	A1	24-10-2002		NONE		
US 6309532	B1	30-10-2001		NONE		
WO 2007070594	A	21-06-2007	US	2008105551 A1		08-05-2008
WO 2007087274	A	02-08-2007	US	2007170060 A1		26-07-2007

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 01 D 61/44 C 02 F 1/04	(2006.01)	B 01 D 61/44 500 C 02 F 1/04 A

(81) 指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,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,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72) 発明者 ケイ , ウエイ

中国、201300、シャンハイ、ナンハイ・アリーナ、ファン・ロード、2688番、アパートメント160-402

(72) 発明者 ロルチゴ , フィリップ・マシュー

アメリカ合衆国、12065、ニューヨーク州、クリフトンパーク、ストーニー・ハイツ・コート、13番

(72) 発明者 ウェイ , チャン

アメリカ合衆国、12309、ニューヨーク州、ニスカユナ、ノース・ウッド・コート、1013番

(72) 発明者 ジョン , リホア

中国、200433、シャンハイ、ヤングブ・アリーナ、ジェンリ・ロード、711番、アパートメント27-301

(72) 発明者 ツァオ , ライ

中国、250023、ジンアン、ウェスト・ジャオジャオ・ロード、クアングシャン・アリーナ、ビルディング8、ルーム101

(72) 発明者 デュー , ュー

中国、201203、シャンハイ、プドン、カイ・ルン・ロード、1800番

F ターム(参考) 4D006 GA03 GA17 JA56Z JA57Z JA71 KA01 KA16 KA17 KA72 KB01

KB14 KB18 KB20 KE30R PA01 PB03 PB04 PB27 PB28

4D034 AA01 BA03 CA12

4D061 DA04 DB13 DB18 DC13 DC17 DC19 EA02 EA04 EA09 EB01

EB02 EB05 EB13 EB17 EB20 EB27 EB29 EB30 EB31 EB35

EB39 FA02 FA09 FA11 FA13 FA14 FA20 GC16