

(11) 特許出願公開番号

特開2017-137754

(P2017-137754A)

(43) 公開日 平成29年8月10日(2017.8.10)

(51) Int. Cl.
E 2 1 B 4/04 (2006.01)

F 1
E 2 1 B 4/04

テーマコード (参考)
2D129

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 65 頁)

(21) 出願番号	特願2017-23285 (P2017-23285)	(71) 出願人	513295777
(22) 出願日	平成29年2月10日 (2017. 2. 10)		ファーストキャップ・システムズ・コーポレーション
(62) 分割の表示	特願2014-522894 (P2014-522894) の分割		FastCAP SYSTEMS Corporation
原出願日	平成24年7月19日 (2012. 7. 19)		アメリカ合衆国02210マサチューセッツ州ボストン、ドライドック・アベニュー21番、エイス・フロア
(31) 優先権主張番号	PCT/US2012/045994	(74) 代理人	100100158
(32) 優先日	平成24年7月9日 (2012. 7. 9)		弁理士 鮫島 睦
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100132252
(31) 優先権主張番号	61/619, 203		弁理士 吉田 環
(32) 優先日	平成24年4月2日 (2012. 4. 2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/569, 010		
(32) 優先日	平成23年12月9日 (2011. 12. 9)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 ダウンホール機器のための電源

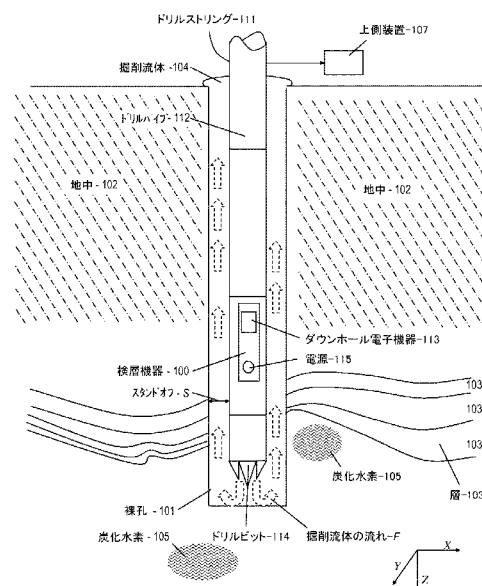
(57) 【要約】

【課題】周囲環境温度から約200℃まで又はそれより高温にわたる温度の環境における電力ダウンホールを提供する方法および装置を提供する。

【解決手段】一の実施形態において、ダウンホール工具に電力を供給するようになっている電源が開示される。電源は、制御回路と、約80℃～約210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されたエネルギー源を含む。エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機の少なくとも1つを含んでよい。制御回路は、エネルギー源から電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するように構成されてよい。

【選択図】 図1

Fig. 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダウンホール工具に電力を供給するようになっている電源であって、
制御回路と、約 80℃～約 210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されたエネルギー源
を含み、

前記エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機、エネルギー源から電気エネルギーを受け取って前記エネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するための制御回路の少なくとも 1 つを含む、電源。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書において開示される発明は、石油およびガスならびに他の地下資源の探鉱に関し、特に、ダウンホール (down hole) 環境における機器に電力を供給するための電源に関する。

【背景技術】

【0002】

石油およびガスの探鉱において、地中に裸孔を掘削することが必要である。裸孔を掘削することにより、個人および企業が地下 (または下部表面、sub-surface) の物質を評価すること及び所望の炭化水素を取り出すことが可能となる一方で、多数の問題に遭遇する。

20

【0003】

例えば、「(採掘が) 容易な石油 (easy oil)」が一般になくなったことはよく知られている。探鉱は現在、以前より更に深いところを探索することを必要とする。このことは、より一層深い掘削を必要とし、従って、200℃から300℃まで又は300℃を超える温度の環境等の厳しい環境への掘削を必要とする。一般に、今日における機器類は、そのような環境における作動に対して作製されておらず、この範囲内の周囲温度に達する前に故障するだろう。

【0004】

30

ダウンホール機器類の複雑さが増大していることがこの問題を更に複雑にしている。即ち、科学技術が向上し続けるにつれて、探鉱は以前より多くの機器類を利用するようになっている。この使用により、電力ダウンホール (power down hole) の需要が増大している。

【0005】

不運なことに、公知の解法の多くは実質的欠点を有する。例えば、様々な種類の電池は高温で突発的に故障し、それにより機器類を破壊し得る。更に、そのような電池は多くの場合、再充電可能でなく、また、極めて高価である。

【0006】

周囲環境温度から約 200℃まで又はそれより高温にわたる温度の環境における電力ダウンホールを提供する方法および装置が必要とされる。好ましくは、方法および装置は、エネルギー貯蔵に加えて発生能力を有し、それにより、厳しい環境における作動の持続時間の拡大をもたらし得る。更にまた、所有し且つ維持するのに経済的な解法を有することが好ましいだろう。

40

【発明の概要】

【0007】

一の実施形態において、ダウンホール工具に電力を供給するようになっている電源が開示される。電源は、制御回路と、約 80℃～約 210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されたエネルギー源を含む。エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具に

50

よって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機の少なくとも1つを含んでよい。制御回路は、エネルギー源から電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するように構成されてよい。

【0008】

もう1つの実施形態において、ダウンホール工具の電源の製造方法が開示される。方法は、少なくとも1つのエネルギー源、約80℃～約210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体、および発生機からの電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するようになっている制御回路を選択すること；ならびにエネルギー源、制御回路およびエネルギー貯蔵体をダウンホール工具に組み込んで電源を提供することを含む。

10

【0009】

更にもう1つの実施形態において、ダウンホール工具に電力を供給する方法が開示される。方法は、制御回路と、約80℃～約210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される高温で再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されるエネルギー源を備える電源を含む工具を選択することを含む。エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機の少なくとも1つを含む。制御回路は、エネルギー源からの電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するように構成されてよく、電源からの電力を、ダウンホール工具を備える負荷に供給するように構成されてよい。

20

【0010】

本発明とみなされる主題を特に指摘し、本明細書の末尾における特許請求の範囲において明確に主張する。

本発明の上述の及び他の特徴および利点は、添付の図面と一緒に理解される下記の詳細な説明から明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、検層機器を含むドリルストリングの一例示的实施形態を図示する。

【図2】図2は、ワイヤラインにより展開される機器による検層の一例示的实施形態を図示する。

30

【図3】図3は、例示的ウルトラキャパシタの態様を図示する。

【図4】図4は、例示的ウルトラキャパシタに含まれてよいカチオンの一次構造の実施形態を表す。

【図5】図5は、例示的ウルトラキャパシタのハウジングの一例示的实施形態を表す。

【図6】図6は、例示的キャパシタの貯蔵セルの一例示的实施形態を図示している。

【図7】図7は、ハウジングのボディ（または本体）の内部に配置された障壁を表す。

【図8】図8Aおよび8B（本明細書においてまとめて図8とよぶ）は、ハウジングのキャップの態様を表す。

【図9】図9は、本明細書における教示事項によるウルトラキャパシタの組み立てを表す。

40

【図10】図10Aおよび10B（本明細書においてまとめて図10とよぶ）は、障壁のない実施形態および障壁を含む同様の実施形態のそれぞれのウルトラキャパシタの性能を表すグラフである。

【図11】図11は、包装部材（wrapper）として貯蔵セルの周りに配置される障壁を表す。

【図12】図12A、12Bおよび12C（本明細書においてまとめて図12とよぶ）は、多層材料を含むキャップの実施形態を表す。

【図13】図13は、ガラス-金属シールを含む電極部品（electrode assembly）の断面図である。

【図14】図14は、図12Bのキャップに取り付けられた図13の電極部品の断面図で

50

ある。

【図 1 5】図 1 5 は、組み立て工程におけるエネルギー貯蔵セルの配置を表す。

【図 1 6】図 1 6 A、1 6 B および 1 6 C（本明細書においてまとめて図 1 6 とよぶ）は、組み立てられたエネルギー貯蔵セルの実施形態を表す。

【図 1 7】図 1 7 は、電極部品の表面におけるポリマー絶縁の使用を表す。

【図 1 8】図 1 8 A、1 8 B および 1 8 C（本明細書においてまとめて図 1 8 とよぶ）は、エネルギー貯蔵体のキャップのもう 1 つの実施形態の型板（または鋳型もしくはテンプレート）の態様を表す。

【図 1 9】図 1 9 は、半球形の材料を含む電極部品の斜視図である。

【図 2 0】図 2 0 は、図 1 8 の型板に取り付けられた図 1 9 の電極部品を含むキャップの斜視図である。

10

【図 2 1】図 2 1 は、図 2 0 のキャップの断面図である。

【図 2 2】図 2 2 は、円筒形ハウジングに配置されるエネルギー貯蔵セルの透明等角図である。

【図 2 3】図 2 3 は、巻かれた貯蔵セルへと巻かれる前のエネルギー貯蔵セルの one の実施形態の等角図法である。

【図 2 4】図 2 4 は、 one の実施形態の種々の層を示す、貯蔵セルの側面図である。

【図 2 5】図 2 5 は、複数のリード線を配置するための基準マークを含む巻かれた貯蔵セルの等角図である。

【図 2 6】図 2 6 は、巻かれる前の、基準マークを有する図 2 5 の貯蔵セルの等角図である。

20

【図 2 7】図 2 7 は、複数のリード線を含む巻かれた貯蔵セルを表す。

【図 2 8】図 2 8 は、貯蔵セルに連結された配列されたリード線（即ち端子）に与えられた Z 折り（Z-fold）を表す。

【図 2 9】図 2 9 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 0】図 3 0 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 1】図 3 1 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 2】図 3 2 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 3】図 3 3 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 4】図 3 4 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

30

【図 3 5】図 3 5 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 6】図 3 6 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 7】図 3 7 は、例示的ウルトラキャパシタの性能の態様を表すグラフである。

【図 3 8】図 3 8 は、発生機およびウルトラキャパシタを含む電源の one の実施形態を表す。

。

【図 3 9】図 3 9 は、変位発生機の一の実施形態の態様を表す。

【図 4 0】図 4 0 は、検層機器に取り付けられた、図 3 9 に示す複数の発生機の一の実施形態を表す。

【図 4 1】図 4 1 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【図 4 2】図 4 2 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

40

【図 4 3】図 4 3 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【図 4 4】図 4 4 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【図 4 5】図 4 5 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【図 4 6】図 4 6 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【図 4 7】図 4 7 は、電源の制御回路の実施形態を表す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ダウンホール環境における使用に適合した電源の種々の構成が本明細書において開示される。電源は、高温環境における発電を使用者に提供する。電源に関する背景を提示するために、いくつかの背景的情報および定義を提示する。

50

【0013】

ここで、裸孔101（「ボーリング穴」とも称する）を掘削する装置の態様を示す図1を参照されたい。慣例上、裸孔101の深さはZ軸に沿って記載され、一方、断面は、X軸およびY軸によって記載される平面に設けられる。

【0014】

この例において、裸孔101は、とりわけ回転エネルギーおよび下方への力を提供するドリリングリグ（または掘削リグ）（図示せず）によって駆動されるドリルストリング111を用いて地中102へと掘削される。裸孔101は一般に、地下の物質を横断し、それは種々の層（または地層）103（層103A、103B、103Cとして示される）を含み得る。当業者は、地下環境において遭遇し得る種々の地質学的特徴を「層（または地層）」と称してよいこと、およびボーリング穴（即ちダウンホール）の下方の物質の配列を「地下物質」と称してよいことを認識するだろう。即ち、層103は地下物質から形成される。従って、本明細書において用いられるように、用語「層」が一般に地質学的層を指す一方で、「地下物質」は任意の物質を含み、固体、流体、気体、液体等の物質を含んでよいことを考慮すべきである。

10

【0015】

この例において、ドリルストリング111は、ドリルビット114を駆動するドリルパイプ112の長さを含む。ドリルビット114は、掘削泥水等の掘削流体104の流れももたらす。掘削流体104はしばしば、ドリルパイプ112を通じてドリルビット114へとポンプで送られ、そこで流体は裸孔101へ出る。これにより、裸孔101内の掘削流体104の上方向の流れ（F）がもたらされる。上方向の流れ（F）は一般に、ドリルストリング111およびその構成要素を冷却し、ドリルビット114から切削物を運び去り、加圧された炭化水素105の噴出を防止する。

20

【0016】

掘削流体104（「掘削泥水」とも称する）は一般に、水等の液体、掘削流体、泥水、油（または石油）、気体、および周囲環境に固有であってよい層の流体（formation fluid）の混合物を含む。掘削流体104が掘削操作のために導入されてよいが、掘削流体104の使用および存在は、検層操作に必要ではなく、検層操作から必ずしも除外されない。一般に、物質の層は、ドリルストリング111の外側表面と裸孔101の壁との間に存在するだろう。この層は、「スタンドオフ（stand off）層」とよばれ、「スタンドオフ、S」とよばれる厚さを有する。

30

【0017】

ドリルストリング111は一般に、「掘削中の測定」（MWD）（「掘削中の検層」（LWD）とも称する）を実施する装置を含む。MWDまたはLWDを実施することは一般に、ドリルストリング111に組み込まれ且つ掘削中の操作のために設計された検層機器100の操作を必要とする。一般に、MWDを実施するための検層機器100は、ドリルストリング111にも取り付けられた電子機器パッケージに接続され、従って、「ダウンホール電子機器113」とよばれる。一般に、ダウンホール電子機器113は、操作制御およびデータ解析の少なくとも一方を提供する。しばしば、検層機器100およびダウンホール電子機器113は、上側（またはトップサイド）装置107に接続される。上側装置107は、更なる制御操作に含まれてよく、より優れた解析能力およびデータ・ロギング（または検層）等を提供してよい。通信チャネル（図示せず）が上側装置107との通信のために設けられてよく、パルスマッド、ワイヤードパイプおよび当該技術分野において公知の他の技術を介して作動してよい。

40

【0018】

一般に、MWD装置からのデータは、向上した性能を使用者に提供する。例えば、MWDの発展により利用可能になったデータは、地中における操縦（geosteering）（即ち、掘削プロセス中のドリルストリング111の操縦）等に対する入力として有用であり得る。

【0019】

50

ここで図2を参照して、裸孔101のワイヤライン検層のための例示的検層機器100を示す。慣例上、裸孔101の深さはZ軸に沿って記載され、一方、断面はX軸およびY軸によって記載される平面に設けられる。検層機器100による検層に先立って、裸孔101が、図1に示す掘削装置等の掘削装置を用いて地中102へと掘削される。

【0020】

いくつかの実施形態において、裸孔101は、少なくともある程度まで、掘削流体104で満たされた。掘削流体104（「掘削泥水」とも称する）は一般に、水等の液体、掘削流体、泥水、油（または石油）、気体、および周囲環境に固有であってよい層の流体（*formation fluid*）の混合物を含む。掘削流体104が掘削操作のために導入されてよいが、掘削流体104の使用および存在は、ワイヤライン検層中の検層操作に必要ではなく、ワイヤライン検層中の検層操作から必ずしも除外されない。一般に、物質の層は、検層機器100の外側表面と裸孔101の壁との間に存在するだろう。この層は「スタンドオフ層」とよばれ、「スタンドオフ、S」とよばれる厚さを有する。

【0021】

一般に、検層機器100は、デリック106または同様の装置によって展開されるワイヤライン108を用いて裸孔101の中へと降下する。一般に、ワイヤライン108は、荷重支持ケーブル等の懸架装置および他の装置を含む。他の装置として、電源、通信リンク（配線または光学等）および他のそのような装置が含まれてよい。一般に、ワイヤライン108は、サービス（または供給）トラック109または他の同様の装置（サービスステーション（または給油所）、基地局等）から搬送される。しばしば、ワイヤライン108は上側装置107に接続される。上側装置107は、検層機器100に電力を供給してよく、また、操作の制御およびデータの解析の少なくとも一方に計算および処理能力をもたらしてよい。

【0022】

一般に、検層機器100は電源115を含む。電源115は、必要に応じてダウンホール電子機器113（即ち、電力を消費するデバイス）に電力を供給してよい。一般に、ダウンホール電子機器113は、測定を提供し、サンプリングを行い、また、炭化水素105の存在を位置決定し、探知し且つ条件付けするのに望ましい他の連続を行う。

【0023】

概観として、電源115は一般に、電氣的貯蔵および電氣的出力を発生させるための発生機を含む。エネルギー貯蔵は、任意の種類の実行可能な技術を含んでよい。種々の実施形態において、エネルギー貯蔵（またはエネルギー貯蔵体）は少なくとも1つのウルトラキャパシタ（これは図3を参照して以下に説明される）を含む。一般に、各々の場合において、エネルギー貯蔵体は高温で再充電可能なエネルギー貯蔵体（HTRES）を提供する。いくつかの実施形態において、HTRESは、約80℃～約210℃の温度範囲内の温度における操作に対して構成される。

【0024】

HTRESの追加の実施形態は、化学電池、例えばアルミニウム電解コンデンサ、タンタルキャパシタ、セラミックおよび金属フィルムキャパシタ、ハイブリッドキャパシタ、磁気エネルギー貯蔵体、例えば空気コアまたは高温コア材料誘導子（またはインダクタ）を含むが、これらに限定されない。更に適切であってよい他の種類のものとして、例えば、ばね車、ばねシステム、ばね-質量システム、質量システム、熱容量システム（例えば、高い熱容量の液体または固体または相変化材料をベースとするもの）、水力または空気圧システム等の機械的エネルギー貯蔵デバイスが含まれる。一例として、Evans Capacitor Company Providence（米国ロードアイランド州）から入手可能である高温ハイブリッドキャパシタ（部品番号HC2D060122 DSCC10004-16、125℃で評価される）が挙げられる。もう1つの例として、Evans Capacitor Company Providence（米国ロードアイランド州）から入手可能である高温タンタルキャパシタ（部品番号HC2D050152HT、200℃で評価される）が挙げられる。更にもう1つの例として、EPCOS

(独国ミュンヘン)から入手可能であるアルミニウム電解コンデンサ(部品番号B41691A8107Q7、150℃で評価される)が挙げられる。更にもう1つの例として、Panasonic(日本国東京)から入手可能である誘導子(部品番号ETQ-P5M470YFM、150℃で評価される)が挙げられる。追加の実施形態は、Safte(仏国パニョレ)から入手可能であり(部品番号L-ion VL 32600-125)、30サイクルの充放電と共に125℃まで作動し、また、Solid Energy(マサチューセッツ州ケンブリッジ)のSadoway(ハンガリー)と共に実験段階にある、約250℃まで(実験的に)操作可能なリチウムイオン電池が挙げられる。

【0025】

議論のため、本明細書において論じられる電源115の実施形態は高温ウルトラキャパシタの使用を含むが、これは、電源115のエネルギー貯蔵体において含まれてよい技術限定するものではない。高温エネルギー貯蔵体として用いるのに適したウルトラキャパシタの例示的態様をここで導入する。

【0026】

広範囲の温度にわたる向上した性能を使用者に提供するキャパシタが本明細書において開示される。例えば、キャパシタは、約-40℃の低温から約210℃の高温に及ぶ温度において操作可能であってよい。いくつかの実施形態において、キャパシタは約80℃から約210℃の高温に及ぶ温度で操作可能である。

【0027】

一般に、キャパシタは、従来技術のデバイスと比較した際に高電力密度および高エネルギー密度を提供するようになっているエネルギー貯蔵媒体を含む。キャパシタは、温度範囲にわたる操作を確保するように構成される構成要素を含み、温度範囲に関して同様に評価される電解質の種々の形態のいずれか1つ以上を含む。構造、エネルギー貯蔵媒体および電解質の組み合わせは、極限的な条件下でのロバスト性の操作を提供する機能をもたらす。いくつかの全体像を提示するために、一の例示的実施形態の態様をここで導入する。

【0028】

図3に示すように、キャパシタの一の例示的実施形態が示される。この場合において、キャパシタは「ウルトラキャパシタ10」である。例示的ウルトラキャパシタ10は、電気二重層キャパシタ(EDLC)である。EDLCは、少なくとも1対の電極3を含む(電極3は、個別に「負極3」および「正極3」の一方でよんでよいが、これは単に本明細書において言及する目的のためである)。ウルトラキャパシタ10へと組み立てられたとき、電極3の各々は電解質界面における電荷の二重層を示す。いくつかの実施形態において、複数の電極3が含まれる(例えば、いくつかの実施形態において、少なくとも2対の電極3が含まれる)。議論のために、1対の電極3のみが示される。本明細書において、常套的には、電極3の少なくとも1つは、エネルギー貯蔵をもたらすために炭素ベースのエネルギー貯蔵媒体1(本明細書において更に論じられる)を用いる。但し、議論のために、電極の各々は炭素ベースのエネルギー貯蔵媒体1を含むことが一般に想定される。電解コンデンサにおいて、金属電極の面積は通常、非常に(少なくとも1桁)異なるので、電解コンデンサはウルトラキャパシタとは異なることに留意すべきである。

【0029】

電極3の各々は、集電体2(「電荷収集体(charge collector)」ともよぶ)をそれぞれ含む。いくつかの実施形態において、電極3はセパレータ5によって隔離される。一般に、セパレータ5は、負極3を正極3から隔離するのに用いられる薄型構造材料(通常はシート)である。セパレータ5は、電極3の対を隔離する働きをしてもよい。組み立てられると、電極3およびセパレータ5は貯蔵セル12を提供する。いくつかの実施形態において、炭素ベースのエネルギー貯蔵媒体1が電極3の一方または両方に含まれなくてよいことに留意されたい。即ち、いくつかの実施形態において、各々の電極3は、集電体2のみから構成されてよい。集電体2を提供するのに用いられる材料は、その表面積を増大させるために、粗面化、陽極酸化等がされ得る。これらの実施形態において、集電体2は単独で電極3として機能してよい。但し、この点を考慮した上で、本明細

10

20

30

40

50

書において用いられる場合、用語「電極 3」は一般に、エネルギー貯蔵媒体 1 および集電体 2 の組み合わせを指す（但し、上述の理由によりこれに限定されない）。

【0030】

電解質 6 の少なくとも 1 つの形態が、ウルトラキャパシタ 10 に含まれる。電解質 6 は、電極 3 およびセパレータ 5 における空所（void space）ならびに電極 3 とセパレータ 5 との間の空所を満たす。一般に、電解質 6 は帯電したイオンへと分離する物質である。物質を溶解する溶媒が、電解質 6 のいくつかの形態において必要に応じて含まれてよい。電解質 6 は、イオン輸送により電気を伝導する。

【0031】

一般に、貯蔵セル 112 は、巻かれた形または角柱形の一方に成形され、次いで、円筒形または角柱形のハウジング 7 の中に詰められる。電解質 6 が含まれると、ハウジング 7 は密封（または気密シール）されてよい。種々の例において、パッケージはレーザー、超音波および／または溶接技術を用いた技術によって密封される。貯蔵セル 12 の堅固な物理的保護の提供に加えて、ハウジング 7 は、ハウジング 7 内の各々の端子 8 との電氣的連通をもたらすための外部接触子と共に構成される。各々の端子 8 は、今度は、一般にエネルギー貯蔵媒体 1 に連結された導線を通じて、エネルギー貯蔵媒体 1 において貯蔵されるエネルギーに対する電氣的アクセスをもたらす。

【0032】

本明細書において論じられる場合、「密封（または気密シール）」は、その質（即ち漏れ速度）が単位「 $\text{atm} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ 」で定義されるシール（または封止）を指し、その単位は周囲雰囲気圧力および温度における 1 秒当たり 1 立方センチメートルのガス（例えば He ）を意味する。これは、単位「標準 $\text{He} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ 」による表現に対応する。更に、 $1 \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ が $1.01325 \text{ mbar} \cdot \text{L} / \text{秒}$ に等しいことが認識される。一般に、本明細書に開示されるウルトラキャパシタ 10 は、約 $5.0 \times 10^{-6} \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ 以下の漏れ速度を有する密封を提供することができ、約 $5.0 \times 10^{-10} \text{ atm} \cdot \text{cc} / \text{秒}$ 以下の漏れ速度を示してよい。成功した密封の性能は必要に応じて使用者、設計者または製造者によって評価されるべきであること、および「密封」は最終的には、使用者、設計者、製造者または他の当事者（または関係者）によって定義されるべき基準を意味することも考慮される。

【0033】

漏れ（またはリーク）の検出は、例えばトレーサガスの使用により達成されてよい。漏れ検査のためのヘリウム等のトレーサガスの使用は、乾式、急速、正確かつ非破壊の方法であるので好都合である。この技術の一の例において、ウルトラキャパシタ 10 はヘリウムの環境中に置かれる。ウルトラキャパシタ 10 は、加圧ヘリウムに付される。次いで、ウルトラキャパシタ 10 は、ヘリウムの存在を検出可能な検出器（原子吸光ユニット等）に接続された真空チャンバーの中に置かれる。加圧時間、圧力および内部体積を知ることにより、ウルトラキャパシタ 10 の漏れ速度を決定してよい。

【0034】

いくつかの実施形態において、少なくとも 1 つのリード線（本明細書において「タブ」とよんでもよい）は、集電体 2 のそれぞれ 1 つと電氣的に連結される。（ウルトラキャパシタ 10 の極性に従って）複数のリード線を一緒に集めてよく、連結してそれぞれの端子 8 としてよい。次に、端子 8 は、「接触子」（例えばハウジング 7 および外部電極（本明細書において常套的に「フィードスルー」または「ピン」ともよばれる）の一方）とよばれる電氣的アクセスに連結されてよい。図 13、14 および 15 を参照してよい。ここで、エネルギー貯蔵媒体 1 をより一層詳細に考慮されたい。

【0035】

例示的ウルトラキャパシタ 10 において、エネルギー貯蔵媒体 1 はカーボンナノチューブから形成される。エネルギー貯蔵媒体 1 は、例えば、活性炭、炭素繊維、レーヨン、グラフェン、エアロゲル、炭素布およびカーボンナノチューブの複数の形態を含む他の炭素質材料を含んでよい。活性炭電極は、例えば、炭素化合物の炭化により得られる炭素材料

10

20

30

40

50

に対して第1の活性化処理を行うことによって炭素系材料を製造すること、炭素消系材料にバインダーを加えることにより成形体 (formed body) を製造すること、成形体を炭化すること、および最後に炭化された成形体に第2の活性化処理を行うことにより活性炭電極を製造することによって製造され得る。炭素繊維電極は、例えば、表面積の大きい炭素繊維を有する紙 (またはペーパー) または布の予備成形品 (またはプレフォーム) を用いることにより製造され得る。

【0036】

カーボンナノチューブを製造する一の例示的方法において、配列されたカーボンナノチューブの集合体を製造するための装置は、触媒を表面に有する基材上に配列されたカーボンナノチューブを合成するための装置を含む。装置は、触媒の周りの環境を還元ガスの環境にし、触媒または還元ガスの少なくともいずれかを加熱する生成工程を処理する生成ユニット；触媒の周りの環境を原材料ガスの環境にすること及び触媒または原材料ガスのいずれかを加熱することにより、配列されたカーボンナノチューブの集合体を合成する成長工程を処理する成長ユニット；ならびに基材を少なくとも生成ユニットから成長ユニットに移動させる移動ユニットを含む。種々の他の方法および装置が、配列されたカーボンナノチューブの集合体をもたらすのに利用されてよい。

【0037】

いくつかの実施形態において、エネルギー貯蔵媒体1を形成するのに用いられる材料は、純炭素 (および現在存在する又は後に考案される種々の形態の炭素) 以外の材料を含んでよい。即ち、他の材料の種々の配合物がエネルギー貯蔵媒体1に含まれてよい。より具体的には、かつ限定的でない例において、少なくとも1つのバインダー材料がエネルギー貯蔵媒体1において用いられてよいが、このことは、他の材料 (バインダー材料等) の添加を示唆する又は必要とするものではない。但し、一般に、エネルギー貯蔵媒体1は実質的に炭素から形成され、従って、本明細書において「炭素質材料」、「炭素質層」または他の同様の用語でよんでよい。手短に言えば、エネルギー貯蔵媒体1は、主に炭素から形成されるが、エネルギー貯蔵媒体1として所望の機能性をもたらす任意の形態の炭素 (適切である又は許容可能であると考えられる任意の添加剤または不純物) を含んでよい。

【0038】

一組の実施形態において、炭素質材料は少なくとも約60質量%の炭素元素を含み、他の実施形態において少なくとも約75質量%、85質量%、90質量%、95質量%または98質量%の炭素元素を含む。

【0039】

炭素質材料は、カーボンブラック、黒鉛等を含む種々の形態の炭素を含み得る。炭素質材料は、ナノチューブ、ナノロッド、シート形状のグラフェンシート、および／または維体、ロッド、球 (バッキーボール (buckyball)) 等へと成形されたグラフェンシート等のナノ粒子を含む炭素粒子を含み得る。

【0040】

エネルギー貯蔵媒体1において用いるのに適した種々の形態の炭素質材料のいくつかの実施形態が、本明細書において例として提示される。これらの実施形態は、ロバスト性のエネルギー貯蔵媒体を提供し、電極3において用いるのによく適している。これらの例は例示を目的としている、エネルギー貯蔵媒体1において用いるのに適した炭素質材料の実施形態を限定するものではないことに留意するべきである。

【0041】

一般に、用語「電極」は、電気回路に組み込まれてよいデバイスにおける導体であって、非金属であることが多い別の材料に接触するのに用いられる導体を指す。一般に、用語「電極」は、本明細書において用いられる場合、所望の機能性を提供するために集電体2 (エネルギー貯蔵媒体1等) を伴ってよい (例えば、エネルギー貯蔵およびエネルギー伝達を提供するために集電体2と組み合わせられたエネルギー貯蔵媒体1) ので、集電体2および追加の構成要素に関連する。

【0042】

集電体 2 について検討すると、いくつかの実施形態において、集電体 2 は約 0.5 マイクロメートル (μm) ~ 約 25 マイクロメートル (μm) の厚さである。いくつかの実施形態において、集電体 2 は約 20 マイクロメートル (μm) ~ 約 40 マイクロメートル (μm) の厚さである。集電体 2 は、化学蒸着 (CVD)、スパッタリング、e-ビーム、熱蒸発または別の適切な技術によって適用される層等の薄層として現れてよい。一般に、集電体 2 は、その特性 (導電率、電気化学的に不活性であること及びエネルギー貯蔵媒体 1 (例えば CNT) に適合すること等) で選択される。いくつかの例示的材料として、アルミニウム、白金、金、タンタル、チタンが挙げられ、他の材料および種々の合金が含まれ得る。

【0043】

集電体 2 がエネルギー貯蔵媒体 1 (例えば CNT) に接合されると、電極構成要素 15 が実現される。各電極構成要素 15 は、電極 3 として個別に用いられてよく、または少なくとももう 1 つの電極構成要素 15 と連結されて電極 3 がもたらされてよい。

【0044】

セパレータ 5 は、種々の材料から作製されてよい。いくつかの実施形態において、セパレータ 5 は不織ガラスである。セパレータ 5 は、ガラス繊維、セラミック、DuPont Chemicals (デラウェア州ウィルミントン) によって TEFLOON (登録商標) として一般に市販されているポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 等のフッ素ポリマーから作製してもよい。例えば、不織ガラスを用いることにより、セパレータ 5 は、主繊維およびバインダー繊維を含み得、各々のバインダー繊維は各々の主繊維の径より小さい径を有し、主繊維と一緒に結合されるのを可能にする。

【0045】

ウルトラキャパシタ 10 の寿命のため、および高温における性能を保証するために、セパレータ 5 は、不純物の量が低減されるべきであり、特に、セパレータ 5 に含まれる水分量が非常に低減されるべきである。特に、水分が約 200 ppm に制限されることが、化学反応を低減するため及びウルトラキャパシタ 10 の寿命を向上させるため、ならびに高温用途において優れた性能をもたらすために望ましいことがわかった。セパレータ 5 において用いられる材料のいくつかの実施形態としてポリアミド、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、ガラス繊維、およびガラス強化プラスチック (GRP) が挙げられる。

【0046】

一般に、セパレータ 5 に用いられる材料は、含水量、多孔性 (または空隙率)、融点、不純物含有量、結果として生じる電気的性能、厚さ、コスト、利用可能性等に従って選択される。いくつかの実施形態において、セパレータ 5 は、疎水性材料から形成される。

【0047】

従って、過剰の水分が各セパレータ 5 から排除されることを確保するための手順を採用してよい。他の技術の中でも、真空乾燥法を用いてよい。

【0048】

いくつかの実施形態において、ウルトラキャパシタ 10 はセパレータ 5 を必要とせず、あるいはセパレータ 5 を含まないことに留意されたい。例えば、電極 3 が構造の幾何学的形状による物理的離隔を保証されている実施形態等のいくつかの実施形態において、電極 3 の間に電解質 6 のみを有していれば十分である。より具体的には、かつ物理的離隔の一例としては、一そのようなウルトラキャパシタ 10 は、離隔が常に保証されるようにハウジング内に配置された電極 3 を含んでよい。一のベンチトップ (または卓上) の例としては、ピーカーに備え付けられたウルトラキャパシタ 10 が挙げられるだろう。

【0049】

ウルトラキャパシタ 10 は、いくつかの異なる形状因子 (form factor) において具体化されてよい (即ち、特定の外観を示してよい)。潜在的に有用な形状因子の例としては、円筒形のセル、輪状または環状のセル、扁平な (flat) 角柱形のセルまたは箱形のセルを含む扁平な角柱形のセルの積層体、および湾曲した空間等の特定の幾何

10

20

30

40

50

学的形状に適合する形状である扁平な角柱形のセルが挙げられる。円筒形の形状因子は、円筒形の器具または円筒形の形状因子に取り付けられる器具に関連して最も有用であり得る。輪状または環状の形状因子は、環状の器具または環状の形状因子に取り付けられる器具に関連して最も有用であり得る。特定の幾何学的形状に適合するように成形された扁平な角柱形のセルは、「デッドスペース」（即ち、器具または設備における空間であって、さもなければ占有されず（または空いており）且つ一般にアクセス可能でない場合がある空間）を有効に利用するのに有用であり得る。

【0050】

本明細書においては概括的に「ゼリーロール」用途（即ち、円筒形のハウジング7のために構成された貯蔵セル12）に関して開示されているが、巻かれた貯蔵セル23は、任意の所望の形状を取り得る。例えば、貯蔵セル12を巻くこととは対照的に、貯蔵セル12の折り畳み（folding）が、巻かれた貯蔵セル23を提供するのに好まれてよい。他の種類の組み立てを用いてよい。一例として、貯蔵セル12は扁平なセルであってよく、「コイン型」セルとよぶ。従って、巻くことは、巻かれた貯蔵セル23の組み立てに関するオプションの1つに過ぎない。従って、本明細書においては「巻かれた貯蔵セル23」であることに関して論じられているが、これに限定されない。用語「巻かれた貯蔵セル23」は一般に、ハウジング7の所定の設計内にうまく適合するための貯蔵セル12のパッケージングまたはパッキングの任意の適切な形状を含むことが考慮されてよい。

【0051】

種々の形態のウルトラキャパシタ10と一緒に接続してよい。種々の形態は、接触子と一緒に溶接すること、少なくとも1つの機械的コネクタを用いること、互いに電氣的に接触する接触子を設けること等の公知の技術を用いて接続されてよい。複数のウルトラキャパシタ10が、並列および直列形式の少なくとも一方で電氣的に接続されてよい。

【0052】

電解質6は、カチオン9とアニオン11とのペアを含み、溶媒を含んでよい。電解質6は、必要に応じて「イオン液体」とよんでよい。カチオン9、アニオン11および溶媒の種々の組み合わせを用いてよい。例示的ウルトラキャパシタ10において、カチオン9は、1-（3-シアノプロピル）-3-メチルイミダゾリウム、1, 2-ジメチル-3-プロピルイミダゾリウム、1, 3-ビス（3-シアノプロピル）イミダゾリウム、1, 3-ジエトキシイミダゾリウム、1-ブチル-1-メチルピペリジニウム、1-ブチル-2, 3-ジメチルイミダゾリウム、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム、1-ブチル-4-メチルピリジニウム、1-ブチルピリジニウム、1-デシル-3-メチルイミダゾリウム、1-エチル-3-メチルイミダゾリウム、3-メチル-1-プロピルピリジニウムおよびこれらの組み合わせならびに適切であると考えられる他の同等物の少なくとも1つを含んでよい。追加の例示的カチオン9は、イミダゾリウム、ピラジニウム、ピペリジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウムおよびピロリジニウム（これらの構造は図4に表される）を含む。例示的ウルトラキャパシタ10において、アニオン11は、ビス（トリフルオロメタンスルホナート）イミド、トリス（トリフルオロメタンスルホナート）メチド、ジシアナミド、テトラフルオロボラート、ヘキサフルオロホスファート、トリフルオロメタンスルホナート、ビス（ペンタフルオロエタンスルホナート）イミド、チオシアナート、トリフルオロ（トリフルオロメチル）ボラートおよびこれらの組み合わせならびに適切であると考えられる他の同等物の少なくとも1つを含んでよい。

【0053】

溶媒は、アセトニトリル、アミド、ベンゾニトリル、ブチロラクトン、環状エーテル、ジブチルカーボナート、ジエチルカーボナート、ジエチルエーテル、ジメトキシエタン、ジメチルカーボナート、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホン、ジオキサン、ジオキソラン、ギ酸エチル、エチレンカーボナート、エチルメチルカーボナート、ラクトン、直鎖状（linear）エーテル、ギ酸メチル、メチルプロピオナート、メチルテトラヒドロフラン、ニトリル、ニトロベンゼン、ニトロメタン、n-メチルピロリドン、プロピレンカーボナート、スルホラン、スルホン、テトラヒドロフラン、テトラメチレンスルホン

、チオフェン、エチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、ポリエチレングリコール、炭酸エステル、 γ -ブチロラクトン、ニトリルおよびトリシアノヘキサン、これらのいずれかの組み合わせ又は適切な性能特性を示す他の（１または複数の）材料を含んでよい。

【0054】

ここで図４を参照すると、イオン液体において用いられて電解質６をもたらしのに適したカチオン９の種々の追加の実施形態が示される。これらのカチオン９は、単独で用いてよく、または互いに組み合わせて用いてよく、カチオン９の上述の実施形態の少なくともいくつかと組み合わせて用いてよく、使用者、設計者、製造者または他の同様の当事者が適合する又は適切であると判断する他のカチオン９と組み合わせて用いてもよい。図４に表されるカチオン９は、アンモニウム、イミダゾリウム、オキサゾリウム、ホスホニウム、ピペリジニウム、ピラジニウム、ピラジニウム、ピリダジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウム、ピロリジニウム、スルホニウム、チアゾリウム、トリアゾリウム、グアニジウム、イソキノリニウム、ベンゾトリアゾリウム、ビオロゲン型および官能性イミダゾリウムカチオンを含むが、これらに限定されない。

【0055】

図４に示すカチオン９に関して、種々の分岐基（branch group）（ R_1 、 R_2 、 R_3 、 $\dots R_x$ ）が含まれる。カチオン９の場合において、各分岐基（ R_x ）は、アルキル、ヘテロアルキル、アルケニル、ヘテロアルケニル、アルキニル、ヘテロアルキニル、ハロ、アミノ、ニトロ、シアノ、ヒドロキシル、サルフェート、スルホナートまたはカルボニル基（これらはいずれも場合により置換される）の１つであってよい。

【0056】

用語「アルキル」は当該技術分野において理解され、直鎖アルキル基、分枝鎖アルキル基、シクロアルキル（脂環式）基、アルキル置換シクロアルキル基およびシクロアルキル置換アルキル基を含む飽和脂肪族基を含んでよい。特定の実施形態において、直鎖または分枝鎖アルキルは、その主鎖において約２０以下の炭素原子を有する（例えば、直鎖に関して C_1-C_{20} 、分枝鎖に関して C_1-C_{20} ）。同様に、シクロアルキルは、その環状構造において約３～約１０の炭素原子、別法として環状構造において約５、６または７の炭素を有する。アルキル基の例として、メチル、エチル、プロピル、ブチル、ペンチル、ヘキシル、エチルヘキシル、シクロプロピル、シクロブチル、シクロペンチル、シクロヘキシル等が挙げられるがこれらに限定されない。

【0057】

用語「ヘテロアルキル」は当該技術分野において理解され、１以上の原子がヘテロ原子（例えば酸素、窒素、硫黄等）である本明細書に記載のアルキル基を指す。例えば、アルコキシ基（例えば $-OR$ ）はヘテロアルキル基である。

【0058】

用語「アルケニル」および「アルキニル」は当該技術分野において理解され、上述のアルキルと長さ及び可能な置換が類似する不飽和脂肪族基であるが、少なくとも１つの二重結合または三重結合をそれぞれ含む不飽和脂肪族基を指す。

【0059】

「ヘテロアルケニル」および「ヘテロアルキニル」は当該技術分野において理解され、１以上の原子がヘテロ原子（例えば酸素、窒素、硫黄等）である本明細書に記載のアルケニルおよびアルキニルアルキル基を指す。

【0060】

一般に、負の電荷を有する任意のイオンをアニオン１１として用いてよい。選択されるアニオン１１は一般に、大きな有機カチオン９と組み合わされて低温溶融イオン塩を形成する。常温（およびそれより低い温度）溶融塩は主に、－１の電荷を有する大きいアニオン９によってもたらされる。より一層低温で溶融する塩は一般に、容易に非局在化する電子を有するアニオン１１と共に実現される。イオン間の親和力を低下させるであろうもの（電荷の非局在化、距離）はいずれも、その後、融点を低下させる。可能なアニオンの構

10

20

30

40

50

成は実質的に無限であるが、これらの部分集合のみが低温イオン液体の用途において機能するだろう。これは、イオン液体に対して可能なアニオンの構成の限定的でない概説である。

【0061】

表1に提示されるアニオン11の使用に適した共通の置換基(α)として以下のものが挙げられる： $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ 、 $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ 、 $-A-PO_4^-$ 、 $-A-SO_2^-$ 、 $-A-SO_3^-$ 、 $-A-SO_3H^-$ 、 $-A-COO^-$ 、 $-A-CO^-$ （式中、Aはフェニル（フェニル基またはフェニル環は、式 C_6H_5 を有する原子の環状基）または置換フェニル、アルキル（アルカンから水素原子を除去することにより形成される一般式 C_nH_{2n+1} を有するラジカル）または置換アルキル基、負に帯電したラジカルアルカン（アルカンは、水素および炭素原子のみからなり且つ専ら一重結合により結合される化合物である）、ハロゲン化アルカンおよびエーテル（2つのアルキルまたはアリール基に接続された酸素原子を含む有機化合物の種類である））。

10

20

【0062】

電解質6をもたらしイオン液体において用いるのに適したアニオン11に関して、種々の有機アニオン11を用いてよい。例示的アニオン11およびその構造は表1に提示される。第1の実施形態(No. 1)において、例示的アニオン11は、上で提示した置換基(α)またはこれらの同等物のリストから定式化される。追加の実施形態(No. 2~5)において、例示的アニオン11は、各々の塩基構造(Y_2 、 Y_3 、 Y_4 、 $\dots Y_n$)および各々の数のアニオン置換基(α_1 、 α_2 、 α_3 、 $\dots \alpha_n$)から定式化され、各々の数のアニオン置換基(α)は、上で提示した置換(α)基またはこれらの同等物のリストから選択されてよい。いくつかの実施形態において、複数のアニオン置換基(α)（即ち少なくとも1つの異なるアニオン置換基(α)）を、アニオン11の任意の一の実施形態において用いてよいことに留意されたい。また、いくつかの実施形態において、塩基構造(Y)は単一の原子または（表1に記載の）指定された分子であり、または同等物であってよいことに留意されたい。

30

【0063】

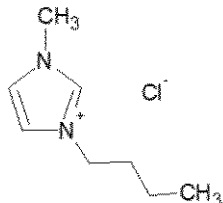
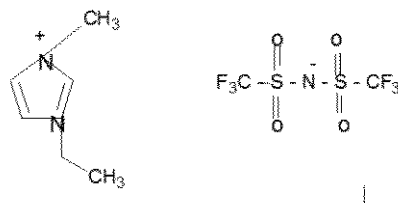
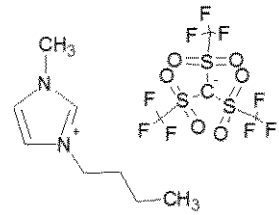
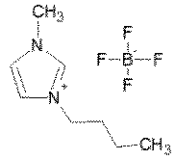
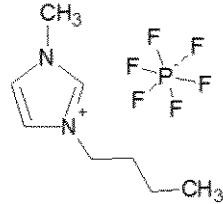
より具体的には、および例として、表1に提示される例示的アニオンに関して、特定の組み合わせが実現されてよい。一例として、No. 2の場合、塩基構造(Y_2)は、2つのアニオン置換基(α_2)に結合された単一の構造（例えば原子または分子）を含む。2つの同一のアニオン置換基(α_2)を有する物として示されるが、このことが事実である必要はない。即ち、塩基構造(Y_2)は、上で列挙したアニオン置換基(α)のいずれか等の様々なアニオン置換基(α_2)に結合されてよい。同様に、塩基構造(Y_3)は、No. 3の場合において示されるように、3つのアニオン置換基(α_3)に結合される単一構造（例えば原子）を含む。重ねて、アニオンに含まれるアニオン置換基(α)の各々は、様々であってよく又は多様であってよく、表1に示すように繰り返す（反復的または対称的である）必要はない。一般に、表1における表記に関連して、一の塩基構造における下付文字は、各々の塩基構造がアニオン置換基(α)と共に有してよい結合の数を意味する。即ち、各々の塩基構造(Y_n)における下付文字は、各々のアニオンに付随するアニオン置換基(α_n)の数を意味する。

40

【0064】

【表 1】

イオン液体の例示的有機アニオン

No. :	イオン	アニオン構造および例示的イオン液体の指針
1	$-\alpha_1$	上述の α のいくつかは、有機カチオンと混合してイオン液体を形成してよい。 例示的アニオン：Cl^- 例示的イオン液体：$[\text{BMI}^*] [\text{Cl}]$ *BMI — ブチルメチルイミダゾリウム 
2	$-\text{Y}_2 \alpha_2$	Y_2 は以下のいずれかであってよい：N、O、$\text{C}=\text{O}$、$\text{S}=\text{O}$。 例示的アニオンは、$\text{B}(\text{CF}_3\text{CO}_2)_4^-$、$\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2^-$ を含む。 例示的イオン液体： $[\text{EMI}^*] [\text{NTF}_2]$ *EMI — エチルメチルイミダゾリウム 
3	$-\text{Y}_3 \alpha_3$	Y_3 は以下のいずれかであってよい：Be、C、N、O、Mg、Ca、Ba、Ra、Au。 例示的アニオンは$-\text{C}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3^-$ を含む。 例示的イオン液体： $[\text{BMI}] \text{C}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3^-$ 
4	$-\text{Y}_4 \alpha_4$	Y_4 は以下のいずれかであってよい：B、Al、Ga、Th、In、P。 例示的アニオンは$-\text{BF}_4^-$、$-\text{AlCl}_4^-$ を含む。 例示的イオン液体：$[\text{BMI}] [\text{BF}_4]$ 
5	$-\text{Y}_6 \alpha_6$	Y_6 は以下のいずれかであり得る：P、S、Sb、As、N、Bi、Nb、Sb。 例示的アニオンは$-\text{P}(\text{CF}_3)_4\text{F}_2^-$、$-\text{AsF}_6^-$ を含む。 例示的イオン液体：$[\text{BMI}] [\text{PF}_6]$ 

【0065】

用語「シアノ」は、当該技術分野におけるその通常の意味が与えられ、 CN 基を指す。
 用語「サルフェート」は、当該技術分野におけるその通常の意味が与えられ、 SO_2 基を指す。
 用語「スルホナート」は、当該技術分野におけるその通常の意味が与えられ、 SO

10

20

30

40

50

3 X基を指し、式中Xは電子対、水素、アルキルまたはシクロアルキルであってよい。用語「カルボニル」は、当該技術分野において理解され、C=O基を指す。

【0066】

ウルトラキャパシタ10の構成を考えるのに重要な態様は、良好な化学的衛生を維持することである。種々の実施形態において、構成要素の純度を確保するために、2つの電極3のためのエネルギー貯蔵媒体1を構成する活性炭、炭素繊維、レーヨン、炭素布および/またはナノチューブは、真空環境において昇温（または高温）にて乾燥させられる。セパレータ5もまた、真空環境において昇温（または高温）にて乾燥させられる。電極3およびセパレータ5が真空下で乾燥させられると、これらは、50ppm未満の水を含む雰囲気において、最終的な封止またはキャップをせずにハウジング7内にパッケージングされる。キャップがされていないウルトラキャパシタ10は、例えば、真空下で約100℃～約300℃の温度範囲にわたって乾燥させてよい。この最終的な乾燥が完了したら、比較的乾燥した雰囲気（水分が約50ppm未満である雰囲気等）において電解質6を加えてよく、ハウジング7を密封する。当然ながら、他の組み立て方法を用いてよく、上述の事項は、ウルトラキャパシタ10の組み立ての少数の例示的態様を提供するに過ぎない。

【0067】

一般に、電解質6における不純物は最小限に保たれる。例えば、いくつかの実施形態において、ハロゲン化物イオン（塩化物、臭化物、フッ化物、ヨウ化物）の総濃度は約1,000ppmより下に保たれる。金属種（例えばBr、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、K、Li、Mo、Na、Ni、Pb、Zn、これらの合金および酸化物の少なくとも1つを含む）の総濃度は約1,000ppmより下に保たれる。更に、合成プロセスにおいて用いられる溶媒および前駆体からの不純物は、約1,000ppmより下に保たれ、例えば、プロモエタン、クロロエタン、1-プロモブタン、1-クロロブタン、1-メチルイミダゾール、酢酸エチル、塩化メチレン等を含み得る。

【0068】

いくつかの実施形態において、ウルトラキャパシタ10の不純物含有量は、イオン選択電極およびカール・フィッシャー滴定法（ウルトラキャパシタ10の電解質6に適用された）を用いて測定されてきた。本明細書における教示事項によるウルトラキャパシタ10におけるハロゲン化物の総含有量が、約200ppm未満のハロゲン化物（Cl⁻およびF⁻）であったことがわかり、含水量が約100ppm未満であったことがわかった。

【0069】

不純物は、種々の技術、例えば原子吸光分析法（AAS）、誘導結合プラズマ質量分析法（ICPMS）、または重金属酸化物粒子の痕跡の簡略化された可溶化および電気化学的検知等を用いて測定可能である。AASは、気体状態の自由原子による光学的放射（光）の吸収を用いて化学元素を定性的および定量的に測定するための分光分析法である。この技術は、分析すべき試料における特定の元素（被検体）の濃度を決定するのに用いられる。AASは、溶液において又は固体試料において直接的に、70を超える異なる元素を決定するのに使用可能である。ICPMSは、高感度であり且つ10⁻¹²における1部（ppt）より低い濃度における範囲の金属およびいくつかの非金属を決定可能である質量分析の一種である。この技術は、イオンを分離および検出する方法として質量分析計を用いてイオンを生成する（イオン化）方法として誘導結合プラズマと一緒にカップリングすることに基づく。ICPMSは、好適なイオンの同位体分離をモニタリングすることも可能である。

【0070】

不純物を分析するのに追加の技術を用いてよい。これらの技術のいくつかは、固体試料中の不純物を分析するのに特に好都合である。イオンクロマトグラフィ（IC）は、電解質6（例えばイオン液体）における痕跡レベルのハロゲン化物不純物を測定するのに用いられてよい。イオンクロマトグラフィの利点の1つは、関連するハロゲン化物種を1回のクロマトグラフィ分析において測定可能であることである。20mMのNaOHおよび10%（v/v）のアセトニトリルで構成される溶離剤を用いたDionex AS9-H

10

20

30

40

50

Cカラムは、イオン液体からのハロゲン化物の定量に用いてよい装置の一例である。更なる技術は、蛍光X線技術である。

【0071】

蛍光X線（XRF）機器は、固体試料中のハロゲン含有量を測定するのに用いてよい。この技術において、分析すべき試料は、試料カップに配置され、試料カップはその後、分析装置に配置され、そこで特定の波長のX線が照射される。試料中のハロゲン原子はX線の一部を吸収し、特定のハロゲンに特有の波長の放射を反射する。次いで、機器内の検出器がハロゲン原子から戻ってくる放射の量を定量し、放射の強度を測定する。曝される表面積を知ることにより、試料中のハロゲン濃度が決定可能である。固体試料中の不純物を評価するための更なる技術は熱分解技術である。

10

【0072】

不純物の吸着は、熱分解およびマイクロクーロメーターを用いることにより効果的に測定され得る。マイクロクーロメーターは、塩素の総含有量に関してほとんど全ての種類の材料を試験可能である。一例として、少量（10ミリグラム未満）の試料が、温度が約600℃～約1,000℃の範囲である石英の燃焼管の中に注入または配置される。石英管に純酸素を通して塩素含有成分を完全に燃焼させる。結果として生じる燃焼生成物を滴定セルの中へと押し流して、そこで塩化物イオンが電解質溶液中に捕捉される。電解質溶液は、塩化物イオンと直ちに結合して不溶性の塩化銀として溶液から脱落する銀イオンを含有する。滴定セル中の銀電極は、銀イオン濃度が滴定開始前の濃度に戻るまで、消費された銀イオンを電気的に置換する。必要とされる量の銀を発生させるのに必要な電流量を記録することにより、機器は、原試料中に存在した塩素の量を決定することができる。存在する塩素の総量を試料の重量で除すことにより、試料中に実際に存在する塩素の濃度が得られる。不純物を評価するための他の技術を用いてよい。

20

【0073】

電極3における表面キャラクタリゼーションおよび含水量は、例えば赤外線分光技術により分析してよい。1130、1560、3250および2300 cm^{-1} 付近における4つの主要な吸収バンドはそれぞれ、 $\nu\text{C}=\text{O}$ 、アリアルにおける $\nu\text{C}=\text{C}$ 、 $\nu\text{O}-\text{H}$ および $\nu\text{C}-\text{N}$ に対応する。強度およびピーク位置を測定することにより、電極3内の表面不純物を定量的に同定することが可能である。

【0074】

電解質6およびウルトラキャパシタ10における不純物を同定するためのもう1つの技術はラマン分光法である。この分光技術は、通常は可視、近赤外または近紫外範囲におけるレーザーからの、単色光の非弾性散乱またはラマン散乱に依るものである。レーザー光は分子の振動、フォノンまたは系における他の励起と相互作用し、上側または下側にシフトしたレーザー光子のエネルギーをもたらす。従って、この技術は、ウルトラキャパシタ10内の原子および分子をキャラクタリゼーションするのに用いてよい。ラマン分光法の多数の変形が用いられ、ウルトラキャパシタ10の内容物のキャラクタリゼーションに有用であることが判明し得る。

30

【0075】

ウルトラキャパシタ10が作製されると、漏れ電流が僅か又は無く、抵抗がほとんど増加しない高温用途に用いてよい。本明細書に記載のウルトラキャパシタ10は、約-40℃～約210℃の温度で効果的に動作可能であり、動作電圧および温度範囲の全体において、デバイスの体積に対して規格化した漏れ電流はデバイスの体積1リットル当たり1アンペア（1A/L）未満であり得る。

40

【0076】

ウルトラキャパシタ10における含水量を（例えば、電解質の重量および体積に対して500ppm未満に、かつ不純物を1,000ppm未満に）低減することにより、ウルトラキャパシタ10は温度範囲にわたって効果的に動作可能であり、漏れ電流（I/L）はその温度範囲および電圧範囲内において1,000ミリアンペア毎リットル未満である。

50

【0077】

一の実施形態において、特定の温度における漏れ電流（ I/L ）は、ウルトラキャパシタ10の電圧を定格電圧（即ち最大定格動作電圧）で一定に72時間保持することにより測定される。この時間のあいだ、温度は特定の温度において比較的一定のままである。測定間隔の終了時において、ウルトラキャパシタ10の漏れ電流を測定する。

【0078】

いくつかの実施形態において、ウルトラキャパシタ10の最大定格電圧は、室温において約4Vである。高温（例えば210℃より高温）におけるウルトラキャパシタ10の性能を確保する手段は、ウルトラキャパシタ10の定格電圧の出力レベルを下げる（即ち、定格電圧を低下させる）ことである。例えば、定格電圧は、高温における動作の継続時間の延長が達成されるように、約0.5Vに低下させて調節してよい。

10

【0079】

高度な純度を確保するためのもう1つの実施形態は、電解質6を精製するための例示的方法を含む。この方法は特定のパラメータ（例えば量、配合、時間等）に関して提示されるが、提示は単に電解質を精製する方法を例示し且つその実例となるものであり、方法を限定するものでないことに留意するべきである。

【0080】

電解質の精製方法の第1の工程において、電解質6（いくつかの実施形態においてイオン液体）を脱イオン水と混合し、次いで、いくらかの時間、適温（または中温、moderate temperature）に昇温させる。概念の実証において、50ミリリットル（ml）のイオン液体を850ミリリットル（ml）の脱イオン水と混合した。混合物は約12時間、60℃の一定温度に昇温され、（約120回転毎分（rpm）の）一定の攪拌に付された。

20

【0081】

第2の工程において、イオン液体および脱イオン水の混合物を分離させる。この例において、混合物は漏斗を介して移され、約4時間置かれた。

【0082】

第3の工程において、イオン液体を収集する。この例において、混合物の水相は底部に存在し、イオン液体相は上部に存在した。イオン液体相を別のビーカーに移した。

【0083】

第4の工程において、溶媒をイオン液体と混合した。この例において、体積が約25ミリリットル（ml）の酢酸エチルをイオン液体と混合した。この混合物を再び適温（または中温）に昇温し、しばらくの時間攪拌した。

30

【0084】

酢酸エチルが溶媒として用いられたが、溶媒は、ジエチルエーテル、ペンタン、シクロペンタン、ヘキサン、シクロヘキサン、ベンゼン、トルエン、1-4ジオキサン、クロロホルムまたはこれらのいずれかの組み合わせ及び適切な性能特性を示す他の（1または複数の）材料の少なくとも1つであり得る。所望の性能特性のいくつかは、非極性溶媒の性能特性および高度な揮発性を含む。

【0085】

第5の工程において、炭素粉末をイオン液体および溶媒の混合物に加える。この例において、約20重量パーセント（wt%）の炭素（直径約0.45マイクロメートル）を混合物に加えた。

40

【0086】

第6の工程において、イオン液体を再び混合する。この例において、炭素粉体を含む混合物を約70℃において一晚、一定の攪拌（120rpm）に付した。

【0087】

第7の工程において、炭素および酢酸エチルをイオン液体から分離する。この例において、炭素は、ガラスマイクロファイバークロフィルタを用いたブフナー濾過を用いて分離された。複数回（3回）の濾過が行われた。収集されたイオン液体は、その後、実質的に全

50

ての炭素粒子を除去するために、0.2マイクロメートルのシリンジフィルターに通された。この例において、溶媒は、その後、ロータリーエバポレーション（または回転蒸発）を用いることによりイオン液体から実質的に分離された。具体的には、イオン液体の試料を、温度を70℃から80℃に上昇させながら攪拌し、100℃において終了した。蒸発は、各温度においてそれぞれ約15分間行った。

【0088】

電解質の精製方法は非常に効果的であることがわかった。イオン液体試料に関して、含水量は、Mettler-Toledo Inc.（オハイオ州コロンバス、型式番号：AQC22）により提供された滴定装置を用いて滴定により測定した。ハロゲン化物含有量は、Hanna Instruments（ロードアイランド州ウーンソケット、型式番号：AQC22）により提供されたISE（イオン選択電極）機器を用いて測定した。ISE機器の標準溶液は、Hannaから得られ、HI 4007-03（1,000 ppm塩化物標準物質）、HI 4010-03（1,000 ppmフッ化物標準物質）、HI 4000-00（ハロゲン化物電極のためのISA）およびHI 4010-00（フッ化物電極のためのTISAB溶液）が含まれた。測定を行うに先立って、ISE機器は、脱イオン水と混合した0.1、10、100および1,000 ppmの標準物質を用いた標準溶液を用いて校正された。Cl⁻イオン測定のために、ISA緩衝剤を標準物質に1：50の割合で加えた。結果を表2に示す。

【0089】

【表2】

電解質の精製データ

不純物	前 (ppm)	後 (ppm)
Cl ⁻	5,300.90	769
F ⁻	75.61	10.61
H ₂ O	1080	20

【0090】

ハロゲン化物イオンを測定するために4段階の方法を用いた。第1に、Cl⁻およびF⁻イオンを脱イオン水中で測定した。次に、脱イオン水を用いてイオン液体の0.01M溶液を調製した。次いで、Cl⁻およびF⁻イオンをその溶液中で測定した。その後、ハロゲン化物含有量の概算量を、溶液中のイオン量から水中のイオン量を減算することにより決定した。

【0091】

概説として、円筒形のウルトラキャパシタ10の組み立て方法が提示される。電極3から開始して、各電極3は、エネルギー貯蔵媒体1が集電体2と関連付けられた後に作製される。次いで、複数のリード線を各電極3の適切な位置に連結する。次いで、複数の電極3を、間に配置された適切な数のセパレータと共に位置合わせし、組み立てて貯蔵セル12を形成する。その後、貯蔵セル12を円筒形に巻いてよく、包装部材（wrapper）で固定してよい。一般に、それぞれのリード線はその後束ねられて各端子8を形成する。

【0092】

ウルトラキャパシタ10に電解質6を組み込むに先立って（例えば貯蔵セルの組み立て前または後に）、ウルトラキャパシタ10の各構成要素を乾燥させて水分を除去してよい。これは、組み立てられていない構成要素（即ち、空のハウジング7ならびに各電極3および各セパレータ5）を用いて行ってよく、その後、組み立てられた構成要素（貯蔵セル12等）を用いて行ってよい。

【0093】

乾燥は、例えば真空環境において高温にて行ってよい。乾燥を行ったら、貯蔵セル12はその後、最終的な封止またはキャップをすることなくハウジング7にパッケージングし

てよい。いくつかの実施形態において、パッケージングは、50 ppm未満の水を含む雰囲気において行われる。キャップされていないウルトラキャパシタ10をその後再び乾燥させてよい。例えば、ウルトラキャパシタ10は、真空下において約100℃～約300℃の温度範囲にわたって乾燥させてよい。この最終の乾燥が完了したら、その後、ハウジング7を、例えば水分が50 ppm未満の雰囲気において密封してよい。

【0094】

いくつかの実施形態において、乾燥プロセス（「ベーキング（baking）」プロセスとよんでもよい）が完了したら、構成要素の周りの環境を不活性ガスで満たしてよい。例示的ガスとして、アルゴン、窒素、ヘリウムおよび同様の特性を示す他のガス（ならびにそれらの組み合わせ）が挙げられる。

10

【0095】

一般に、注入口（ハウジング7の表面における穿孔）がハウジング7に含まれ、または後で加えられてよい。ウルトラキャパシタ10が電解質6で満たされたら、注入口を閉じてよい。注入口の閉止は、例えば、材料（例えばハウジング7に適合する金属）を注入口の中または上に溶接することにより達成してよい。いくつかの実施形態において、注入口は、ウルトラキャパシタ10が後続の再開口、充填および閉止のための別の環境に移動してよいように、充填の前に一時的に閉じてよい。尤も、本明細書において論じられるように、ウルトラキャパシタ10は同じ環境において乾燥させられ且つ満たされる（または充填される）と考えられる。

【0096】

所望の量の電解質6でハウジング7を満たすのに多数の方法を用いてよい。一般に、満たす方法（または充填方法）の制御は、とりわけ、キャパシタンス（または静電容量）の増加、等価直列抵抗（ESR）の低下および電解質6の消耗の制限をもたらしてよい。真空充填法が、ハウジング7を電解質6で満たして貯蔵セル12を電解質6で濡らす技術の限定的でない例として提示される。

20

【0097】

但し、第1に、ウルトラキャパシタ10の構成要素を汚染する可能性がある材料が清潔であり、適合性を有し且つ乾燥していることを確保するために、測定を行ってよいことに留意されたい。常套的には、「良好な衛生状態」は組み立てプロセスを確保するために実行され、構成要素はウルトラキャパシタ10に汚染物質を導入しないと考えるべき。また、常套的には、「汚染物質」は、導入された場合にウルトラキャパシタ10の性能に悪影響を及ぼすだろう任意の望まれない材料として定義されてよいと考えるべき。また、本明細書において一般に、汚染物質はppm等の濃度として評価されてよいことに留意されたい。濃度は、重量基準、体積基準、試料重量基準として考えるべき、または適切であると決定される他の任意の方法で考えるべき。

30

【0098】

「真空法」において、ハウジング7の上の注入口の周りに容器を置く。その後、酸素および水（即ち水分）が実質的にない環境において、一の量の電解質6を容器に入れる。次いで、環境を真空引きし、それによりハウジングから空気を引き出し、それと同時に電解質6をハウジング7の中に引き入れる。その後、必要に応じて周囲の環境に不活性ガス（アルゴン、窒素等または不活性ガスのいくつかの組み合わせ）が補充されてよい。ウルトラキャパシタ10は、所望の量の電解質6が引き入れられたか否かが確認されてよい。方法は、所望の量の電解質6がウルトラキャパシタ10内に存在するまで、必要に応じて繰り返してよい。

40

【0099】

電解質6で満たした後、いくつかの実施形態において、材料を注入口に適合させてウルトラキャパシタ10を密封してよい。材料は、例えば、ハウジング7および電解質6に適合する金属であってよい。一の例において、材料は、注入口に圧力嵌め（force fit）され、注入口における栓の「冷間溶接（またはコールドウェルド）」が本質的に実施される。当然ながら、圧力嵌めは、本明細書において更に論じられる他の溶接技術で補

50

ってよい。

【0100】

充填方法がウルトラキャパシタ10をもたらす方法を示すために、ウルトラキャパシタ10の2つの類似の実施形態を構築した。一方は、真空を用いずに充填され、他方は真空下で充填された。2つの実施形態の電気的性能を表3に提示する。そのような測定の繰り返された性能により、性能の向上は、真空を適用することによるウルトラキャパシタ10の充填により実現されることが注目された。一般に、ハウジング7内の圧力が約150ミリトル(m Torr)未満、特に約40m Torr未満に低下することが望ましいことが決定された。

【0101】

【表3】

充填方法に関する比較性能

パラメータ (0.1Vにおける)	真空なし	真空あり	偏差
45°Φにおける ESR	3.569Ω	2.568Ω	(-28%)
12mHzにおける キャパシタンス	155.87mF	182.3mF	(+14.49%)
12mHzにおける 位相	79.19°	83°	(+4.59%)

【0102】

真空充填技術の有効性を評価するために、2つの異なるパウチ型セルを試験した。パウチ型セルは2つの電極3を含み、各電極3は炭素質材料をベースとした。電極3の各々は、互いに対して反対側に且つ互いに向かい合うように配置された。セパレータ5は、短絡を防止するためにそれらの間に配置され、全ては電解質6に浸漬された。4つの測定点を備えるために2つの外部タブを用いた。使用したセパレータ5はポリエチレンセパレータ5であり、セルは約0.468mlの総体積を有した。これにより、初期の漏れ電流の有意な低下および測定間隔の後の部分にわたる漏れ電流の低下がもたらされる。

【0103】

漏れ電流は、多数の方法で決定されてよい。定量的には、漏れ電流は、デバイスが平衡状態に達した時点でデバイスに引き込まれる電流であると考えてよい。実際には、一般に漸近的にのみ達し得る平衡状態として実際の漏れ電流を見積もることが常に又はほとんど常に必要である。従って、所定の測定における漏れ電流は、ウルトラキャパシタ10を実質的に固定された電圧に保持し、比較的長時間にわたって実質的に固定された周囲温度に曝しながら、ウルトラキャパシタ10に引き込まれる電流を測定することにより見積もってよい。いくつかの例において、「比較的長時間」は、電流-時間関数を指数関数として見積もることにより決定してよく、いくらかの(例えば約3~5)特性時間定数が経過し得る。多くの場合、そのような継続時間は、多数のウルトラキャパシタ技術に対して約50時間~約100時間の範囲である。別法として、何らかの理由によりそのような長時間が実施困難である場合、漏れ電流は、再び、おそらく、指数関数または適切であると考えられる任意の近似関数として電流-時間関数を見積もることにより、簡単に外挿してよい。特に、漏れ電流は一般に周囲温度に依存するだろう。従って、一の温度または一の温度範囲におけるデバイスの性能のキャラクタリゼーションを行うために、漏れ電流を測定するときに、対象とする周囲温度にデバイスを曝すことが一般に重要である。

【0104】

ここで、一の例示的ハウジング7の態様を示す図5を参照する。とりわけ、ハウジング7は、ウルトラキャパシタ10の構造および物理的保護を与える。この例において、ハウジング7は、環状の円筒形のボディ(または本体)20および相補的なキャップ24を含む。この実施形態において、キャップ24は、取り外されて電気絶縁体26で満たされる中心部を含む。キャップのフィードスルー(feed-through)19は、電気絶

10

20

30

40

50

縁体 26 を貫通して、貯蔵されたエネルギーに対するアクセスを使用者に提供する。

【0105】

ハウジング 7 のための共通の材料としては、ステンレススチール、アルミニウム、タンタル、チタン、ニッケル、銅、スズ、種々の合金、積層体等が挙げられる。いくつかのポリマー系材料等の構造材料を（一般に少なくともいくつかの金属成分と組み合わせて）ハウジング 7 に用いてよい。

【0106】

この例はキャップ 24 における唯 1 つのフィードスルー 19 を表しているが、ハウジング 7 の構造は本明細書において論じられる実施形態に限定されないことを理解するべきである。例えば、キャップ 24 は、複数のフィードスルー 19 を含んでよい。いくつかの実施形態において、ボディ 20 は、環状の円筒の反対側の端部において第 2 の同様のキャップ 24 を含む。更に、ハウジング 7 は環状の円筒形のボディ 20 を有する実施形態に限定されないことを理解するべきである。例えば、ハウジング 7 は、シェル（またはクラムシェル）型、角柱型、パウチ型、または設計者、製造者もしくは使用者のニーズに適した他の任意の型式であってよい。

【0107】

この例において、キャップ 24 は、ボディ 20 の内径にぴったりと適合するように設計された外径を有するように作製される。組み立て時に、キャップ 24 は、ボディ 20 内に溶接されてよく、それにより使用者に密封を提供してよい。

【0108】

ここで図 6 を参照して、例示的エネルギー貯蔵セル 12 を示す。この例において、エネルギー貯蔵セル 12 は「ゼリーロール」型のエネルギー貯蔵体である。これらの実施形態において、エネルギー貯蔵材料を巻き取って詰まったパッケージにする。複数のリード線は一般に、各端子 8 を形成し、エネルギー貯蔵セル 12 の適切な層への電気的アクセスを提供する。一般に、組み立てるとき、各端子 8 は、ハウジング 7 に（例えばそれぞれのフィードスルー 19 に及び／又はハウジング 7 に直接）電気的に連結される。エネルギー貯蔵セル 12 は種々の形態を仮定してよい。一般に、少なくとも 2 つの複数のリード線（例えば端子 8）が存在し、それぞれは各集電体 2 に対するものである。簡単にするために、本明細書において説明される多数の実施形態においては、端子 8 の 1 つのみを示す。

【0109】

ハウジング 7 の高性能の密封が望ましい。即ち、外部環境（空気、湿気等）の侵入を防ぐことは、エネルギー貯蔵セル 12 の構成要素の純度を維持するのに役立つ。更に、これにより、エネルギー貯蔵セル 12 からの電解質 6 の漏れが防止される。

【0110】

ここで図 7 を参照すると、ハウジング 7 は内側の障壁（barrier）30 を含んでよい。いくつかの実施形態において、障壁 30 はコーティングである。この例において、障壁 30 はポリテトラフルオロエチレン（PTFE）から形成される。ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）は、この組成物を障壁 30 によく適したものにする種々の特性を示す。PTFE は約 327℃ の融点を有し、優れた誘電特性を有し、約 0.05～0.10 の摩擦係数（これは公知の固体材料のうち 3 番目に低い）を有し、高耐食性および他の有益な特性を有する。一般に、キャップ 24 の内部は、そこに配置された障壁 30 を含んでよい。

【0111】

他の材料を障壁 30 に用いてよい。これらの他の材料は、とりわけ、セラミック（適切に適用し得、かつ性能基準を満たし得る任意の種類のセラミック）、他のポリマー（好ましくは高温ポリマー）等の形態である。例示的な他のポリマーとして、パーフルオロアルコキシ（PFA）およびフッ素化エチレンプロピレン（FEP）ならびにエチレンテトラフルオロエチレン（ETFE）が挙げられる。

【0112】

障壁 30 は、エネルギー貯蔵セル 12 とハウジング 7 またはハウジング 7 の構成要素と

の電気化学的反応または他の種類の反応の低減をもたらす任意の材料または材料の組み合わせを含んでよい。いくつかの実施形態において、組み合わせは、単一層内の異なる材料の均一な分散物として示される。他の実施形態において、組み合わせは、複数の層内の異なる材料として示される。他の組み合わせを用いてよい。手短に言えば、障壁 30 は、電気絶縁体または化学的に不活性である（即ち低反応性を示す）ことの少なくとも一方であると考えてよく、従って、貯蔵セル 12 とハウジング 7 との間の電氣的相互作用および化学的相互作用の少なくとも一方に実質的に耐える又はそれを妨げる。いくつかの実施形態において、用語「低反応性」および「低化学反応性」は一般に、当事者にとって関心のあ
るレベルより低い化学的相互作用の速度を指す。

【0113】

一般に、ハウジング 7 の内部は、内部に曝されるハウジング 7 の全ての表面が被覆されるように、障壁 30 に対するホストであってよい。少なくとも 1 つの処理されていない領域 31 が、ボディ 20 内およびキャップ 24 の外面 36 に含まれてよい（図 8 A を参照のこと）。いくつかの実施形態において、処理されていない領域 31（図 8 B を参照のこと）が、（溶接等により）密封または接続されるだろう領域等の組み立ての要件を構成するために含まれてよい。

【0114】

障壁 30 は、常套的な技術を用いて内部に適用してよい。例えば、PTFE の場合、障壁 30 は、障壁 30 をコーティングとして内面に塗布または噴霧することにより適用してよい。プロセスの一部としてマスクを用いて、処理されていない領域 31 が所望の保全された状態を保つのを確保してよい。手短に言えば、障壁 30 をもたらすのに種々の技術を用いてよい。

【0115】

一の例示的实施形態において、障壁 30 は約 3 ミル (mil) ~ 約 5 ミルの厚さであり、一方、障壁 30 に用いられる材料は PFA 系材料である。この例において、障壁 30 を構成する材料を受ける表面は、酸化アルミニウム等のグリットブラスティングにより整えられる。表面が洗浄されたら、材料が、まずは液体として、次いで粉末として適用される。材料は、熱処理プロセスにより硬化される。いくつかの実施形態において、加熱サイクルは、約 370 °C の温度において、継続時間が約 10 分 ~ 約 15 分である。これにより、ピンホールサイズまたはより小さい欠陥が実質的にない障壁 30 の連続的仕上げがもたらされる。図 9 は、本明細書における教示に従うウルトラキャパシタ 10 の一の実施形態の組み立てを表す。この実施形態において、ウルトラキャパシタ 10 は、中に配置された障壁 30 を含むボディ 20 と、中に配置された障壁 30 を備えるキャップ 24 と、エネルギー貯蔵セル 12 とを含む。組み立ての間、キャップ 24 はボディ 20 の上に設置される。1 つ目の端子 8 は、キャップのフィードスルー 19 に電氣的に連結され、一方、2 つ目の端子 8 は、ハウジング 7 に、通常は底部において、キャップ 24 の側面または上に電氣的に連結される。いくつかの実施形態において、2 つ目の端子 8 は、（反対側のキャップ 24 等の）もう 1 つのフィードスルー 19 に連結される。

【0116】

障壁 30 がハウジング 7 の（1 または複数の）内面に配置されていると、ハウジング 7 と電解質との電気化学反応および他の反応が大いに低減され、または実質的に排除される。これは化学反応および他の反応の速度が一般に増大する高温において特に顕著である。

【0117】

ここで図 10 を参照すると、他の同等のウルトラキャパシタと比較したウルトラキャパシタ 10 の相対的性能が示されている。図 10 A において、ウルトラキャパシタ 10 の従来技術の実施形態に関して漏れ電流が示されている。図 10 B において、障壁 30 を含む同等のウルトラキャパシタ 10 に関して漏れ電流が示されている。図 10 B において、ウルトラキャパシタ 10 は、漏れ電流が図 10 A に示されるウルトラキャパシタと電氣的に同等である。両方の場合において、ハウジング 7 はステンレススチールであり、セルに供給される電圧は 1.75 ボルトであり、電解質は精製されなかった。温度を 150 °C で一

10

20

30

40

50

定に保持した。特に、図 10 A における漏れ電流が比較的高い初期値および時間にわたる実質的増加を示すのに対し、図 10 B における漏れ電流は、比較的低い初期値を示し、時間にわたって実質的な増加を示さない。

【0118】

一般に、障壁 30 は、エネルギー貯蔵セル 12 とハウジング 7 との間において適切な材料の適切な厚さを備える。障壁 30 は、均一な混合物、不均一な混合物および／または材料の少なくとも 1 つの層を含んでよい。障壁 30 は、完全な被覆を提供してよく（即ち電極接触子を除くハウジングの内部表面領域にわたる被覆を提供してよく）、または部分的な被覆を提供してよい。いくつかの実施形態において、障壁 30 は、複数の構成要素から形成される。例えば、以下に提示し且つ図 11 において図示される実施例を検討されたい。

10

【0119】

図 11 を参照して、追加の実施形態の態様を示す。いくつかの実施形態において、エネルギー貯蔵セル 12 はエンベロープ（または包装体）33 内に置かれる。即ち、エネルギー貯蔵セル 12 は、上に配置された、上を覆った、または組み立てた時点でハウジング 7 からエネルギー貯蔵セル 12 を隔離するために他の方法で適用された障壁 30 を有する。エンベロープ 33 は、エネルギー貯蔵セル 12 をハウジング 7 の中にパッケージングするよりもかなり前に適用してよい。従って、エンベロープ 33 の使用は、製造者等に対して一定の利点を提示し得る。（説明のために、エンベロープ 33 はエネルギー貯蔵セル 12 の上にゆとりを持たせて（またはゆったりと）配置されるものとして示されていることに留意されたい。）

20

【0120】

いくつかの実施形態において、エンベロープ 33 はコーティングと併せて用いられ、コーティングは内面の少なくとも一部の上に配置される。例えば、一の実施形態において、コーティングは、ハウジング 7 の内部において、エンベロープ 33 が少なくとも部分的に危険（突出した端子 8 等）にさらされ得る領域のみに配置される。エンベロープ 33 およびコーティングは一緒に効果的な障壁 30 を形成する。

【0121】

従って、障壁 30 を組み込むことにより、従来技術を考慮して比較的低い初期値および実質的に低速である漏れ電流の経時的増加を有する漏れ電流を示すウルトラキャパシタを提供し得る。意義深いことに、従来技術のキャパシタが漏れ電流の極めて高い初期値および／または極めて急速である漏れ電流の経時的増加を示すだろう周囲温度にウルトラキャパシタが曝されるとき、ウルトラキャパシタの漏れ電流は、実用的な（即ち望ましく低い）レベルのままである。

30

【0122】

常套的には、用語「漏れ電流」は一般に、所定の時間の後に測定される、キャパシタによって引かれる電流を指す。この測定は、キャパシタの端子が実質的に固定された電位差（端子電圧）で保持されるときに行われる。漏れ電流を評価するとき、通常の間隔は 72 時間であるが、異なる時間を用いてよい。従来技術のキャパシタに関する漏れ電流は一般に、エネルギー貯蔵媒体の体積および表面積の増加ならびに付随するハウジング内部の表面積の増加に従って増加することが注目される。一般に、漏れ電流の増大は、ウルトラキャパシタ 10 内の反応速度が徐々に増大することを示していると考えられる。漏れ電流の性能要件は一般に、特定の用途において普及している環境条件によって定義される。例えば、体積が 20 mL のウルトラキャパシタ 10 に関して、漏れ電流の実用限界は、100 mA を下回ってよい。

40

【0123】

障壁 30 の実施形態およびその種々の態様をこのように説明してきたが、ウルトラキャパシタ 10 が、ハウジング 7 とエネルギー貯蔵媒体 1 との反応を低減させた結果として他の利益を示してよいことを理解するべきである。例えば、ウルトラキャパシタ 10 の等価直列回路（ESR）は、比較的低い値を時間にわたって示してよい。更に、従来技術のキ

50

ャパシタにおいて起こる望まない化学反応はしばしば、アウトガス（またはガス放出、out-gassing）、または密封されたハウジングの場合におけるハウジングの膨張（または膨れ）等の望まない影響を生む。両方の場合において、このことにより、ハウジングの構造的一体性（または完全性）および／またはキャパシタの密封が危険にさらされる。最終的に、このことにより、従来技術のキャパシタのリークまたは壊滅的な故障がもたらされ得る。いくつかの実施形態において、これらの影響は、開示された障壁 30 の適用により実質的に低減または排除し得る。

【0124】

用語「障壁」および「コーティング」は本明細書の教示事項に限定されないことを理解すべきである。即ち、適切な材料をハウジング 7、ボディ 20 および／またはキャップの内部に適用する任意の技術を用いてよい。例えば、他の実施形態において、障壁 30 は、実際にはハウジングボディ 20 を構成する材料の中または上に作製され、次いで、その材料は、必要に応じて加工または成形されて、ハウジング 7 の種々の構成要素を形成する。障壁 30 を適用するための多数の可能な技術のいくつかを考えると、（1 または複数の）材料をローラー塗布、スパッタリング、焼結、積層、印刷または他の方法で適用することが同様に適切であってよい。手短に言えば、障壁 30 は、製造者、設計者および／または使用者によって適切であると考えられる任意の技術を用いて適用してよい。

【0125】

障壁 30 において用いられる材料は、反応性、誘電性の値（dielectric value）、融点、ハウジング 7 の材料に対する接着性、摩擦係数、コストおよび他のそのような因子等の特性に従って選択してよい。（例えば積層された、混合された、または他の方法で組み合わせられた）材料の組み合わせを用いて所望の特性を提供してよい。

【0126】

障壁 30 を備えるハウジング 7 等の改良されたハウジング 7 を用いることにより、いくつかの実施形態において、電解質 6 の劣化が制限され得る。壁 30 は、改良されたハウジング 7 を提供するための一の技術を提示するが、他の技術を用いてよい。例えば、アルミニウムから作製されるハウジング 7 の使用は、電解質 6 の存在下でのアルミニウムの電気化学的特性を理由として、好都合だろう。尤も、アルミニウムの製造の困難さを考えると、アルミニウムを利用したハウジング 7 の実施形態を構築することは（現在に至るまで）不可能であった。

【0127】

ハウジング 7 の追加の実施形態は、全ての内面にアルミニウムを与える実施形態を含み、その内面は電解質に曝されてよく、一方で、使用者にハウジングの溶接および密封可能性を提供する。ウルトラキャパシタ 10 の改良された性能は、内部腐食の低減、導電性媒体における異種金属の使用に付随する問題の排除および他の理由により実現され得る。好都合なことに、ハウジング 7 は既存技術、ガラス—金属（glass-to-metal）シール（または封止もしくは密封）を含む（かつステンレススチール、タンタルまたは他の好都合な材料および構成要素から作製されるものを含んでよい）利用可能な電極挿入物等を利用し、従って、製造が経済的である。

【0128】

ウルトラキャパシタ 10 に適したハウジング 7 の実施形態として本明細書に開示されているが、これらの実施形態は（障壁 30 と同様に）、適切であると考えられる任意の種類のエネルギー貯蔵体と共に用いられてよく、実施可能な任意の種類の技術を含んでよい。例えば、電気化学電池、特にリチウム系電池を含む他の形態のエネルギー貯蔵体を用いてよい。

【0129】

いくつかの実施形態において、ボディ 20 の構造に用いられる材料はアルミニウムを含み、アルミニウムは、設計者または製造者が適切であると考えられる任意の種類のアルミニウムまたはアルミニウム合金（これらの全ては、大別して本明細書において単に「アルミニウム」とよばれる）を含んでよい。種々の合金、積層体等を、アルミニウム（ボディ 20

の内部に曝されるアルミニウム)の上に配置(例えば被覆)してよい。追加の材料(構造材料またはいくつかのポリマー系材料等の電氣的に絶縁性の材料等)を、ボディおよび/またはハウジング7を補うのに用いてよい。アルミニウムの上に配置される材料は、設計者または製造者が適切であると考えることにより同様に選択されてよい。

【0130】

一般に、ハウジング7の内部に曝される(1または複数の)材料は、電解質6に曝されるとき、十分に低い反応性を示し、従って、実施形態のいくつかの例示に過ぎず、本明細書における教示事項に限定されない。

【0131】

この例は、キャップ24における唯1つのフィードスルー19を表しているが、ハウジング7の構造は本明細書において論じられる実施形態に限定されないことを理解すべきである。例えば、キャップ24は複数のフィードスルー19を含んでよい。いくつかの実施形態において、ボディ20は、環状の円筒の反対側の端部において第2の同様のキャップ24を含む。更に、ハウジング7が環状の円筒形ボディ20を有する実施形態に限定されないことを理解すべきである。例えば、ハウジング7は、シェル型、角柱型、パウチ型、または設計者、製造者または使用者のニーズに適した任意の他のデザインであってよい。

【0132】

ハウジング7の高性能の密封が望ましい。即ち、外部環境(例えば空気、湿気等)の侵入の防止は、エネルギー貯蔵セル12の構成要素の純度を維持するのに役立つ。更に、これにより、エネルギー貯蔵セル12からの電解質6のリーク(または漏れ)が防止される。

【0133】

ここで図12を参照して、キャップ24のブランク34の実施形態の態様を示す。図12Aにおいて、ブランク34は多層材料を含む。第1の材料の層41はアルミニウムである。第2の材料の層42はステンレススチールである。図12の実施形態において、ステンレススチールはアルミニウムの上に被覆され、それにより冶金的特性の所望の組み合わせを示す材料がもたらされる。即ち、本明細書に提示される実施形態において、アルミニウムはエネルギー貯蔵セル(即ちハウジング)の内部に曝され、一方、ステンレススチールは外部に曝される。このようにして、アルミニウムの好都合な電氣的特性が享受され、一方、ステンレススチールの構造的特性(および冶金的特性、即ち溶接性)が構造に信頼性を持たせる。多層材料は適切であると考えられる追加の層を含んでよい。

【0134】

上述のように、第1の材料の層41は、第2の材料の層42の上に(または第2の材料の層42と共に)被覆される。本明細書において用いられる場合、用語「被覆する」、「被覆」等は、異種金属と一緒に結合することを指す。被覆はしばしば、ダイ(または金型)を通して2つの金属を押し出すこと、および高圧下でシートと一緒にプレスまたは圧延することにより達成される。レーザークラッディング等の他のプロセスを用いてよい。結果は、複数の層からなる材料のシートであり、材料の複数の層は、材料が単一のシートとしてはたらき得るように一緒に結合されている(例えば、均一な材料の単一の層が形成されているように形成される)。

【0135】

更に図12Aを参照すると、一の実施形態において、(図示されるように)平坦な金属材料(stock)のシートが、平坦なキャップ24を作製するためのブランク34を提供するのに用いられる。第2の材料の層42の一部は、キャップ24のボディ20への取り付けを容易にするために(キャップ24の外周の周り等が)除去されてよい。図12Bにおいて、ブランク34のもう1つの実施形態を示す。この例において、ブランク34は、凹形構造に形成される被覆材料のシートとして提供される。図12Cにおいて、ブランク34は、凸形構造に形成される被覆材料のシートとして提供される。ブランク34の種々の実施形態(図12に示される実施形態等)から作製されるキャップ24は、ハウジン

グ 7 のボディ 20 に対する溶接を支持するように構成される。より具体的には、図 12B の実施形態は、ボディ 20 の内径内に適合するようになっており、一方、図 12C の実施形態は、ボディ 20 の外径の表面に適合するようになっている。種々の代わりの実施形態において、シート内の被覆材料の層を逆転させてよい。

【0136】

組み立ての際、キャップ 24 はボディ 20 に接合されてよく、それにより使用者に密封が提供される。例示的溶接技術は、レーザー溶接および TIG（またはティグ）溶接を含み、適切であると考えられる他の形態の溶接を含んでよい。

【0137】

ここで図 13 を参照して、電極アセンブリ（または電極組立体）50 の一の実施形態を示す。電極アセンブリ 50 は、ブランク 34 の中に取り付けられるように、且つエネルギー貯蔵媒体から使用者への電氣的連通を提供するように設計される。一般に、電極アセンブリ 50 はスリーブ（sleeve）51 を含む。スリーブ 51 は絶縁体 26 を囲み、絶縁体 26 はフィードスルー 19 を囲む。この例において、スリーブ 51 は、フランジ（またはつば）付きの上部を備える環状の円筒である。

【0138】

キャップ 24 を組み立てるために、穿孔（図示せず）をブランク 34 に形成する。穿孔は、電極アセンブリ 50 に一致するサイズの幾何学的形状を有する。従って、電極アセンブリ 50 はブランク 34 の穿孔に挿入される。電極アセンブリ 50 が挿入された時点で、電極アセンブリ 50 は、溶接等の技術によってブランク 34 に取り付けられ、溶接は、スリーブ 51 のフランジの外周の周りを溶接するレーザー溶接であってよい。図 24 を参照して、溶接を実施する位置（またはポイント）61 が示される。この実施形態において、位置 61 は、ステンレススチールをステンレススチールに溶接するのに適した位置を提供し、比較的簡単な溶接手順を提供する。従って、本明細書の教示事項は、ブランク 34 の所定の位置への電極アセンブリ 50 のしっかりした溶接を提示する。

【0139】

スリーブ 51 を構成する材料は、種々の種類の金属または金属合金を含んでよい。一般に、スリーブ 51 の材料は、例えば、構造的完全性（または整合性）および（ブランク 34 に対する）接合性に従って選択される。スリーブ 51 の例示的材料として、304 ステンレススチールまたは 316 ステンレススチールが挙げられる。フィードスルー 19 を構成する材料は、種々の種類の金属または金属合金を含んでよい。一般に、フィードスルー 19 の材料は、例えば、構造的完全性および電気コンダクタンスに従って選択される。電極のための例示的材料は、446 ステンレススチールまたは 52 合金を含む。

【0140】

一般に、絶縁体 26 が、公知の技術（即ちガラス-金属接合）によりスリーブ 51 およびフィードスルー 19 に接合される。絶縁体 26 を構成する材料は、高温ガラス、セラミックガラスまたはセラミック材料を含む種々の種類のガラスを含んでよいが、これに限定されない。一般に、絶縁体の材料は、例えば、構造的完全性および電気抵抗（即ち電気絶縁性）に従って選択される。

【0141】

ガラス-金属接合に依存する構成要素（電極アセンブリ 50 の上述の実施形態等）の使用および種々の溶接技術の使用は、エネルギー貯蔵体の密封を提供する。密封をもたらすために他の構成要素を同様に用いてよい。本明細書において用いられる場合、用語「密封」は通常、本明細書において定義される漏れ速度以下の漏れ速度を示す封止を指す。尤も、実際の密封の有効性は、この基準より良好に機能してよいと考えられる。

【0142】

電極アセンブリ 50 をブランク 34 に連結するための追加の又は他の技術は、そのような技術が適切であると考えられる場合に、スリーブ 51 のフランジの下（フランジと第 2 の材料の層 42 との間）に結合剤（bonding agent）を用いることを含む。

【0143】

10

20

30

40

50

ここで図 1 5 を参照すると、エネルギー貯蔵セル 1 2 はボディ 2 0 内に配置される。少なくとも 1 つの端子 8 は（フィードスルー 1 9 等に）適切に連結され、キャップ 2 4 がボディ 2 0 に結合されて、ウルトラキャパシタ 1 0 がもたらされる。

【0144】

組み立てられた時点で、キャップ 2 4 およびボディ 2 0 を密封してよい。図 1 6 は、組み立てられたエネルギー貯蔵体（この場合、ウルトラキャパシタ 1 0）の種々の実施形態を表す。図 1 6 A において、平坦なブランク 3 4（図 1 2 A を参照のこと）が、平坦なキャップ 2 4 を作製するのに用いられる。キャップ 2 4 がボディ 2 0 に設置された時点で、キャップ 2 4 およびボディ 2 0 を溶接してシール 6 2 を形成する。この場合、ボディ 2 0 が環状の円筒であるので、溶接は、ボディ 2 0 およびキャップ 2 4 の外周の周りにおいて進められる。図 1 6 B に示す第 2 の実施形態において、凹形のブランク 3 4（図 1 2 B を参照のこと）は、凹形のキャップ 2 4 を作製するのに用いられる。キャップ 2 4 がボディ 2 0 に設置された時点で、キャップ 2 4 およびボディ 2 0 を溶接してシール 6 2 を形成する。図 1 6 C に示す第 3 の実施形態において、凸形のブランク 3 4（図 1 2 C を参照のこと）は、凸形のキャップ 2 4 を形成するのに用いられる。キャップ 2 4 がボディ 2 0 に設置された時点で、キャップ 2 4 およびボディ 2 0 を溶接してシール 6 2 を形成してよい。

【0145】

必要に応じて、クラッド材（または被覆材）を（例えば機械加工またはエッチング等の技術により）除去して、多層材料中の他の金属を露出させてよい。従って、いくつかの実施形態において、シール 6 2 は、アルミニウム－アルミニウム溶接を含んでよい。アルミニウム－アルミニウム溶接は、必要に応じて他の留め具で補われてよい。

【0146】

ハウジング 7 を密封するのに他の技術を用いてよい。例えば、レーザー溶接、T I G 溶接、抵抗溶接、超音波溶接および他の形態の機械的密封を用いてよい。尤も、一般に、機械的密封の常套的形態は単独では、ウルトラキャパシタ 1 0 において示される強固な密封をもたらすのに十分ではないことに留意するべきである。

【0147】

いくつかの実施形態において、多層材料が内部の構成要素に用いられる。例えば、アルミニウムをステンレススチールで被覆して、端子 8 の少なくとも 1 つにおいて多層材料をもたらししてよい。これらの実施形態のいくつかにおいて、アルミニウムの一部を除去してステンレススチールを露出させてよい。次いで、露出したステンレススチールを用いて、簡単な溶接手順の使用により端子 8 をフィードスルー 1 9 に取り付けてよい。

【0148】

内部構成要素にクラッド材を用いることは、クラッド材の特定の実施形態を必要とすることがある。例えば、アルミニウム（底部層）、ステンレススチールおよび／またはタンタル（中間層）ならびにアルミニウム（上部層）を含むクラッド材を用いることが好都合であってよく、それにより、ステンレススチールがウルトラキャパシタ 1 0 の内部環境に曝されることが制限される。これらの実施形態は、例えば、P T F E 等のポリマー材料を用いた追加のコーティングにより増強されてよい。

【0149】

一般に、ハウジングの組立はしばしば、貯蔵セル 1 2 をボディ 2 0 内に設置すること、およびボディ 2 0 を電解質 6 で満たす（または充填する）ことを伴う。乾燥工程を行ってよい。例示的乾燥として、しばしば減圧（例えば真空）下で貯蔵セル 1 2 および電解質 6 を中に備えるボディ 2 0 を加熱することが挙げられる。十分な（オプションの）乾燥を行った時点で、組立の最終工程を行ってよい。最終工程において、内部の電氣的接続を形成し、キャップ 2 4 を取り付け、例えばキャップ 2 4 をボディ 2 0 に溶接することにより、キャップ 2 4 をボディ 2 0 に対して密封する。

【0150】

従って、多層材料を活用するハウジング 7 を提供することにより、従来技術を考えると初期値が比較的低い漏れ電流および漏れ電流の実質的に低速の経時的な増加を示すエ

エネルギー貯蔵体がもたらされる。意義深いことに、エネルギー貯蔵体の漏れ電流は、ウルトラキャパシタ10が、従来技術のキャパシタが漏れ電流の極めて高い初期値および／または漏れ電流の極めて急速な経時的な増加を示す周囲範囲に曝されるときに、実用的な（即ち望ましく低い）レベルのままである。

【0151】

加えて、ウルトラキャパシタ10は、ハウジング7とエネルギー貯蔵セル12との反応が低減される結果として、他の利益を提示してよい。例えば、エネルギー貯蔵媒体の等価直列抵抗（ESR）は時間にわたって比較的低い値を示してよい。更に、従来技術のキャパシタにおいて行われる不要な化学反応はしばしば、アウトガス、または密封されたハウジングの場合、ハウジング7の膨れ等の不要な影響を及ぼす。両方の場合において、このことは、ハウジング7の構造的完全性および／またはエネルギー貯蔵体の密封の妥協をもたらす。最終的に、このことにより、従来技術のキャパシタのリークまたは壊滅的な故障がもたらされ得る。これらの影響は、開示される障壁の適用によって実質的に低減されてよく又は排除されてよい。

【0152】

従って、使用者は、エネルギー貯蔵体のハウジング7が与えられており、ハウジング7において、最大でハウジング7の内面の全てである実質的部分がアルミニウムである（また、後述のように非干渉の材料を含んでよい）。従って、内部腐食の問題が回避され、設計者は、電解質6として適切な材料の選択におけるより高い適応性が提供される。

【0153】

多層材料（例えばクラッド材）を用いることにより、ステンレススチールはハウジング7に組み込まれてよく、従って、ガラスー金属シールを備える構成要素を用いてよい。構成要素は、レーザーまたは抵抗溶接等の技術を用いてクラッド材のステンレススチール側に溶接してよく、一方、クラッド材のアルミニウム側は他のアルミニウム部品（例えばボディ20）に溶接されてよい。

【0154】

いくつかの実施形態において、絶縁性ポリマーを、ハウジング7の部品を被覆するのに用いてよい。このようにして、エネルギー貯蔵体の構成要素が許容可能な種類の金属（アルミニウム等）にのみ曝されることを保証することが可能である。例示的絶縁性ポリマーとして、PFA、FEP、TFEおよびPTFEが挙げられる。適切なポリマー（または他の材料）は、システム設計者または製造者のニーズおよびそれぞれの材料の特性のみによって制限される。図23を参照してよく、図17において、少量の絶縁性材料39が、スリーブ51およびフィードスルー19のステンレススチールに電解質6が曝されることを制限するために含まれる。この例において、端子8は、溶接等によりフィードスルー19に連結され、次いで、絶縁性材料9で被覆される。

【0155】

ここで、キャップ24の組み立てのもう1つの実施形態の態様が表される図18を参照されたい。図18Aは、キャップ24のボディ（または本体）を提供するのに用いられる型板（またはテンプレート）（即ちブランク34）を表している。型板は一般に、適切な種類のエネルギー貯蔵セル（ウルトラキャパシタ10等）のハウジング7に嵌まるようなサイズである。キャップ24は、まず、型板内にドーム37を含む、型板を形成する型板を提供し（図18Bに示す）、次いで、ドーム37に穴を開けて貫通路（through-way）32を設ける（図18Cに示す）ことにより形成されてよい。もちろん、ブランク34（例えば円形の金属材料（stock））は、上述の特徴が同時にもたらされるようにプレスしてよく、または他の方法で作製してよい。

【0156】

一般に、またこれらの実施形態に関して、キャップはアルミニウムまたはその合金から形成されてよい。尤も、キャップは、製造者、使用者、設計者等が適切であると考えた任意の材料から形成されてよい。例えば、キャップ24は、スチールから作製されてよく、不動態化されてよく（即ち、不活性コーティングで被覆されてよく）、またはハウジング

7において用いるために他の方法で作製されてよい。

【0157】

ここでまた図19を参照すると、電極アセンブリ50のもう1つの実施形態が示される。これらの実施形態において、電極アセンブリ50は、フィードスルー19およびフィードスルー19の周りに配置された半球形状の材料を含む。半球形状の材料は絶縁体26として機能し、一般に、ドーム37に適合するように成形される。半球状の絶縁体26は、電解質6の化学的影響に耐えながら密封を提供するのに適した任意の材料から作製してよい。例示的材料として、PFA（パーフルオロアルコキシポリマー）、FEP（フッ素化エチレンプロピレン）、PVF（ポリフッ化ビニル）、TFE（テトラフルオロエチレン）、CTFE（クロロトリフルオロエチレン）、PCTFE（ポリクロロトリフルオロエチレン）、ETFE（ポリエチレンテトラフルオロエチレン）、ECTFE（ポリエチレンクロロトリフルオロエチレン）、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）、別のフッ素ポリマー系材料、および（様々な程度における）同様の特性を示し得かつ（例えば、とりわけ高温における溶媒、酸および塩基に対する高耐性、低コスト等を示すことによる）十分な性能をもたらし得る他の任意の材料が挙げられる。

【0158】

フィードスルー19は、アルミニウムまたはその合金から形成されてよい。尤も、フィードスルー19は、製造者、使用者、設計者等が適切であると考え任意の材料から形成されてよい。例えば、フィードスルー19は、スチールから作製されてよく、不動態化（即ち、シリコン等の不活性コーティングで被覆）されてよく、または電極アセンブリ50において使用するために他の方法で作製されてよい。不動態化のための例示的技術として、水素化非晶質シリコンのコーティングを基体の表面に沈着させること、および圧力および昇温（または高温）の下で有効な長さの時間、基体を少なくとも1つの不飽和炭化水素基を有する結着剤（binding reagent）に曝すことにより被覆された基体を官能化することが挙げられる。水素化非晶質シリコンコーティングは、圧力および昇温（または高温）の下で有効な長さの時間、基体を水素化ケイ素ガスに曝すことにより沈着する。

【0159】

半球状の絶縁体26は、キャップ24の中に取り付けたときに滑り嵌め（snug fit）（即ち、密封）が達成されるように、ドーム37に対して寸法決めしてよい。半球状の絶縁体26は、完全に対称または典型的な半球状の比率である必要はない。即ち、半球状の絶縁体26は実質的に半球状であり、例えば、比率のわずかな調節、（基部（base）等における）適度なフランジおよび適切であると考えられる他の特徴を含んでよい。半球状の絶縁体26は一般に均一な材料から形成されるが、このことは要件ではない。例えば、半球状の絶縁体26は、所望の膨張または圧縮性を提供するために、空気またはガスで満たされたトーラス（torus）（図示せず）を中に含んでよい。

【0160】

図20に示すように、電極アセンブリ50は、型板（即ち、成形されたブランク34）に挿入されて、半球状の密封を含むキャップ24の一の実施形態をもたらしてよい。

【0161】

図21に示すように、種々の実施形態において、固定器具（または保持器具）43がキャップ24の底部（即ち、ハウジング7の内部に対面し且つエネルギー貯蔵セル12に対面するキャップ24の一部分）に結合されてよく、または他の方法で嵌合されてよい。固定器具43は、アルミニウム溶接（例えばレーザー、超音波等）等の種々の技術によってキャップ24に結合されてよい。例えばスタンピング（即ち機械的結合）およびろう付けを含む他の技術を結合に用いてよい。結合は、例えば、固定器具43の外周に沿って存在してよい。一般に、結合は、少なくとも1つの結合点において設けられて所望のシール71を形成する。複数のリベット等の少なくとも1つの締め具が、固定器具43内に絶縁体26を密封するのに用いられてよい。

【0162】

図 2 1 の例において、キャップ 2 4 は凹型である（図 1 2 B を参照のこと）。尤も、他の型を用いてよい。例えば、凸形のキャップ 2 4 が提供されてよく（図 1 2 C）、オーバーキャップ（overcap）2 4 を用いてもよい（図 1 2 C の実施形態の変形であり、これは図 1 6 C で表されるように取り付けられるように構成される）。

【0163】

いくつかの実施形態において、ハウジング 7 およびキャップ 2 4 の少なくとも一方は、複数の層を含む材料を含む。例えば、材料の第 1 の層は、アルミニウムを含んでよく、材料の第 2 の層はステンレススチールであってよい。この例において、ステンレススチールがアルミニウムの上を被覆し、それにより、冶金的特性の所望の組み合わせを示す材料がもたらされる。即ち、本明細書において提示される実施形態において、アルミニウムは、エネルギー貯蔵セル（即ちハウジング）の内部に曝され、一方、ステンレススチールは外部に曝される。このようにして、アルミニウムの好都合な電気的特性が得られ、一方、ステンレススチールの構造的特性（および冶金的特性、即ち溶接性）が、構造に信頼性を持たせる。多層材料は適切であると考えられる追加の層を含んでよい。好都合なことに、これにより、ステンレススチールに対するステンレススチールの溶接、比較的簡単な溶接手順が提供される。

【0164】

キャップおよびフィードスルー 1 9 に用いられる材料は、半球状の絶縁体 2 6 の熱膨張に関連して選択されてよい。更に、製造技術は、熱膨張を考慮して考案されてよい。例えば、キャップ 2 4 を組み立てるとき、製造者は、半球状の絶縁体 2 6 に圧力をかけてよく、それにより、半球状の絶縁体 2 6 を少なくともいくらか圧縮してよい。このようにして、キャップ 2 4 の少なくともいくらかの熱膨張が、密封の有効性を危険にさらすことなくそこでもたらされる。

【0165】

ボディ 2 0 の構造に用いられる材料はアルミニウムを含むが、設計者または製造者は、任意の種類のアルミニウムまたはアルミニウム合金（これらの全ては概括的に、本明細書において単に「アルミニウム」とよぶ）が適切であると考え。種々の合金、積層体等がアルミニウムの上に配置されてよい（例えば、アルミニウムを被覆してよい）（アルミニウムはボディ 2 0 の内部に曝される）。追加の材料（構造材料または電気的に絶縁性の材料等、いくつかのポリマー系材料等）が、ボディおよび／またはハウジング 7 を補完（または補強）するのに用いられてよい。アルミニウムの上に配置される材料は、設計者または製造者が適切であると考えるものによって同様に選択されてよい。

【0166】

アルミニウムの使用は必要でなく、または要求されない。手短に言えば、材料の選択は、設計者、製造者または使用者等が適切であると考え任意の材料の使用をもたらしてよい。例えば電解質 6 との電気化学的相互作用の低減、構造的特性、コスト等の種々の要因を考慮してよい。

【0167】

ここで、貯蔵セル 1 2 をより一層詳細に論じる。ウルトラキャパシタ 1 0 の破断図が提示される図 2 2 を参照されたい。この例において、貯蔵セル 1 2 はボディ 2 0 の中に挿入され、ボディ 2 0 内に収容される。複数のリード線の各々は、一緒に束ねられ、端子 8 の 1 つとしてハウジング 7 に連結される。いくつかの実施形態において、複数のリード線はボディ 2 0 の底部に（その内部において）連結され、それにより、ボディ 2 0 を負接触子 5 5 にする。同様に、別の複数のリード線が束ねられてフィードスルー 1 9 に連結され、それにより正接触子 5 6 がもたらされる。負接触子 5 5 および正接触子 5 6 の電気的遮断は、電気絶縁体 2 6 によって維持される。一般に、リード線の連結は、レーザーおよび超音波溶接の少なくとも一方等の溶接によって達成される。言うまでもなく、必要であると考えられる他の技術を用いてよい。

【0168】

高性能のエネルギー貯蔵体を提供するために、強固な組み立て技術が必要とされること

が理解されるべきである。従って、組み立て技術のいくつかをここで論じる。

【0169】

ここで図23を参照して、一の例示的電極3の構成要素を示す。この例において、電極3は負極3として用いられるだろう（尤も、この記号表示は任意のものであり、単に参照するためのものである）。

【0170】

図から気付き得るように、少なくともこの実施形態において、セパレータ5は一般に、エネルギー貯蔵媒体1（および集電体2）よりも長さが長く、かつ幅が広い。より大きいセパレータ5を用いることにより、負極3と正極3との短絡に対する保護が提供される。セパレータ5における追加の材料の使用により、リード線および端子8のより良好な電気的保護ももたらされる。

10

【0171】

ここで、貯蔵セル12の一の実施形態の側面図を提供する図24を参照されたい。この例において、エネルギー貯蔵媒体1の積層体は、貯蔵セル12が巻かれた貯蔵セル23へと組み立てられるときに電極3が電氣的に隔離されるように、第1のセパレータ5および第2のセパレータ5を含む。電極3およびウルトラキャパシタ10の組み立てに関する用語「正（または正極）」および「負（または負極）」は単に任意のものであり、ウルトラキャパシタ10において構成されるとき機能性に言及するものであり、電荷がその中に貯蔵されることに留意されたい。当該技術分野において一般に採用されたこの慣例は、組み立て前に電荷が貯蔵されることを適用することを意味せず、または異なる電極の物理的同定を提供する以外の他の任意の態様を含意することを意味しない。

20

【0172】

貯蔵セル12を巻く前に、負極3および正極3は互いに対して位置調節される。最も高度な位置調節が存在する場合、イオン輸送の経路長は一般に最小であるので、電極3の位置調節は、ウルトラキャパシタ10のより良好な性能をもたらす。更に、高度な位置調節を提供することにより、過剰なセパレータ5が含まれず、その結果、ウルトラキャパシタ10の効率が低下しない。

【0173】

ここで図25も参照すると、電極3が巻かれて、巻かれた貯蔵セル23となった貯蔵セル12の一の実施形態が示されている。セパレータ5の1つは貯蔵セル12の最も外側の層として存在し、ハウジング7の内側からエネルギー貯蔵媒体1を隔離する。

30

【0174】

「極性のマッチング」が、巻かれた貯蔵セル23における最も外側の電極の極性をボディ20の極性と一致させるのに利用されてよい。例えば、いくつかの実施形態において、負極3は、巻かれた貯蔵セル23を提供するきっちりと詰められたパッケージの最も外側に存在する。これらの実施形態において、短絡に対する別の程度の確実さが提供される。即ち、負極3がボディ20に連結される場所において、負極3は、巻かれた貯蔵セル23における最も外側の電極として配置される。従って、万一セパレータ5が使用中のウルトラキャパシタ10の振動により誘発される機械的摩耗等により機能しなくなったとしても、ウルトラキャパシタ10は、巻かれた貯蔵セル23における最も外側の電極とボディ20との間の短絡の結果として機能しなくなるだろう。

40

【0175】

巻かれた貯蔵セル23の各実施形態について、基準マーク72は、少なくともセパレータ5に存在してよい。基準マーク72は、電極3の各々におけるリード線の配置をもたらすために用いられるだろう。いくつかの実施形態において、リード線の位置決めは、計算によりもたらされる。例えば、ゼリーロールの内径ならびに組み合わせられたセパレータ5および電極3の全体の厚さを考慮に入れることにより、各々のリード線の配置のための位置が見積もられてよい。尤も、実行により、基準マーク72を用いることがより効果的かつ効果的であることが示される。基準マーク72は、例えば、（1または複数の）セパレータ5の終端におけるスリットを含んでよい。

50

【0176】

一般に、基準マーク72は、貯蔵セル12の各々の新しい仕様に対して採用される。即ち、貯蔵セル12の新しい仕様が、セル内の少なくとも1層の厚さを（上述の実施形態から）変化させることを必要とすることがあるので、上述の基準マークの仕様は少なくともいくらか不正確であり得る。

【0177】

一般に、基準マーク72は、ロールを、その中心からその周辺（または周縁）に横断する1つの放射線として明示される。従って、リード線が基準マーク72に沿って取り付けられる場合、各リード線は、（図27に示すように）残りのリード線と配列されるだろう。但し、貯蔵セル12が（貯蔵セル12がロールである又はロールであるだろう実施形態に対して）巻かれていない場合、基準マーク72は、（図26に示すように）複数のマーキングであると考えられてよい。常套的には、貯蔵セル12のマーキングの実施形態または外観に関わらず、リード線を組み込む位置の同定（または識別）は、「基準マーク72」または「基準マーク72の組（またはセット）」の決定を伴うと考えられる。

【0178】

ここで図26を参照すると、（巻き上げられた貯蔵セル12に印を付ける等により）基準マーク72が設置された時点で、各々のリード線を取り付けるための取り付け場所（即ち、基準マーク72により表される）が設けられる。各取り付け場所が特定された時点で、貯蔵セル12の任意の所定の組み立て仕様に対して、各取り付け場所の相対的位置は、貯蔵セル12の特定の組み立ての追加例のために繰り返されてよい。

【0179】

一般に、各リード線は、貯蔵セル12におけるそれぞれの集電体2に連結される。いくつかの実施形態において、集電体2およびリード線の両方はアルミニウムから作製される。一般に、リード線は、幅Wにわたって集電体2に連結されるが、リード線は、幅Wの一部のみに連結されてよい。連結は、例えば、リード線の集電体2に対する超音波溶接によって達成されてよい。連結を達成するために、エネルギー貯蔵媒体1の少なくともいくつかは、各リード線が適切に集電体2に接合され得るように（必要に応じて）除去されてよい。連結をもたらすために、他の作製および調節を必要に応じて行ってよい。

【0180】

言うまでもなく、対向する基準マーク73が含まれてよい。即ち、基準マーク72が設けられる方法と同じ方法で、対向する基準マーク73の組は、対向する極性に対するリード線の取り付けを構成するために作製されてよい。即ち、基準マーク72は、負極3等の第1の電極3にリード線を取り付けるのに用いられてよく、一方、対向する基準マーク73は、正極3にリード線を取り付けるのに用いられてよい。巻かれた貯蔵セル23が円筒形である実施形態に置いて、対向する基準マーク73は、エネルギー貯蔵媒体1の反対側に配置され、（示されるように）基準マーク72から縦（または長さ）方向に相殺される。

【0181】

図26において、基準マーク72および対向する基準マーク73は、両方とも1つの電極3に配置されるように示されることに留意されたい。即ち、図26は、単に基準マーク72および対向する基準マーク73の空間的（即ち、直線状）関係を説明するためのものである実施形態を表している。このことは、正極3および負極3がエネルギー貯蔵媒体1を共有することを暗示することを意味しない。尤も、基準マーク72および対向する基準マーク73が貯蔵セル12を巻き上げ、次いでセパレータ5に印を付けることにより設けられる例において、基準マーク72および対向する基準マーク73は、1つのセパレータ5に設けられることにより実際に存在してよいことに留意すべきである。尤も、実際には、基準マーク72および対向する基準マーク73の1組のみが、任意の所定の電極3にリード線を取り付けるのに用いられるだろう。即ち、図26に表される実施形態は、反対の極性を有するであろうもう1つの電極3に対するエネルギー貯蔵媒体1のもう1つの層で補完されるべきであることを理解するべきである。

【0182】

図27に示すように、上述の組み立て技術により、少なくとも1組の配列されたリード線を含む貯蔵セル12がもたらされる。配列されたリード線91の第1の組は、巻かれた貯蔵セル23としての形状を有する貯蔵セル12を負接触子55および正接触子56の一方と連結させるときに特に有用であり、一方、対向する配列されたリード線92の組は、エネルギー貯蔵媒体1と、対向する接触子(55、56)との連結をもたらす。

【0183】

巻かれた貯蔵セル23は、包装部材93に囲まれてよい。包装部材93は種々の実施形態において実現されてよい。例えば、包装部材93は、KAPTON(商標)テープ(DuPont(デラウェア州ウィルミントン)により開発されたポリイミドフィルム)またはPTFEテープとして提供されてよい。この例において、KAPTON(商標)テープは、巻かれた貯蔵セル23を囲み且つ巻かれた貯蔵セル23に接着される。包装部材93は、巻かれた貯蔵セル23の上に滑り込む、ぴったりと嵌まった包装部材93等、接着することなくもたらされてよい。包装部材93は、巻かれた貯蔵セル23を大部分において巻き込むバッグ(例えば、上で論じたエンベロープ73等)等のバッグとして、更に明示されてよい。これらの実施形態のいくつかにおいて、包装部材93は、収縮包装として機能する材料であって、それにより巻かれた貯蔵セル23の効率的な物理的(およびいくつかの実施形態において化学的)格納を提供する材料を含んでよい。一般に、包装部材93は、ウルトラキャパシタ10の電気化学的機能を妨げない材料から形成される。包装部材93は、例えば巻かれた貯蔵セル23の挿入を助けるために、必要に応じて一部の被覆をもたらしてもよい。

【0184】

いくつかの実施形態において、負のリード線および正のリード線は、巻かれた貯蔵セル23の対向する側に配置される(ゼリーロール型の巻かれた貯蔵セル23の場合、負極性のためのリード線および正極性のためのリード線は直径方向に対向してよい)。一般に、負極性のためのリード線および正極性のためのリード線を巻かれた貯蔵セル23の対向する側に配置することは、巻かれた貯蔵セル23の製造を促進するため、および改良された電氣的離隔をもたらすために行われた。

【0185】

いくつかの実施形態において、配列されたリード線91、92が組み立てられると、複数の配列されたリード線91、92の各々は、収縮包装(またはシュリンクラップ)(図示せず)が複数の配列されたリード線91、92の周りに配置され得るように、(適切な位置において)一緒に束ねられる。一般に、収縮包装はPTFEから形成されるが、適合する任意の材料を用いてよい。

【0186】

いくつかの実施形態において、収縮包装材料が配列されたリード線91の周りに配置された時点で、配列されたリード線91は、ウルトラキャパシタ10が組み立てられたときにとるべき形状に折り曲げられる(または折りたたまれる)。即ち、図28に関連して、配列されたリード線が「Z」形状をとることが理解されてよい。配列されたリード線91、92に「Z折り」を与えて、収縮包装を適用した後、収縮包装は、配列されたリード線91、92の周りの位置へと収縮包装が収縮するように加熱されてよく、または他の方法で活性化されてよい。従って、いくつかの実施形態において、配列されたリード線91、92は、包装部材によって強化され且つ保護されてよい。Z折りの使用は、エネルギー貯蔵媒体1をキャップ24内に配置されるフィードスルー19に連結するとき特に有用である。

【0187】

言うまでもなく、配列されたリード線91、92(即ち各端子8)の各セットをそれぞれの接触子55、56に連結するための他の実施形態を実施してよい。例えば、一の実施形態において、中間リード線が、配列されたリード線91、92のそれぞれのセットとの連結が容易になるように、フィードスルー19およびハウジング7の一方に連結される。

【0188】

使用される材料は、反応性、誘電性の値、融点、他の材料との接着性、溶接性、摩擦係数、コストおよび他のそのような因子等の特性に従って選択されてよい。（積層された、混合された、または他の方法で組み合わせられた等の）材料の組み合わせを用いて所望の特性を提供してよい。

【0189】

種々の実施形態において、複数のウルトラキャパシタ10を一緒に用いて電力供給をもたらすのに有用である。信頼性のある動作を提供するために、個々のウルトラキャパシタ10を使用前に検査してよい。種々の種類の試験を実施するために、各々のウルトラキャパシタ10は、取り付けられた複数のウルトラキャパシタ10と直列または並列に接続される1つのセルとして検査されてよい。種々の技術（溶接等）により接合される異なる金属を用いることにより、接続のESRを低減することができ、かつ接続の強度を増大させることができる。ウルトラキャパシタ10間の接続のいくつかの態様をここで導入する。

10

【0190】

いくつかの実施形態において、ウルトラキャパシタ10は2つの接触子を含む。この2つの接触子は、ガラスー金属シールピン（即ちフィードスルー19）およびハウジング7の全体の休止（entire rest）である。複数のウルトラキャパシタ10を直列接続する場合、内部リード線までの距離が最小であり、従って最小の抵抗であるように、ハウジング7の底部（円筒形のハウジング7の場合）の間の相互接続を連結することが望ましいことが頻繁にある。これらの実施形態において、相互接続の対向する端部は通常、ガラスー金属シールピンに連結される。

20

【0191】

相互接続に関して、一般的な種類の溶接は、チップ電気抵抗溶接機を並行して用いることを伴う。溶接は、ピンの上に相互接続の端部を位置調節すること、および相互接続をピンに直接溶接することにより行われてよい。多数の溶接（または溶合点）を用いることにより、強度、および相互接続とピンとの接続が増大されるだろう。一般に、ピンに溶接する場合、相互接続の端部の形状を、ピンとよく嵌まり合うように構成することは、短絡を引き起こすであろうピンと重なりあう過剰な材料が実質的に存在しないことを確保するはたきをする。

【0192】

対向するチップ電気抵抗溶接機が、相互接続をピンに溶接するのに用いられてよく、一方、超音波溶接機が、ハウジング7の底部に対する相互接続を溶接するのに用いられてよい。はんだ付け技術は、関連する金属が適合する場合に用いられてよい。

30

【0193】

相互接続に用いられる材料に関して、相互接続に用いられる一般的な種類の材料はニッケルである。ニッケルは、ステンレススチールと良好に溶接され、かつ強い界面を有するので、用いられてよい。例えば相互接続における抵抗を低減するために、他の金属および合金をニッケルの代わりに用いてよい。

【0194】

一般に、相互接続のために選択される材料は、ピンにおける材料およびハウジング7における材料との適合性で選択される。例示的材料として、銅、ニッケル、タンタル、アルミニウムおよびニッケルー銅被覆が挙げられる。使用してよい更なる金属として、銀、金、黄銅、白金およびスズが挙げられる。

40

【0195】

ピン（即ちフィードスルー19）がタンタルから作製される実施形態等のいくつかの実施形態において、相互接続は、短いブリッジ接続を採用する等による、中間の金属を利用してよい。例示的ブリッジ接続としてタンタルの細片（またはストリップ）が挙げられ、それは、アルミニウム／銅／ニッケルの細片をブリッジに溶接するための対向するチップ抵抗溶接機の使用により変更された。次いで、並列する抵抗溶接機が、タンタルの細片をタンタルのピンに溶接するのに用いられる。

50

【0196】

ブリッジは、ハウジング7である接触子において用いられてもよい。例えば、ニッケル片が、ハウジング7の底部に抵抗溶接されてよい。次いで、銅の細片（またはストリップ）がニッケルブリッジに超音波溶接されてよい。この技術は、セルの相互接続の抵抗を低下させるに役立つ。各接続に対して異なる金属を用いることにより、直接接続されたセル間の相互接続のESRを低減することができる。

【0197】

高温環境（即ち、最高で約210℃）に対して有用である堅固なウルトラキャパシタ10の態様をこのように説明してきたが、いくつかの追加の態様をここで提示および／または規定する。

10

【0198】

種々の材料をウルトラキャパシタ10の構成に用いてよい。ウルトラキャパシタ10の完全性は、酸素および水分が排除されるべきであり且つ電解質6が漏れるのを防止すべきである場合に不可欠である。このことを達成するために、シーム溶接および任意の他の封止点は、動作に関して意図される温度範囲にわたる気密性に関する基準を満たすべきである。また、選択された材料は、イオン液体および電解質6の配合において用いられてよい溶媒等の他の材料に適合するべきである。

【0199】

いくつかの実施形態において、フィードスルー19は、KOVAR（商標）（Carpenter Technology Corporation（ペンシルバニア州レディング）の商標。KOVARは、真空溶解された鉄－ニッケル－コバルト低膨張合金であって、その化学組成が正確で均一な熱膨張特性を確保する狭い範囲内に制御される合金である）、合金52（金属に対するガラスおよびセラミック封止に適したニッケル鉄合金）、タンタル、モリブデン、ニオブ、タングステン、ステンレススチール446（高温の腐食および酸化に対する良好な耐性を示す、フェライト系の非熱処理可能なステンレススチール）およびチタンの少なくとも1つ等の金属から形成される。

20

【0200】

上述の事項を利用するガラス－金属シールのボディ（または本体）は、304、304L、316および316L合金等の300シリーズのステンレススチールから製造されてよい。ボディは、Inconel（圧力および熱に付される極限的環境における設備によく適している耐酸化性および耐食性材料であるオーステナイト系ニッケル－クロム系超合金の仲間）およびHastelloy（ニッケルおよび様々なパーセンテージ（または割合）のモリブデン、クロム、コバルト、鉄、銅、マンガン、チタン、ジルコニウム、アルミニウム、炭素およびタングステンを含む高耐食性金属合金）等の種々のニッケル合金の少なくとも1つ等の金属から作製されてもよい。

30

【0201】

ガラス－金属シールにおけるフィードスルー19と周囲のボディとの間の絶縁材は通常ガラスであり、その組成は、シールの各製造者が所有するものであり、シールが圧縮下にあるか又は適合されるかに依る。他の絶縁性材料をガラス－金属シールにおいて用いてよい。例えば、種々のポリマーをシールにおいて用いてよい。用語「ガラス－金属」シールそれ自体は、単にシールの種類を説明するものであり、シールがガラスを含まなければならないことを示唆することを意味しない。

40

【0202】

ウルトラキャパシタ10のハウジング7は、例えば型式304、304L、316および316Lのステンレススチールから作製されてよい。それらは、1100、3003、5052、4043および6061等のいくつかのアルミニウム合金で構成されてもよいが、これに限定されない。種々の多層材料を用いてよく、例えば、ステンレススチール被覆アルミニウムを含んでよい。使用してよい他の限定的でない適合する金属として、白金、金、ロジウム、ルテニウムおよび銀が挙げられる。

【0203】

50

ウルトラキャパシタ 10 において用いられてきたガラスー金属シールの特定の例として、2つの異なる種類のガラスー金属シールが挙げられる。第 1 のガラスー金属シールは、米国における所在地がニューヨーク州エルムズフォードである S C H O T T により提供される。この実施形態は、ステンレススチールピン、ガラス絶縁体およびステンレススチールボディを用いる。第 2 のガラスー金属シールは、オハイオ州シンシナティの H E R M E T I C S E A L T E C H N O L O G Y により提供される。この第 2 の実施形態は、タンタルピン、ガラス絶縁体、およびステンレススチールボディを使用する。種々の実施形態の様々な寸法が提示されてよい。種々の実施形態の様々な寸法が提示されてよい。

【0204】

ガラスー金属シールの追加の実施形態として、アルミニウムシールおよびアルミニウムボディを使用する実施形態が挙げられる。ガラスー金属シールの更にもう 1 つの実施形態は、エポキシまたは他の絶縁材（セラミックまたはシリコン等）を用いたアルミニウムシールを含む。

【0205】

ガラスー金属シールの多数の態様を要求通りに構成してよい。例えば、ハウジングおよびピンの寸法ならびにピンおよびハウジングの材料を必要に応じて変更してよい。ピンは管状または固体のピンであることも可能であり、一のカバーにおいて複数のピンを有することが可能である。ピンに用いられる最も一般的な種類の材料はステンレススチール合金、銅をコアとする（c o p p e r c o r e d）ステンレススチール、モリブデン、白金ーイリジウム、種々のニッケルー鉄合金、タンタルおよび他の金属であるが、いくつかの非遷移材料（アルミニウム等）を用いてよい。ハウジングは通常、ステンレススチール、チタンおよび／または種々の他の材料から形成される。

【0206】

ウルトラキャパシタ 10 の組み立てにおいて、種々の固定技術を用いてよい。例えば、かつ溶接に関して、種々の溶接技術を用いてよい。下記のものは、溶接の種類および種々の目的の実例となる列挙であり、その目的のために、各種類の溶接を用いてよい。

【0207】

超音波溶接は、とりわけ、アルミニウムのタブを集電体に溶接すること；タブを底部の被覆カバーに溶接すること；ジャンパー（または跳び越し導通線）タブを、ガラスー金属シールピンに接続される被覆ブリッジに溶接すること；およびゼリーロールのタブを一緒に溶接することに用いられてよい。パルス溶接または抵抗溶接は、とりわけ、リード線を缶の底部またはピンに溶接すること；リード線を集電体に溶接すること；ジャンパーを被覆ブリッジに溶接すること；被覆ブリッジを端子 8 に溶接すること；リード線を底部のカバーに溶接することに用いられてよい。レーザー溶接は、とりわけ、ステンレススチールのカバーをステンレススチールの缶に溶接すること；ステンレススチールのブリッジをステンレススチールのガラスー金属シールピンに溶接すること；および栓を注入口の中へと溶接することに用いられてよい。T I G 溶接は、とりわけ、アルミニウムのカバーをアルミニウムの缶に封止すること；およびアルミニウムシールを所定の位置に溶接することに用いられてよい。冷間溶接（または冷間圧接）（強い力により金属を一緒に圧縮すること）は、とりわけ、アルミニウムのボール／留め具を注入口に圧力嵌めされることにより注入口を封止するのに用いられてよい。

【0208】

例示的ウルトラキャパシタ 10 の物理的態様をここで提示する。下記の表において、用語「タブ」は一般に上述の「リード線」を指すこと；用語「ブリッジ」および「ジャンパー」もまた、リード線の態様について言及していること（例えば、ブリッジはフィードスルーまたは「ピン」に連結されてよく、一方、ジャンパーはブリッジをタブまたはリード線に接続するのに有用である）に留意されたい。様々な接続を用いることにより、組み立てプロセスが容易になってよく、特定の組み立て技術が利用されてよい。例えば、ブリッジは、ピンにレーザー溶接または抵抗溶接されてよく、超音波溶接によりジャンパーに溶接されてよい。

10

20

30

40

50

【0209】

図29～37は例示的ウルトラキャパシタ10の性能を表すグラフであり、1.75ボルトおよび125℃におけるウルトラキャパシタ10の性能、ならびに1.5ボルトおよび150℃におけるウルトラキャパシタ10の性能、ならびに0.5ボルトおよび210℃におけるウルトラキャパシタ10の性能を表す。これらの後者の例（210℃）において、ウルトラキャパシタ10は閉じたセル（即ちハウジング）であった。ウルトラキャパシタは、100mAで充電および放電し、0.5ボルトへと充電し、抵抗測定し、10mVへと放電し、10秒間休止後に再びサイクルして、10回サイクルされた。

【0210】

一般に、ウルトラキャパシタ10は、種々の環境条件および要求事項の下で用いられてよい。例えば、端子電圧は約100mV～10Vの範囲であってよい。周囲温度は約-40℃～+210℃の範囲であってよい。通常の高温周囲温度は+60℃～+210℃の範囲である。

【0211】

例示的エネルギー貯蔵デバイスをこのように説明してきたが、電源115の態様をここでより一層詳細に論じる。

【0212】

ここで図38を参照して、少なくとも1つのエネルギー源401（例えばEG210）および少なくとも1つの高温で再充電可能なエネルギー貯蔵体402（HTRES、例えばウルトラキャパシタ10であってよい）に連通される例示的電子機器を示す。この限定的でない例において、電源115は、全波整流器およびHTRESを充電するための充電器を含む。電源115の出力は、直流／直流電源および／または直流／交流電源を含んでよい。種々の電力変換装置（またはパワーコンバータ）が電源115に含まれてよく、エネルギー源とHTRESとの間およびHTRESと負荷との間で用いられてよい。

【0213】

電源115に含まれるエネルギー源401は種々のエネルギー入力を含んでよい。エネルギー入力是一般に、3つのカテゴリーに分類されてよい。カテゴリーは一次電池、遠隔システムおよび発生機を含む。

【0214】

いくつかの実施形態において、電源は、エネルギー源401の一部として一次電池を含む。例示的電池として、厳しい環境における操作に適合したものが挙げられる。特定の例として、リチウムを備える化学電池を含む種々の化学電池が挙げられる。より具体的な例として、リチウム-チオニル塩化物（Li-SOCl₂）ならびに同様の技術および／または化学に基づく電池が挙げられる。尤も、これらの技術のいくつかは所望の温度定格（または評価）を達成できないことがあること、およびこれらの技術のいくつかは短期間におけるエネルギー貯蔵を支持するのみであり得ること（即ち、エネルギー貯蔵体は、例えば、再充電可能でない構成要素または他の構成要素と比較したときに寿命がより短い構成要素を含み得る）が認識される。電源115に含まれてよい他の例示的電池として、リチウム-臭素塩化物、リチウム-スルフリル塩化物および融解塩が挙げられる。

【0215】

エネルギー源401は、遠隔の電源への少なくとも1つの接続を含んでよい。即ち、エネルギーはワイヤライン経由等、外部の供給源を経由して供給されてよい。外部エネルギー源がダウンホール環境によって抑制されないと仮定すると、エネルギーを受け取るための主要な関心事は、エネルギーをダウンホールに連通するための方法および装置を含む。エネルギーを検層機器100および電源115に連通するための例示的技術は、配線ケーシング、配線管（またはワイヤードパイプ）、コイルドチュービング（またはコイル管）および当該技術分野において公知であり得る他の技術を含む。

【0216】

少なくとも1つのウルトラキャパシタ10の充電器の一の実施形態において、電子機器は、少なくとも1つのウルトラキャパシタ10において低電圧の場合にそれ自体の電流を

10

20

30

40

50

制限し且つさもなければその電圧を調節するデュアルモードのフィードバック調節降圧型（下方）変換装置を含む。いくつかの実施形態において、調節される直流／直流変換装置は、安定した電圧母線を提供するための幅広い入力電圧フィードバック調節昇圧型（上方）変換装置を実施するのに適した形態を含む。

【0217】

一般に、エネルギー源401は、遠隔測定バースト（telemetry burst）に必要とされる負荷等の電荷を引き出し且ついくつかの場合においてパルス負荷を引き出す負荷にも関わらず、HTRES402における電荷を保持するための実質的に連続的な出力を提供するように構成される。

【0218】

ここで図39を参照して、エネルギー発生機210（EG）が示される。この限定的でない実施形態において、エネルギー発生機210は、ダウンホールにおいて経験される振動エネルギーを収集するようになっている。振動エネルギーは、ドリルストリング111、検層機器100および電源115によって経験されてよい。この例示的实施形態において、エネルギー発生機210は、「振動エネルギー発生機210」とよんでもよい。

【0219】

振動エネルギー発生機（VEG）210を詳細に論じる前に、エネルギー発生機210が種々の他の種類のエネルギー発生デバイスを含んでよいことに留意するべきである。他の種類のエネルギー発生デバイスは、単独で用いられてよく、または互いに組み合わせて用いられてよく、振動エネルギー発生機（VEG）210と共に用いられてよい。例示される種類のエネルギー発生機210は、回転発電機、電磁気変位発生機、磁歪変位発生機（magnetostriptive displacement generator）、圧電変位発生機、熱電発電機、熱光起電の発生機を含み、発生機または上側に保持される電源に対するワイヤライン接続等の遠隔の発生機に対する接続を含んでよいが、これらに限定されない。他の種類の発生機（上述のようなもの等）の態様が以下に更に考慮される。

【0220】

尤も、エネルギー発生機210が振動エネルギー発生機（VEG）210である例を考えると、いくつかの実施形態において、VEG210は一般に、VEGハウジング205内に収容される。この例において、VEGハウジング205はクローズドエンド（閉端）の環状筒である。1セットの巻き線202がVEGハウジング205を囲む。巻き線202は、磁場を電気エネルギーに変換し、VEGリード線203を通じて電気エネルギーを連通させるために設けられる。磁場は、（質量mを有する）永久磁石201の側方運動によって発生する。一般に、永久磁石201は振動エネルギーに付され、それが側方運動を駆動する。側方運動は少なくとも1つのバイアス機器（図示せず）の追加により援助されてよく又は促進されてよい。例示的バイアス機器は、ゴムバンパー、ばね、反対側に面するポール（または棒）を有する少なくとも1つの追加の永久磁石201を含む。一そのような実施形態において、永久磁石205は、反対側のポールがVEGハウジング205の中で内部に面するように、VEGハウジング205の各端部において内部に取り付けられる。その後、中央の永久磁石201は、それぞれのポールが各々の取り付けられた磁石に対向するように配列される。それにより、中央の永久磁石201は、VEG210の中心に偏らされ（またはバイアスをかけられ）、振動エネルギーに付されるときに自由に振動することができる。

【0221】

VEG210が少なくとも1つのバイアス機器を含んでよい一方で、いくつかの実施形態において、VEG210は、圧力解放デバイス（図示せず）を含んでよい。限定的でない例として、ブリード管または永久磁石201における（VEG210の一部の相対的加圧を防止するための）少なくとも1つの穴等の通気孔の少なくとも1つの形態が挙げられる。いくつかの実施形態において、VEG210は、空気力がVEG210の操作に対して比較的重要でないように、真空中で封止される。例示的バイアス機器として、ゴムダン

10

20

30

40

50

パー、機械ばね、圧電気ばね及び少なくとも1つの追加の永久磁石が挙げられる。

【0222】

複数のVEG210が示される図40もまた、ここで参照されたい。この例において、VEG210は、ドリルストリング111内、特に検層機器100内に配置される。複数のVEG210が母線208を介して一緒に電氣的に連結される。次に、母線208は、複数のウルトラキャパシタ10等のエネルギー貯蔵体を充電するための他の電子機器に連結される。

【0223】

複数のVEG210が、振動エネルギーが実質的に連続的な方式でVEG210の少なくとも1つを駆動するように、検層機器100内に配置されてよいことが理解され得る。即ち、この例において、VEG210は、各主軸（X、YおよびZ）およびその主な区分（major division）に沿って配置される。

【0224】

負荷の要求を満たすようになっているVEG210の一の例示的設計の態様をここで考慮する。VEGハウジング205の全長の永久磁石201のシヌソイド状のx-変位 $x(t) = 1/2 L \sin(\omega t)$ [m]を仮定すると、速度は、その時間導関数であり、永久磁石201のピーク速度の大きさは、 $1/2 L \omega$ [m/s]である。ピーク運動エネルギーは $1/2 m v^2 = 1/2 m (1/2 L \omega)^2$ [J]であり、その結果、低電気抵抗限界において利用可能な電力は、 $P = 1/2 m (1/2 L \omega)^2 f_{vib}$ [W]であり、式中 f_{vib} は振動周波数であり、 $\omega = 2\pi f_{vib}$ [rps]である。巻き線202から利用可能な開回路電位は、巻き線202によって囲まれる面積Aを通る時間的に変化する磁束に対する区分的線形近似を用いて近似されてよい。次いで、磁束の時間導関数は近似的に $d\Phi B/dt = +/- B_{max} A 4 f_{vib}$ である。尤も、いくつかの実施形態において、収集する電子機器は整流器を組込むだろう。したがって、符号は重要ではない。マクスウェルの方程式から、巻き線202の開回路電圧は、 $V_{oc} = N d\Phi B/dt = N B_{max} A 4 f_{vib}$ として近似されてよく、式で符号は無視された。巻き線202の直列抵抗を仮定すると（巻き線202は銅から作製される）、低質量限界において利用可能な電力は $V_{oc}^2 / 4R$ であり、式中 $R = N^2 C_{RAWG}$ [Ω]であり、CはVEGハウジング205の外周である。

【0225】

いくつかの例示的設計入力、 $f_{vib} = 10 \text{ Hz}$ ； $L = 2$ インチ； $r = 1/2$ インチ； $m = 100 \text{ g}$ ； $N = 100$ （銅について）を含み、永久磁石201の寸法は直径1インチ、呼び長さ3/8インチであり、サマリウムコバルトで構成される。

【0226】

この例において、利用可能な低抵抗限界の電力は5Wである。30AWGのワイヤゲージを有する銅の巻き線202を用いると、Rはおよそ3オームであり、利用可能な低質量限界の電力はおよそ200Wである。従って、この設計は、巻き線202の電気抵抗ではなく永久磁石201の質量mによって制限される。外挿により、利用可能な電力は、200gの質量mを有する永久磁石201に対して10Wであり、20gの質量mを有する永久磁石201に対して1Wであるだろう。20gの質量mを有する永久磁石201を用いることにより、利用可能な電力を支持するのに許容可能なワイヤの最大抵抗Rは、 $R = 50^2 / (4 * 1)$ である625オームである。30AWGのワイヤゲージを用いる場合であっても、電気抵抗はわずか3オームであり、従って任意の合理的なワイヤゲージがこの設計において用いられ得るだろう。例えばスペースを保存するために使用される、より小さいワイヤゲージ（より大きなAWGの値）が、例えばスペースを節約するために用いられてよい。

【0227】

この分析は、巻き線202が円筒の長さLと比較して小さい長さに実質的に限定され、永久磁石201の振動変動が周期的かつシヌソイド状でありVEGハウジング205の全長L（例えば2インチ）に等しい変位を生み出すと仮定した。

【0228】

振動エネルギー発生機 VEG210 の更なる適合がなされてよい。ダウンホール環境において、VEG210 によって経験される振動が、例えば数十ヘルツ～数百ヘルツの範囲の周波数にわたって生じてよいことを考慮されたい。この場合、VEG210 は、バイアス機器の復元力を変更することによりデバイスの操作中に調節可能な固有周波数を含んでよい。例えば、バイアス機器が 2 つの永久磁石 201 である場合、磁石 201 は、例えば線形アクチュエータによって一緒に近づけられてよい。磁石 201 を一緒に近づけることにより、復元力が増大し、VEG210 の固有周波数が増大する。同様に、永久磁石 201 は、VEG210 の共振周波数を同様に低減させるために更に離れるように移動され得る。更に、バイアス機器が電磁石である場合、電磁石による電流は、VEG210 の共振周波数をそれぞれ増加または減少させるために増加または減少され得る。

【0229】

圧電気ばねが VEG210 内で用いられる場合、それら圧電気ばねは、磁石 201 に復元力をもたらすためのバイアス機器として機能するため、および追加の発電をもたらすために用いられてよい。

【0230】

圧電バイアス素子を含む VEG210 の機械的共振周波数は、圧電素子の電気機械結合の変更により変化してよい。例えば、圧電素子の電気機械結合は、圧電素子を横切るキャパシタンスを電氣的に短絡させ、それにより圧電素子の有効な機械的剛性を変化させることにより変更されてよい。圧電素子の機械的剛性の変更により、VEG210 の共振周波数が変化する。

【0231】

VEG210 の機械的固有周波数 ω_n が $\sqrt{k/m}$ として簡単に定義されてよく、式中 k はバイアススプリングの剛性を表わし、 m は共振器の質量を表わすことに留意すべきである。一の実施形態において、同調回路が、 k の一部を変化させ、それにより機械的な固有周波数 ω_n を変化させるために圧電素子の電気機械結合を変更するのに用いられてよい。いくつかの実施形態において、同調回路はマイクロプロセッサを含む。

【0232】

キャパシタンス、抵抗、インダクタンスまたはそのような構成要素の直列もしくは並列の組み合わせを含む種々の構成要素が圧電素子に対する電気機械結合として用いられ得ることに留意すべきである。

【0233】

圧電素子は、発電の追加の供給源として機能してよく、それと同時に調整可能なスプリングエレメントとして機能してよい。例えば、圧電素子により発生する電力は、電力変換装置によって収集され得る。スイッチング電力変換装置の場合、電力変換装置は、スイッチング電力変換装置の負荷サイクルに比例して変化する負荷抵抗としてモデル化され得る。

【0234】

永久磁石のキュリー温度は、磁石が消磁する温度である。永久磁石 201 の材料に関するキュリー温度を下記の表に示す。いわゆるネオジム磁石（最初の 2 列）はその高い残留磁気がよく知られている。永久磁石 201 にサマリウムコバルトを用いることは、これらの磁石がより高いキュリー温度と共に同様の残留磁気レベルを示すので、より高温の操作に対して考慮される。そのような磁石は、商品流通経路を通じて容易に利用可能である。

【0235】

【表 4】

永久磁石の材料の比較

材料	残留磁気(T)	キュリー温度(℃)
$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ (焼結)	1.0-1.4	310-400
$\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ (接合)	0.6-0.7	310-400
SmCo_5 (焼結)	0.8-1.1	720
$\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_7$ (焼結)	0.9-1.15	800
アルニコ(焼結)	0.6-1.4	700-860
Srフェライト(焼結)	0.2-0.4	450

10

【0236】

高温電子機器が、信号調整、遠隔測定およびパワー電子機器を設けるために用いられ、一般に、約200℃までの高温、いくつかの実施形態において約300℃までの高温における操作に適合される。高温電子機器の限定的でない実施形態として、個別の及び統合された市販の露出した(bare)ダイシリコン(bare die silicon)およびシリコン・オン・インシュレータ能動素子ならびに炭化ケイ素の能動電力デバイス(active power device)が挙げられる。いくつかの市販の高温で評価される低温係数セラミック不動態(passive)(COGまたはNPO誘電体)および高温磁気不動態が用いられてよい。例示的实施形態において、回路のための基板材料はAlN(窒化アルミニウム)セラミックであり、それは優れた熱安定性および熱伝導度で選択される。これらの実施形態のいくつかにおいて、回路の相互接続は耐酸化性のAu配線であろう。接合に関する戦略は、AuGe高温はんだを用いる露出したダイ能動部品(die active component)に対するフリップチップもしくはAuワイヤボンディングおよび／または同様の種類の接合を採用するだろう。尤も、いくつかの実装に関して、Auワイヤボンディングが、特に熱膨張および衝撃および振動の存在において追加される機械的適合性によりフリップチップボンディングよりも好都合であることが予想される。下記のテーブルに上記の構成要素の全てに関する供給業者の包括的でないリストが下記の表に含まれる

20

30

【0237】

【表 5】

高温回路の構成要素の供給業者

構成要素	ベンダー
SiCの露出したダイトランジスタ	Micross Components (カリフォルニア州ロサンゼルス)
SiCの露出したダイショットキーダイオード	Micross Components (カリフォルニア州)
SiおよびSOIの露出したダイ線形回路およびデジタル回路	Minco Technology Labs LLC (テキサス州オースティン)
セラミック表面実装CGO、NP0キャパシタ	Digikey (ミネソタ州ミネアポリス)
セラミック表面実装抵抗器	Digikey (ミネソタ州ミネアポリス)
露出したダイ磁石	Minco Technology Labs LLC (テキサス州オースティン)
セラミック印刷回路基板	Complete Hermetics (カリフォルニア州サンタアナ)
端子、ヘッダー、パッケージ	HCC Ametek Ind. (マサチューセッツ州ニューベッドフォード)
AuGeはんだ	Hi-Rel Alloys (カリフォルニア州オンタリオ)

10

20

【0238】

要約すると、本明細書における教示は、高温環境における使用に利用可能なダウンホール工具における信頼性のある電源を提供する。

【0239】

いくつかの実施形態において、電源115は、付随する電子機器および少なくとも1つのウルトラキャパシタ10を備える単一のVEG210を含む。他の実施形態において、電源115は、付随する電子機器および少なくとも1つのウルトラキャパシタ10を備える複数のVEG210を含む。VEG210は、並列もしくは直列配置において、または適切であると考えられるいくつかの組み合わせにおいて電子機器に連結されてよい。種々のVEG210の各々の配列は、VEG210の構成要素の数を考慮して又は考慮することなく振動エネルギーを収集するのに適切であると決定されるように選択されてよい。

30

【0240】

VEG210は、電力を発生させることにより検層機器100における振動に応答する。VEG210の様々な角分布は、アセンブリの少なくとも1つが振動に対して適切に応答し、電力をそこから発生させるであろうことを確保する。

【0241】

任意の数および配列のVEG210を用いてよい。例えば、3つの代わりに4つのVEG210が存在し得、それらは、アセンブリを互いに直交して配置する等により、異なる配列で角度をなして間隔があげられ得る。

40

【0242】

もちろん、VEG210は、本発明の本質から逸脱することなく異なるように構成されてよい。例えば、磁石201は電磁石であってよい。もう1つの例として、コイル202は、磁石201を検層機器100の振動に応じて移動させると共に、堅固に取り付けられてよい。

【0243】

磁石201に対するコイル202の変位もまた固有周波数を有し、それが、例えば上述

50

のバイアス機器の復元力を変化させること、コイル202の質量を変化させること等により調節されてもよいことが容易に認識されるだろう。磁石201に対するコイル202の変位の増大が、VEG210の固有周波数を検層機器100における振動の固有周波数に一致させることにより達成されてよいことが更に認識されるだろう。このように、VEG210は、最大の電力出力を生み出すであろう周波数で振動するだろう。

【0244】

図39に示すVEG210は、「コイルを通る (t h r o u g h c o i l) 」配置の一例であり、それにより永久磁石がコイルのセットを通して相対的に移動する。一般に「コイルを横切る配置」とよばれるもう1つの配置において、永久磁石は、コイルによって規定される表面に対して、相対運動において垂直な方向に移動する。

10

【0245】

単一の磁石または複数の磁石を用いてよい。複数の磁石が接続されて一緒に移動してよく、または接続されず個別に移動してよい。磁石は、隣接する磁石が反対の極性によって特徴付けられるように配列されてよい。この配置において、対抗する磁石棒は、隣接する磁石の接合部を囲む磁束密度を向上させる。伝動コイルが、磁石の移動がコイルを通る磁束における大きい偏差を形成するように、磁石の接合部に近接して配置されてよい。従って、デバイスは、「穴を通る」配置より小さい相対運動の下で作動してよい。

【0246】

単一のコイルまたは複数のコイルが組み込まれてよい。複数のコイルは重複し得または重複し得ず、導線の複数のループを含んでよい。コイルは、相対的位相を有する個別の交流を提供するように配置されてよい。例えば、3つのオフセットコイルのセットが、0、120および240°の相対的位相を提供するのに用いられてよい。これは、隣接するコイル間で磁石の寸法に比例する適切なオフセットを選択することにより達成されてよい。3相の誘導電流の使用により、発電における波及的影響が低減される。

20

【0247】

いずれかの永久磁石に対する異なる経路は、永久磁石が固定されたコイルに対して移動している場合、またはコイルが固定された磁石に対して移動している場合、振動の異なるモードを捕捉するのに適している。例えば、横振動は、磁石およびコイルの対の直線状の相対的運動を通じて捕捉されてよい。ねじり振動を捕捉するために、経路は円で構成されてよく、それにより、磁石またはコイルは円形の経路の周りを自由に移動できる。磁石が固定されたコイルのセットを横切る円形の経路において移動している場合、磁石は、円の全体の一部を構成してよい。

30

【0248】

「穴を通る」配置および「コイルを横切る」配置の両方において、フラックス密度を増加させるためのフラックス集中 (f l u x f o c u s i n g) 材料の使用が用いられてよい。フラックス集中材料は、高い透磁率 (または透過性) および高いフラックス密度を有し、例えば軟鉄、ミューメタルまたは同様の特性を有する別の金属もしくは金属合金材料で構成されてよい。フラックス集中材料は、コイルのセットを通る磁束を集中させるために配置されてよく、また、永久磁石に固定されてよく、または固定されなくてよい。フラックス集中材料は、磁束のための戻り経路 (r e t u r n p a t h) を設ける機能を有してもよい。

40

【0249】

既に論じられた「穴を通る」配置と同様に、圧電気ばねが、発電を向上させるため、かつ調整可能な共振周波数を提供するために利用されてよい。

【0250】

力学的エネルギー源が、流れにより引き起こされる回転の形態である場合、電磁気発生機は、標準的なDC発電機の形態をとってよく、それにより、伝動コイルは、磁場が、各回転と共に各セットのコイルの平面を横切るように中心軸の周りで回転する。

【0251】

上述のように、他の種類のエネルギー発生機210は、回転発電機、電磁気変位発生機

50

、磁歪変位発生機、圧電変位発生機、熱電発電機、熱光起電発生機を含み、発生機または上側に保持される電源に対するワイヤライン接続等の遠隔の発生機、および放射性同位体発電機に対する接続を含んでよいが、これらに限定されない。

【0252】

回転型の発生機は、例えば、流体（液体または気体または混合物）に引き起こされる回転に依存する発生機、一段階設計、多段階を含んでよく、重複してよい。

【0253】

電磁気変位型の発生は、例えばドリルストリングの振動（望まれる又は望まれない）、音響振動、地震振動、流れに引き起こされる振動（泥水、気体、油、水から等）に依存してよく、往復運動に依存する発生を含んでよい。

10

【0254】

磁歪型の発生は、磁気歪みに依存し、それは、磁化のプロセスの間に形状または寸法の変化を引き起こす強磁性体の特性である。磁歪材料は、磁気エネルギーを運動エネルギーへと変換し得、あるいは反対に変換し得、アクチュエータおよびセンサを構築するのに用いられる。電磁気変位型の発生と同様に、磁歪型の発生は、例えばドリルストリングの振動（望まれる又は望まれない）、音響振動、地震振動、流れに引き起こされる振動（泥水、気体、油、水から等）に依存してよく、往復運動、および運動または磁気エネルギーの形態を発生させる又はもたらす他の技術に依存する発生を含んでよい。

【0255】

圧電型の発生は、圧電特性を示す材料に依存する。圧電型は、与えられた機械的ストレスに応じて特定の固体材料（とりわけ水晶、特定のセラミック等）において蓄積する電荷である。圧電型の発生は、例えばドリルストリングの振動（望まれる又は望まれない）、音響振動、地震振動、流れに引き起こされる振動（泥水、気体、油、水から等）に依存してよく、往復運動、および機械的ストレスの形態を発生させる又はもたらす他の技術に依存する発生を含んでよい。

20

【0256】

力学的エネルギーを電気エネルギーに変換するために圧電効果を利用することができる。例えば、圧電素子は、カンチレバービームの形態で構成されてよく、それにより、ビームの端部の運動が振動の下でビームを曲げる。圧電素子はプラッタとしてを構成されてもよく、それにより、振動はプラッタの中心にひずみをもたらす。各配置において、種々の質量の負荷が、機械的振動の影響を向上させるのに用いられてよい。例えば、システムの機械的振動によって引き起こされるビームにおいてもたらされる偏差のレベルを増大させるために、カンチレバービームの端部に質量（mass）が配置されてよい。

30

【0257】

いくつかの実施形態において、圧電発電機は、1つ～多数の圧電素子を含み、各素子は、力学的エネルギーを電流に変換するために設けられる。圧電発電機は、電流をエネルギー変換または貯蔵電子機器に輸送するための1つ～多数の導電性構成要素も含んでよい。各々の圧電発生機は、エネルギー発生能力を向上させるために複数で構成されてよい。圧電発生機は、種々のモードの機械的振動を捕捉するために適切な方向に配置されてよい。例えば、横振動の三次元を捕捉するために、圧電発生機は、振動の各次元が少なくとも1セットの圧電発生機によって捕捉されるように、互いに直交して配置されてよい。

40

【0258】

一般に、圧電発生機は、1ワットまでの電力を発生させるのに有用である。尤も、複数の発生機が、追加の電力を発生させるために並列で用いられてよい。一の実施形態において、単一の質量が、所定の時間に複数の圧電素子を変形するように構成されてよい。

【0259】

電磁気発生機のように、圧電発生機は所定の固有周波数で作動する。機械的振動が圧電発生機の固有周波数で生じるときに、最大の電力が発生する。発生する電力の量を最大限にするために、圧電発生機の固有周波数が、上で論じたように、導電性材料に対す

50

る負荷要素を変化させることを含むことにより調整される。もう1つの実施形態において、振動周波数の範囲を捕捉するために異なる固定された周波数に調整される複数の圧電気発生機が存在してよい。圧電素子に取り付けられた材料または圧電素子を囲む流体の形態で緩和することが、共振する応答を低減しつつ圧電気発生機の有効な捕捉スペクトルを広げるのに用いられてよい。

【0260】

力学的エネルギー源が流体の流れの形態である一の実施形態において、回転をベースとする圧電気発生機が用いられてよい。例えば、1つ～多数の圧電素子が、構造の回転により変形されてよい。一の実施形態において、1つ～多数の圧電ビームが、回転ホイール（rotating wheel）に取り付けられた直交するピンによって曲げられてよい。ホイールがその軸の周りで回転するとき、ピンは圧電素子に接触し、ホイールが回転すると共に構成要素の変形がもたらされる。もう1つの実施形態において、圧電素子は、種々の半径の回転ボディ（または本体）に対して平行にかつそれに隣接して配置される。回転ボディが回転するとき、圧電素子は、回転ボディと圧電素子との間の接点における半径に応じて様々な程度に圧縮される。この実施形態において、追加の電気エネルギーを生み出すために回転ボディにも配置される圧電素子が存在してよい。

【0261】

熱電型の発生は、熱電気特性を示す材料に依存する。熱電発電機は一般に、「ゼーベック効果」（あるいは「熱電効果」）とよばれる現象を用いて、熱の流れ（温度差）を直接的に電気エネルギーに変換する。例示的熱電発電機は、2種の金属からなる接合（材料の組み合わせ）に依存してよく、または特定の熱電材料を利用してよい。熱電材料の一例は、テルル化ビスマス（ Bi_2Te_3 ）、ミリメートル範囲の厚さを有し得るp-n接合を有する半導体である。一般に、熱電発電機は固体状態デバイスであり、可動部を有しない。

【0262】

熱電発電機は、種々の温度勾配を利用するために設けられてよい。例えば、管の内外の温度差、ケーシングの内外の温度差、ドリルストリングに沿った温度差、工具内の（電気および／または力学的エネルギーからの）ワット損から発生する温度差および引き起こされた温度差を利用してよい。

【0263】

熱光起電発生機は、示差熱の、光子を介した電気へのエネルギー変換のために設けられる。簡単な形態において、熱光起電システムは、熱エミッターおよび光起電力ダイオードセルを含む。熱エミッターの温度がシステム間で変化する一方で、原則として、熱光起電デバイスは、光起電力装置の温度より上昇した温度を有するエミッターからエネルギーを取り出すことができる（したがって、光学的熱機関を形成する）。エミッターは、1つの固体材料または特別に設計された構造体であってよい。熱放射は、物質中の電荷の熱運動による光子の自然放出である。ダウンホール環境において、周囲温度は、大部分は近赤外および赤外の周波数における放射を引き起こす。光起電力ダイオードは、これらの放射された光子のうちのいくつかを吸収し得、それらを電子に変換し得る。

【0264】

他の形態の発電が用いられてよい。例えば、放射性同位体発電機が電源115に組み込まれてよく、それはイオンを電流に変換する。

【0265】

種々の技術が、上述の種類の発電機をドリルストリング111に組み込むのに採用されてよい。例えば、圧電素子が、電子機器に断続的または連続的に電力を供給するために、設計に含まれてよい。ダウンホール環境は、音響源、機械的源または震源による望ましい又は望ましくない振動の存在に起因する、圧電気発電の多数の機会を提供する。

【0266】

ダウンホールドリルストリングにおいて、3つの主要な振動モード、ドリルカラー回転、細片の跳ね返り（bit bounce）およびカラーのスティックスリップが存在す

10

20

30

40

50

る。これらのモードの各々は、互いに組み合わせられてよく、横振動、ねじり振動および縦振動がもたらされる。

【0267】

ダウンホール機器において、環境発電の可能性を提供する多数の場所が存在する。機器は、固定支柱によって直接接続された、可とう性接続によって接続されたままである、または圧電素子以外の材料により接続されていないままである個別のセクションで構成されてよい。可とう性接続は、可とう性の膜または旋回する剛性構造体で構成されてよい。

【0268】

ねじり振動からのエネルギーを捕捉するために、圧電材料が、機器の長さに沿って垂直に配置され得る。機器のセクション間のねじり応力は、圧電素子の変形をもたらし得る。導電性材料が、発生した電流をエネルギー貯蔵体または変換装置に運ぶために、圧電素子に沿って配置され得る。

10

【0269】

もう1つの実施形態において、圧電材料が、縦振動からエネルギーを発生させるのに利用され得る。例えば、圧電素子が、さもないければ接続されないままの又は接続された可とう性接続である2以上の区画の間に配置され得る。圧電素子の各端部は、縦振動が圧電素子を圧縮する又は引き延ばすように、軸および接線方向に直交する機器の表面に接続されてよい。

【0270】

もう1つの実施形態において、圧電材料は、横振動からエネルギーを発生させるために利用され得る。例えば、圧電素子が、さもないければ可とう性接続を介して接続されないままである又は接続される2以上の区画の間に配置されてよい。圧電素子の各端部は、各区画の相対的な剪断運動が接続する圧電素子を曲げるように、各区画の接線方向の壁に取り付けられてよい。

20

【0271】

エネルギー発生を向上させるために、これらの実施形態の1つ又は多数が、同じ機器に含まれてよい。

【0272】

要するに、電源115は、ダウンホール環境において電力を供給するように適合され得る任意の種類の発電機を利用してよい。使用される発電の種類は、システムの利用者、設計者、製造者または他の利害関係者のニーズまたは優先事項に従って選択されてよい。一

30

の種類の発電は、単独で用いられてよく、または別の種類の発電と共に用いられてよい。

【0273】

振動エネルギー発生機の場合と同様に、他の形態の発生機もまた、環境要因による利用効率を向上させるために制御（即ち調整）されてよいことに留意するべきである。各々の場合において、発生機の「調整」は、このタスクを遂行するように設計されと考えられる。いくつかの場合において、調整は組立中に提供される。いくつかの追加の実施形態において、調整は、電源115の操作中にリアルタイムで又はリアルタイムに近い方式で実施される。

【0274】

ここで、電力変換回路の態様を示す図41～47を参照されたい。図41に示すように、第1のサブシステム152の例示的实施形態は、第1のスイッチ素子161および第2のスイッチ素子162ならびにフィルター誘導子163を含む。外部エネルギー供給151は、第1のサブシステム152およびHTRES402（例えば高温ウルトラキャパシタ）に連結されてよい。第1のスイッチ素子161および第2のスイッチ素子162の動作は、上述の電流制限および電池調節特性を達成するように制御されてよい。特に、相補的方法（負荷率）で作動する第1のスイッチ素子161および第2のスイッチ素子162の相対的オンタイム（relative on-time）が、変換率および電流の流れを調節するために用いられてよい。図41に示す例示的な第1のサブシステム152は、外部エネルギー供給151の電圧が、HTRES402の電圧と比較したときにより大き

40

50

い場合に有用であってよい。電流制限または調節は、フィードバック制御システム（図示せず）により達成されてよい。

【0275】

第2のサブシステム153の例示的实施形態は、工具の要求に応じてDC-DCまたはDC-ACのいずれかの電力変換装置を含む。第2のサブシステム153の機能は、負荷（例えば検層機器100および／またはダウンホール電子機器113）に運ばれる電圧または電流を調節することであってよい。HTRES402の容量の性質に起因して、ウルトラキャパシタが組み込まれる場合、電圧は、電荷がHTRES402から取り出されると共に、ほぼ線形の方法で減少してよい。第2のサブシステム153の機能は、HTRES402によって示される電圧が変化するにも関わらず、検層機器100に運ばれる電圧または電流を調節することであってよい。電圧制限または調節は、フィードバック制御システム（図示せず）によって達成されてよい。

10

【0276】

図42に示すように、第2のサブシステム153の例示的实施形態は、第1のスイッチ素子161、第2のスイッチ素子162およびフィルタ誘導子163のそれぞれの実施形態を含んでよい。負荷は、第2のサブシステム153およびHTRES402に連結されもよい。第1のスイッチ素子161および第2のスイッチ素子162の各々の実施形態の動作は、上述の所望の電流または電圧調節特性を達成するように制御されてよい。特に、第1のスイッチ素子161および第2のスイッチ素子162の各々の実施形態の相対的オンタイムの負荷率が、変換率、電流の流れまたは示される電圧を調節するのに用いられてよい。図42に示す例示的な第2のサブシステム153は、要求される電圧が、HTRES402の電圧と比較してより大きい値である場合に有用であってよい。電圧制限または調節は、フィードバック制御システム（図示せず）によって達成されてよい。

20

【0277】

図43に示すように、第1のサブシステム152および第2のサブシステム153は、一緒に連結されてよく、同様に、電源115の実施形態を提供するためにHTRES402に連結されてよい。この実施形態において、例示的電源115は、外部エネルギー供給151の端子電圧が、負荷の端子電圧と比較したときに、HTRES402の端子電圧が両方より小さい値である限りにおいて、より大きい値またはより小さい値のいずれかである場合、特に好都合であってよい。

30

【0278】

電力変換装置は一般に、任意のトポロジー（または形態）であってよい。限定的でない例として、「バック」、「ブースト」、「バックブースト」、「フライバック」、「フォワード」、「スイッチドキャパシタ」および非孤立変換装置（例えばCuk、バックブースト）の他の孤立型、ならびに任意のそのような変換装置（例えばバック+ブースト）のカスケードと一般によばれる変換装置が挙げられる。

【0279】

例示的変換装置181を図44に示す。この例において、変換装置181は双方向バック変換装置である。この実施形態は、とりわけ、出力電圧が入力電圧より低いことが要求される場合の電極変換装置として使用するのに適している。

40

【0280】

もう1つの例示的変換装置181を図45に示す。この例において、変換装置181は双方向ブースト変換装置である。更なる例示的変換装置181を図46に示す。この例において、変換装置181は組み合わされた双方向バックブースト変換装置である。

【0281】

フィードバック制御器182の例示的实施形態が図47に提示される。本明細書において示される構成要素は、設計者、製造者または使用者によって適切であると決定されるように、アナログもしくはデジタル領域またはその組み合わせにおいて実施されてよい。フィードバック制御器182は、種々の特性をモニタリングおよび制御するための構成要素を含んでよい。例えば、フィードバック制御器182は、周波数補償、パルス幅変調、む

50

だ時間保護、負荷サイクル制限、ソフトスタート（即ち電圧傾斜）の提供等のための構成要素を含んでよい。

【0282】

当業者は、電源115が、抵抗率、テクノロジーおよび計装と共に使用された、パルス中性子を含む核およびガンマ測定ならびに他のもの、核磁気共鳴イメージング、音響および地震測定、種々のサンプリングプロトコル、通信、データ処理および記憶、地中における操縦およびダウンホールの電力使用に関する他の要件を支援する技術および機器と共に用いられてよいことを認識するだろう。構成要素の優れた補完物が電源115に供給されてよい。限定的でない例として、加速度計、磁力計、センサ、変換器（またはトランスデューサー）、デジタルおよび／またはアナログデバイス（以下に列挙されるものを含む）等が挙げられる。

10

【0283】

従って、少なくとも1つのEG210によって生成される磁場を説明することが適切であってよい。（1または複数の）永久磁石101と磁氣的に敏感な構成要素との間の干渉（または妨害）は、敏感な構成要素が検層機器100におけるEG210から離れて配置される場合に低減され得、または実質的に除去されてよい。必要であれば、ニッケル、鉄、銅およびモリブデンの低コスト合金として市販されている高透磁率材料（「μメタル」またはミューメタル）の障壁が、（1または複数の）敏感なデバイスと電源115に関連する磁場との間に配置され得る。

【0284】

ミューメタルは、電源115または他の発生機（回転式または振動式または他の方法）と、磁気干渉に敏感な機器（例えば磁力計、NMR、磁気に敏感なメモリまたは他のもの）等の他の機器との間に配置されてよい。

20

【0285】

更に、ミューメタルは、層103と敏感な機器（例えば電子機器113）との間に配置されてよい。ミューメタルは多くの方法で成形されてよい。例えば、ミューメタルは、少なくとも2つの工具を離隔する平面、成形された表面、機器または発生機等の少なくとも1つの工具の周りが覆われた閉曲面、隔離を改良するためのミューメタルのいくつかの層、上述のものの組み合わせとして現れてよい。

【0286】

一般に、本明細書において論じられる「ミューメタル」は、非常に高い透磁率を有するニッケル-鉄合金（およそ75%のニッケル、15%の鉄に加えて銅およびモリブデン）である。高透磁率は、他の方法では減ずることができない静的磁場または低周波数磁場においてミューメタルを非常に有効なものとする。ミューメタルは、通常のスチールに関する数千と比較して、80,000~100,000の比透磁率を有し得る。更に、ミューメタルは、低いヒステリシス損をもたらす低い保磁力および磁気歪みを有する。パーマロイ等の他の高透磁率合金は、同様の磁気特性を有する。他の利点として、ミューメタルは、通常のスチールより展性が高く、より実用的である。要するに、本明細書において用いられているように、用語「ミューメタル」は、非常に高い透磁率等の所望の磁気特性を示す任意の材料を指す。

30

【0287】

本明細書の教示事項は単に例示を目的とするものであり、本発明を限定するものでないことが理解されるべきである。更に、当業者は、追加の構成要素、構成、配置等が実現されてよいが、本発明の範囲内のままであることを理解するだろう。例えば、層、電極、リード線、端子、接触子、フィードスルー、キャップ等の構成は、本明細書に開示される実施形態から様々であってよい。一般に、電極を使用する（1または複数の）ウルトラキャパシタの構成要素の設計および／または用途は、システム設計者、製造者、オペレータおよび／または使用者のニーズおよび任意の特定の状況において提示される要求のみによって限定される。

40

【0288】

50

本明細書の教示事項を支持して、デジタルシステムおよび／またはアナログシステムを含む種々の分析構成要素が使用されてよい。(1または複数の)システムは、プロセッサ、記憶媒体、メモリ、インプット、アウトプット、通信リンク(有線、無線、パルスマッド、光学またはその他)、ユーザーインタフェース、ソフトウェアおよびファームウェアプログラム、信号プロセッサ(デジタルまたはアナログ)、および当該技術分野において十分に理解されるいくつかの方法のいずれかによる本明細書に開示される装置および方法の操作および分析を提供する他のそのような構成要素(抵抗器、キャパシタ、誘導子およびその他)等の構成要素を有してよい。これらの技術が、メモリ(ROM、RAM)、光学(CD-ROM)または磁気(ディスク、ハードドライブ)または実行されるときにコンピュータに本発明の方法を実施させる任意の他の種類を含む、コンピュータ可読媒体に記憶されるコンピュータ実行可能命令のセットと共に実施されてよいが、それが必要ではないことが考慮される。これらの命令は、本開示において記載される機能に加えて、装置の操作、制御、データ収集および分析、ならびにシステム設計者、所有者、使用者または他のそのような人員が関連すると考える他の機能を提供してよい。

10

【0289】

更に、種々の他の構成要素が含まれてよく、本明細書における教示事項の態様を提供するために所望され得る。例えば、追加の材料、材料の組み合わせ及び／又は材料の省略が、本明細書の教示事項の範囲内である加えられた実施形態を提供するのに用いられてよい。

【0290】

本発明または本発明の(1または複数の)実施形態の要素(または成分)を導入する場合、冠詞「a」、「an」および「the」は、1以上の要素(または成分)が存在することを意味することが意図される。同様に、形容詞「もう1つの(または別の)」は、要素(または成分)を導入するのに用いられる場合、1以上の要素(または成分)を意味することが意図される。用語「含む」および「有する」は、列挙された要素以外の追加の要素が存在し得るように包含的であることが意図される。

20

【0291】

本願において、構成要素(例えば電極材料、電解質等)、条件(例えば、温度、種々のレベルにおける種々の不純物がなく)および性能特性(例えば、初期容量と比較したサイクル後の容量、低い漏れ電流等)を含む種々の変数が記載されているが、これらに限定されない。これらのいずれかの変数の任意の組み合わせが本発明の実施形態を規定可能であることが理解されるべきである。例えば、特定の温度の下で、特定の量より少ない不純物と共に、特定の値のサイクル後容量および漏れ電流で操作される特定の電極材料と特定の電解質との組み合わせ(これらの変数は可能性として含まれるが特定の組み合わせは明示的に提示されない)は、本発明の一の実施形態である。当業者に明らかであるように、物品、構成要素、条件および／または方法もまた、他の実施形態を規定するために、本明細書において列挙される変数から具体的に選択可能である。

30

【0292】

例示的实施形態を参照して本発明を説明してきたが、本発明の範囲から逸脱することなく種々の変更を行ってよく、本発明の要素を均等物で置き換えてよいことが当業者に理解されるだろう。加えて、本発明の本質的な範囲から逸脱することなく特定の機器、状況または材料を本発明の教示事項に適合させるために多数の変形が当業者に理解されるだろう。従って、本発明は本発明を実施するために検討される最良の形態として開示される特定の实施形態に限定されず、本発明は添付の特許請求の範囲の範囲内に該当する全ての实施形態を含むであろうことが意図される。

40

本願発明は以下の態様を含む。

(態様1)

ダウンホール工具に電力を供給するようになっている電源であって、

制御回路と、約80℃～約210℃の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されたエネルギー源

50

を含み、

前記エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発電機、エネルギー源から電気エネルギーを受け取って前記エネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するための制御回路の少なくとも1つを含む、電源。

(態様2)

温度範囲が約90℃～約210℃である、態様1に記載の電源。

(態様3)

温度範囲が約80℃～約150℃である、態様1に記載の電源。

(態様4)

エネルギー貯蔵体がウルトラキャパシタを含む、態様1に記載の電源。

(態様5)

ウルトラキャパシタが前記温度範囲内の部分範囲において動作可能であり、該部分範囲が約10℃である、態様4に記載の電源。

(態様6)

エネルギー貯蔵セルが正極および負極を含む、態様4に記載の電源。

(態様7)

少なくとも1つの電極が炭素質エネルギー貯蔵媒体を含む、態様4に記載の電源。

(態様8)

炭素質エネルギー貯蔵媒体がカーボンナノチューブを含む、態様7に記載の電源。

(態様9)

炭素質エネルギー貯蔵媒体が、活性炭、炭素繊維、レーヨン、グラフェン、エアロゲル、炭素布および複数の形態のカーボンナノチューブの少なくとも1つを含む、態様7に記載の電源。

(態様10)

各電極が集電体を含む、態様7に記載の電源。

(態様11)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるハロゲン化物イオンの含有量が約1,000ppmより小さい、態様1に記載の電源。

(態様12)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるハロゲン化物イオンの含有量が約500ppmより小さい、態様1に記載の電源。

(態様13)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるハロゲン化物イオンの含有量が約100ppmより小さい、態様1に記載の電源。

(態様14)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるハロゲン化物イオンの含有量が約50ppmより小さい、態様1に記載の電源。

(態様15)

エネルギー貯蔵体の電解質が、塩化物、臭化物、フッ化物およびヨウ化物の少なくとも1つを含むハロゲン化物イオンを含む、態様1に記載の電源。

(態様16)

エネルギー貯蔵体の電解質が、約1,000ppmより小さい総濃度の金属種を含む、態様1に記載の電源。

(態様17)

金属種が、Br、Cd、Co、Cr、Cu、Fe、K、Li、Mo、Na、Ni、Pb、Zn、上述のいずれかの合金および上述のいずれかの酸化物の少なくとも1つを含む、態様16に記載の電源。

(態様18)

エネルギー貯蔵体の電解質における不純物の総濃度が約1,000ppmより小さい、

10

20

30

40

50

態様 1 に記載の電源。

(態様 19)

不純物が、ブロモエタン、クロロエタン、1-ブロモブタン、1-クロロブタン、1-メチルイミダゾール、酢酸エチルおよび塩化メチレンの少なくとも1つを含む、態様 18 に記載の電源。

(態様 20)

エネルギー貯蔵体の電解質における総含水量が約 500 ppm より小さい、態様 1 に記載の電源。

(態様 21)

エネルギー貯蔵体の電解質における総含水量が約 100 ppm より小さい、態様 1 に記載の電源。

(態様 22)

エネルギー貯蔵体の電解質における総含水量が約 50 ppm より小さい、態様 1 に記載の電源。

(態様 23)

エネルギー貯蔵体の電解質における総含水量が約 20 ppm より小さい、態様 1 に記載の電源。

(態様 24)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるカチオンが、1-(3-シアノプロピル)-3-メチルイミダゾリウム、1,2-ジメチル-3-プロピルイミダゾリウム、1,3-ビス(3-シアノプロピル)イミダゾリウム、1,3-ジエトキシイミダゾリウム、1-ブチル-1-メチルピペリジニウム、1-ブチル-2,3-ジメチルイミダゾリウム、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム、1-ブチル-4-メチルピリジニウム、1-ブチルピリジニウム、1-デシル-3-メチルイミダゾリウム、1-エチル-3-メチルイミダゾリウムおよび3-メチル-1-プロピルピリジニウムを含む群から選択される、態様 1 に記載の電源。

(態様 25)

エネルギー貯蔵体の電解質におけるカチオンは、アンモニウム、イミダゾリウム、オキサゾリウム、ホスホニウム、ピペリジニウム、ピラジニウム、ピラジニウム、ピリダジニウム、ピリジニウム、ピリミジニウム、ピロリジニウム、スルホニウム、チアゾリウム、トリアゾリウム、グアニジウム、イソキノリニウム、ベンゾトリアゾリウム、ビオロゲン型および官能性イミダゾリウムカチオンを含む群から選択される、態様 1 に記載の電源。

(態様 26)

カチオンの少なくとも1つの分岐基(R_x)が、アルキル、ヘテロアルキル、アルケニル、ヘテロアルケニル、アルキニル、ヘテロアルキニル、ハロ、アミノ、ニトロ、シアノ、ヒドロキシル、サルフェート、スルホネートおよびカルボニル基を含む群から選択される、態様 25 に記載の電源。

(態様 27)

アルキルが、飽和脂肪族基、直鎖アルキル基、分枝鎖アルキル基、シクロアルキル(脂環式)基、アルキル置換シクロアルキル基、およびシクロアルキル置換アルキル基を含む群から選択される、態様 26 に記載の電源。

(態様 28)

アルキルが、メチル、エチル、プロピル、ブチル、ペンチル、ヘキシル、エチルヘキシル、シクロプロピル、シクロブチル、シクロペンチルおよびシクロヘキシルを含む群から選択される、態様 26 に記載の電源。

(態様 29)

ヘテロアルキルが、少なくとも1つのヘテロ原子を含有するアルキル基を含む、態様 26 に記載の電源。

(態様 30)

ヘテロ原子が、酸素、窒素および硫黄を含む群から選択される、態様 29 に記載の電源

10

20

30

40

50

。

(態様 3 1)

アルキル基およびアルキニル基が脂肪族基を含む、態様 2 6 に記載の電源。

(態様 3 2)

脂肪族基が、二重結合および三重結合の少なくとも一方を含む、態様 2 6 に記載の電源

。

(態様 3 3)

エネルギー貯蔵体の電解質が、 $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCS^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ および $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ を含む群から選択されるアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

10

(態様 3 4)

エネルギー貯蔵体の電解質が、 $A-PO_4^-$ 、 $-A-SO_2^-$ 、 $A-SO_3^-$ 、 $-A-SO_3H^-$ 、 $-A-COO^-$ 、 $-A-CO^-$ を含む群から選択されるアニオンを含み、A は、フェニル基、置換フェニル、アルキル基、置換アルキル基、負の電荷を帯びたラジカルアルカン、ハロゲン化アルカンおよびエーテルの 1 つである、態様 1 に記載の電源。

20

(態様 3 5)

エネルギー貯蔵体の電解質が、それぞれの数の置換基と結合した基礎構造を有するアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 3 6)

基礎構造が、N、O、CO、SO、Be、C、Mg、Ca、Ba、Ra、Au、B、Al、Ga、Th、In、P、S、Sb、As、N、Bi、Nb および Sb の 1 つを含む、態様 3 5 に記載の電源。

(態様 3 7)

それぞれの数の置換基が、少なくとも 2 つである、態様 3 5 に記載の電源。

30

(態様 3 8)

置換基が、別種および反復的の一方である、態様 3 7 に記載の電源。

(態様 3 9)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_2) およびそれに結合する 2 つの置換基 (α_2) を含むアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 4 0)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_2) および 2 つの置換基 (α_2) を含むアニオンを含み、基礎構造 (Y_2) は、N、O、CO および SO からなる群から選択され、2 つの置換基 (α_2) の各々は、 $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCS^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ および $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ ならびに $A-PO_4^-$ 、 $-A-SO_2^-$ 、 $A-SO_3^-$ 、 $-A-SO_3H^-$ 、 $-A-COO^-$ 、 $-A-CO^-$ からなる群から選択され、A は、フェニル基、置換フェニル、アルキル基、置換アルキル基、負の電荷を帯びたラジカルアルカン、ハロゲン化アルカンおよびエーテルの 1 つである、態様 1 に記載の電源。

40

50

(態様 4 1)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_3) およびそれに結合する 3 つの置換基 (α_3) を含むアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 4 2)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_3) および 3 つの置換基 (α_3) を含むアニオンを含み、基礎構造 (Y_3) は、Be、C、N、O、Mg、Ca、Ba、Ra、Au からなる群から選択され、3 つの置換基 (α_3) の各々は、 $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCS^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ および $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ ならびに $A-PO_4^-$ 、 $A-SO_2^-$ 、 $A-SO_3^-$ 、 $A-SO_3H^-$ 、 $A-COO^-$ 、 $A-CO^-$ からなる群から選択され、A は、フェニル基、置換フェニル、アルキル基、置換アルキル基、負の電荷を帯びたラジカルアルカン、ハロゲン化アルカンおよびエーテルの 1 つである、態様 1 に記載の電源。

10

(態様 4 3)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_4) およびそれに結合する 4 つの置換基 (α_4) を含むアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

20

(態様 4 4)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_4) および 4 つの置換基 (α_4) を含むアニオンを含み、基礎構造 (Y_4) は B、Al、Ga、Th、In、P からなる群から選択され、4 つの置換基 (α_4) の各々は $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCS^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ および $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ ならびに $A-PO_4^-$ 、 $A-SO_2^-$ 、 $A-SO_3^-$ 、 $A-SO_3H^-$ 、 $A-COO^-$ 、 $A-CO^-$ からなる群から選択され、A は、フェニル基、置換フェニル、アルキル基、置換アルキル基、負の電荷を帯びたラジカルアルカン、ハロゲン化アルカンおよびエーテルの 1 つである、態様 1 に記載の電源。

30

(態様 4 5)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_6) およびそれに結合する 6 つの置換基 (α_6) を含むアニオンを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 4 6)

エネルギー貯蔵体の電解質が、基礎構造 (Y_6) および 6 つの置換基 (α_6) を含むアニオンを含み、基礎構造 (Y_6) は P、S、Sb、As、N、Bi、Nb、Sb からなる群から選択され、6 つの置換基 (α_6) の各々は $-F^-$ 、 $-Cl^-$ 、 $-Br^-$ 、 $-I^-$ 、 $-OCH_3^-$ 、 $-CN^-$ 、 $-SCN^-$ 、 $-C_2H_3O_2^-$ 、 $-ClO^-$ 、 $-ClO_2^-$ 、 $-ClO_3^-$ 、 $-ClO_4^-$ 、 $-NCO^-$ 、 $-NCS^-$ 、 $-NCSe^-$ 、 $-NCN^-$ 、 $-OCH(CH_3)_2^-$ 、 $-CH_2OCH_3^-$ 、 $-COOH^-$ 、 $-OH^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CH_3^-$ 、 $-SOCH_3^-$ 、 $-SO_2CF_3^-$ 、 $-SO_3H^-$ 、 $-SO_3CF_3^-$ 、 $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ 、 $-CF_3^-$ 、 $-CHF_2^-$ 、 $-CH_2F^-$ 、 $-CH_3^-$ 、 $-NO_3^-$ 、 $-NO_2^-$ 、 $-SO_3^-$ 、 $-SO_4^{2-}$ 、 $-SF_5^-$ 、 $-CB_{11}H_{12}^-$ 、 $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ 、 $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ および $-C_2H$

40

50

${}^5\text{CB}_{11}\text{H}_{11}^-$ ならびに $\text{A}-\text{PO}_4^-$ 、 $-\text{A}-\text{SO}_2^-$ 、 $\text{A}-\text{SO}_3^-$ 、 $-\text{A}-\text{SO}_3\text{H}^-$ 、 $-\text{A}-\text{COO}^-$ 、 $-\text{A}-\text{CO}^-$ からなる群から選択され、Aは、フェニル基、置換フェニル、アルキル基、置換アルキル基、負の電荷を帯びたラジカルアルカン、ハロゲン化アルカンおよびエーテルの1つである、態様1に記載の電源。

(態様47)

エネルギー貯蔵体の電解質が溶媒である、態様1に記載の電源。

(態様48)

溶媒が、アセトニトリル、アミド、ベンゾニトリル、ブチロラクトン、環状エーテル、ジブチルカーボナート、ジエチルカーボナート、ジエチルエーテル、ジメトキシエタン、ジメチルカーボナート、ジメチルホルムアミド、ジメチルスルホン、ジオキサン、ジオキソラン、ギ酸エチル、エチレンカーボナート、エチルメチルカーボナート、ラクトン、直鎖エーテル、ギ酸メチル、メチルプロピオナート、メチルテトラヒドロフラン、ニトリル、ニトロベンゼン、ニトロメタン、*n*-メチルピロリドン、プロピレンカーボナート、スルホラン、スルホン、テトラヒドロフラン、テトラメチレンスルホン、チオフエン、エチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、ポリエチレングリコール、炭酸エーテル、 γ -ブチロラクトン、ニトリルおよびトリシアノヘキサンの少なくとも1つを含む、態様47に記載の電源。

(態様49)

エネルギー貯蔵体を収容するためのハウジングが、その内面の大部分の上に配置される障壁を含む、態様1に記載の電源。

(態様50)

障壁が、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、パーフルオロアルコキシ(PFA)、フッ素化エチレンプロピレン(FEP)、エチレンテトラフルオロエチレン(ETFE)の少なくとも1つを含む、態様49に記載の電源。

(態様51)

障壁がセラミック材料を含む、態様49に記載の電源。

(態様52)

障壁が、耐食性、所望の誘電特性および低い電気化学的反応性の少なくとも1つを示す材料を含む、態様49に記載の電源。

(態様53)

障壁が、材料の多層を含む、態様49に記載の電源。

(態様54)

ハウジングが多層材料を含む、態様49に記載の電源。

(態様55)

多層材料が、第2の材料の上を被覆した第1の材料を含む、態様54に記載の電源。

(態様56)

多層材料が、スチール、タンタルおよびアルミニウムの少なくとも1つを含む、態様54に記載の電源。

(態様57)

ハウジングが少なくとも1つの半球状のシールを含む、態様49に記載の電源。

(態様58)

ハウジングが少なくとも1つのガラス-金属シールを含む、態様49に記載の電源。

(態様59)

ガラス-金属シールのピンが電氣的接触をもたらず、態様58に記載の電源。

(態様60)

鉄-ニッケル-コバルト合金、ニッケル鉄合金、タンタル、モリブデン、ニオブ、タンゲステン、ステンレスの一の形態およびチタンの1つを含む、態様59に記載の電源。

(態様61)

ガラス-金属シールが、ニッケル、モリブデン、クロム、コバルト、鉄、銅、マンガン、チタン、ジルコニウム、アルミニウム、炭素およびタンゲステンならびにこれらの合金

10

20

30

40

50

の少なくとも 1 つを含むボディを含む、態様 59 に記載の電源。

(態様 62)

エネルギー貯蔵体のエネルギー貯蔵セルが、正極と負極との間の電氣的離隔をもたらすセパレータを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 63)

ポリアミド、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE)、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、ガラス繊維およびガラス繊維強化プラスチックの 1 つを含む、態様 62 に記載の電源。

(態様 64)

セパレータが実質的に水分を含まない、態様 62 に記載の電源。

10

(態様 65)

セパレータが実質的に疎水性である、態様 62 に記載の電源。

(態様 66)

エネルギー貯蔵体が、約 5.0×10^{-6} atm-cc/秒以下の漏れ速度を示す密封を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 67)

エネルギー貯蔵体が、約 5.0×10^{-7} atm-cc/秒以下の漏れ速度を示す密封を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 68)

エネルギー貯蔵体が、約 5.0×10^{-8} atm-cc/秒以下の漏れ速度を示す密封を含む、態様 1 に記載の電源。

20

(態様 69)

エネルギー貯蔵体が、約 5.0×10^{-9} atm-cc/秒以下の漏れ速度を示す密封を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 70)

エネルギー貯蔵体が、約 5.0×10^{-10} atm-cc/秒以下の漏れ速度を示す密封を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 71)

エネルギー貯蔵体の体積漏れ電流が、前記温度範囲内において約 1,000 mA/L 未満である、態様 1 に記載の電源。

30

(態様 72)

エネルギー貯蔵体の体積漏れ電流が、特定の電圧範囲にわたって約 1,000 mA/L 未満である、態様 1 に記載の電源。

(態様 73)

エネルギー貯蔵体が、再充電可能なエネルギー貯蔵体に加えて少なくとも 1 つの電池を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 74)

電池が再充電可能でない、態様 73 に記載の電源。

(態様 75)

複数の発生機を更に含み、各発生機が、特定の方向の振動エネルギーを取り入れるように配列される、態様 1 に記載の電源。

40

(態様 76)

外部磁場を低減すること及び実質的に除去することの少なくとも一方のためのシールドを更に含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 77)

エネルギー貯蔵体を電源として使用することから電力発生をもたらすための回路を更に含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 78)

発生した電力が、交流 (AC) および直流 (DC) の一方を含む、態様 77 に記載の電源。

50

(態様 7 9)

発生機が振動エネルギー発生機を含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 8 0)

発生機が、少なくとも 1 つの調節可能なバイアス機器を含む、態様 7 9 に記載の電源。

(態様 8 1)

少なくとも 1 つの調節可能なバイアス機器が、調節可能な磁石、電磁石、圧電素子および同調可能なばね要素の 1 つを含む、態様 8 0 に記載の電源。

(態様 8 2)

少なくとも 1 つの調節可能なバイアス機器を制御するための少なくとも 1 つの同調回路を更に含む、態様 8 0 に記載の電源。

(態様 8 3)

少なくとも 1 つの同調回路がマイクロプロセッサを含む、態様 8 0 に記載の電源。

(態様 8 4)

発生機が、回転発電機、電磁変位発生機、磁歪変位発生機、圧電発電機、熱電発電機、熱光起電発生機および放射性同位体エネルギー発生機の少なくとも 1 つを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 8 5)

電池が、リチウム-チオニル-塩化物電池、リチウム-臭素-塩化物電池、リチウム-スルフリル-塩化物電池および融解塩電池の少なくとも 1 つを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 8 6)

外部供給が遠隔電気エネルギー源との接続を含み、前記接続は、有線接続、配線ケーシング接続、配線管接続およびコイルドチュービング接続の 1 つを含む、態様 1 に記載の電源。

(態様 8 7)

ダウンホール工具の電源の製造方法であって、

少なくとも 1 つのエネルギー源、約 8 0 °C ~ 約 2 1 0 °C の温度範囲内の温度で作動するように構成される再充電可能なエネルギー貯蔵体、および発生機からの電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するようになっている制御回路を選択すること；ならびに

エネルギー源、制御回路およびエネルギー貯蔵体をダウンホール工具に組み込んで電源を提供することを含む、方法。

(態様 8 8)

エネルギー源が、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経路されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機の少なくとも 1 つを含む、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 8 9)

複数のエネルギー発生機を電源に組み込むことを更に含み、各発生機は、所定の方向の振動エネルギーを取り入れるように配向される、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 9 0)

選択することが、回転発電機、電磁変位発生機、磁歪変位発生機、圧電発電機、熱電発電機、熱光起電発生機、遠隔電源に対する接続および放射性同位体エネルギー発生機の少なくとも 1 つを選択することを含む、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 9 1)

選択することが、電池、および外部エネルギー供給に対する接続の少なくとも一方を選択することを含む、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 9 2)

干渉磁場を低減すること及び実質的に除去することの少なくとも一方のために、遮蔽を電源およびダウンホール工具の少なくとも一方に組み込むことを更に含む、態様 8 7 に記

10

20

30

40

50

載の方法。

(態様 9 3)

前記温度範囲内で作動するために、エネルギー発生機および制御回路の少なくとも一方を選択することを更に含む、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 9 4)

回路を組み込んでエネルギー貯蔵体からの電力発生を負荷に提供することを更に含む、態様 8 7 に記載の方法。

(態様 9 5)

エネルギー貯蔵体を選択することが、密封されたハウジング内にエネルギー貯蔵セルおよび電解質を含むウルトラキャパシタを選択することを含み、セルは、正接触子および負接触子に電氣的に連結され、ウルトラキャパシタは、約 8 0 °C ~ 約 2 1 0 °C の温度範囲内の温度で作動するように構成される、態様 8 7 に記載の方法。

10

(態様 9 6)

ダウンホール工具に電力を供給する方法であって、

制御回路と、約 8 0 °C ~ 約 2 1 0 °C の温度範囲内の温度で作動するように構成される高温で再充電可能なエネルギー貯蔵体とに連結されるエネルギー源を備える電源を含む工具を選択することであって、エネルギー源は、電池、電気エネルギーの外部供給に対する接続、およびダウンホール工具によって経験されるエネルギーを電気エネルギーに変換するように構成される発生機、エネルギー源からの電気エネルギーを受け取ってエネルギー貯蔵体において電気エネルギーを貯蔵するための制御回路の少なくとも 1 つを含む、こと；

20

電源からの電力を、ダウンホール工具を備える負荷に供給することを含む、方法。

(態様 9 7)

変換することが、振動エネルギー発生機、回転発電機、電磁変位発生機、磁歪変位発生機、圧電発電機、熱電発電機、熱光起電発生機、遠隔電源に対する接続および放射性同位体エネルギー発生機の少なくとも 1 つを操作することを含む、態様 9 6 に記載の方法。

(態様 9 8)

負荷が、電子回路、変圧器、増幅器、サーボ、プロセッサ、データ記憶装置、ポンプ、モーター、センサ、熱同調センサ、光学センサ、変換器、ファイバー光学、光源、シンチレータ、パルサー、油圧アクチュエータ、アンテナ、シングルチャンネル分析器、マルチチャンネル分析器、放射線検出器、加速度計および磁力計の少なくとも 1 つを含む、態様 9 6 に記載の方法。

30

(態様 9 9)

工具が、芯加工工具、閉鎖工具、核磁気共鳴イメージング (NMR) 工具、電磁気 (EM) 遠隔測定工具、マッドパルサー遠隔測定工具、抵抗率測定工具、ガンマ感知工具、圧力センサ工具、音響センサ工具、地震工具、核工具、パルス中性子工具、層サンプリング工具および誘導工具の少なくとも 1 つを含む、態様 9 6 に記載の方法。

(態様 1 0 0)

供給することが、電力を連続的に供給すること及び周期的に供給することの少なくとも一方を含む、態様 9 6 に記載の方法。

40

(態様 1 0 1)

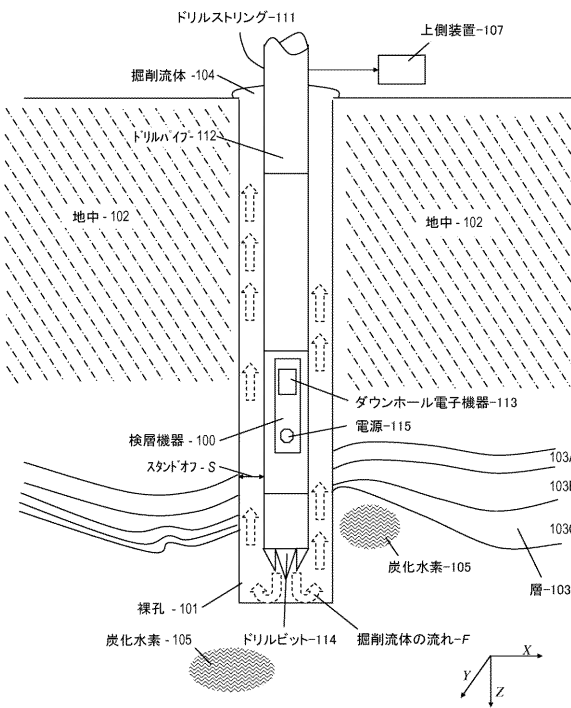
供給することが、負荷に交流 (AC) を供給すること及び直流 (DC) を供給することの少なくとも一方を含む、態様 9 6 に記載の方法。

(態様 1 0 2)

振動エネルギー発生機に対して、発生機を、ダウンホールが経験する振動の振動数に合わせることを更に含む、態様 9 6 に記載の方法。

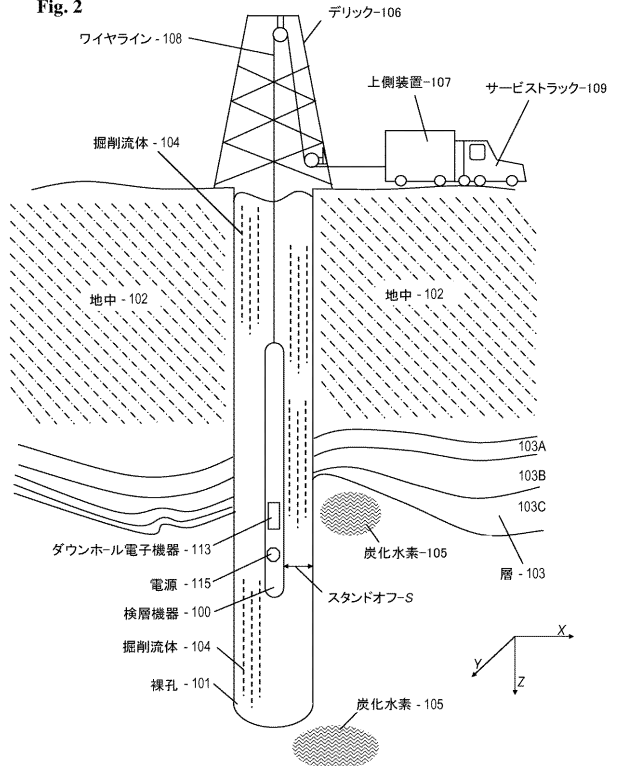
【図 1】

Fig. 1



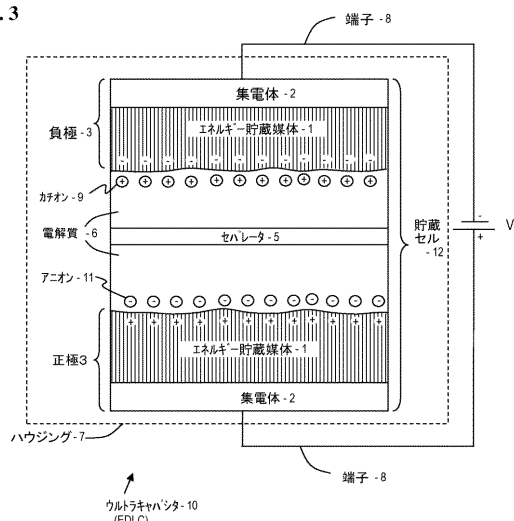
【図 2】

Fig. 2



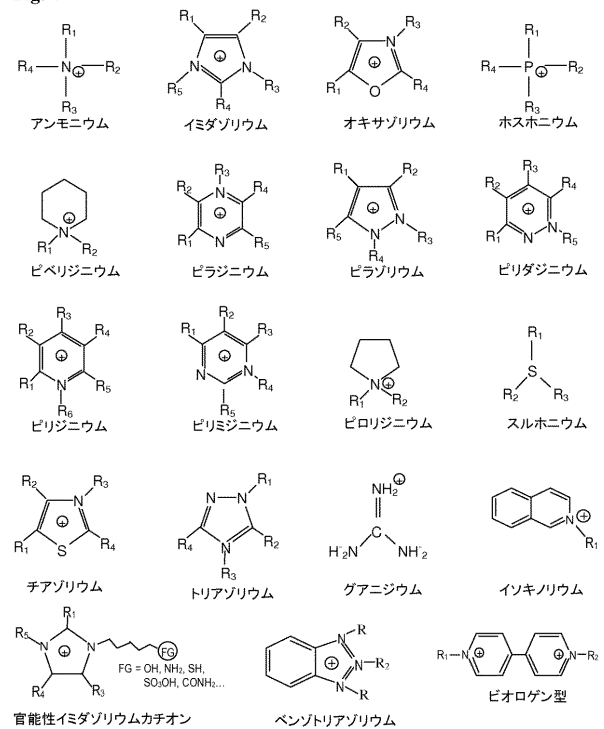
【図 3】

Fig. 3



【図 4】

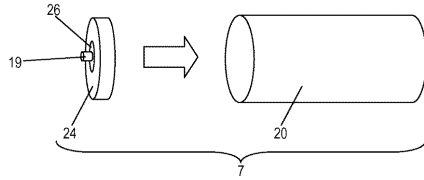
Fig. 4



カチオンの一次構造

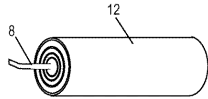
【図 5】

Fig. 5



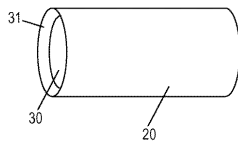
【図 6】

Fig. 6



【図 7】

Fig. 7



【図 8】

Fig. 8A

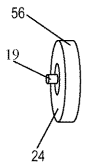
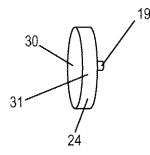
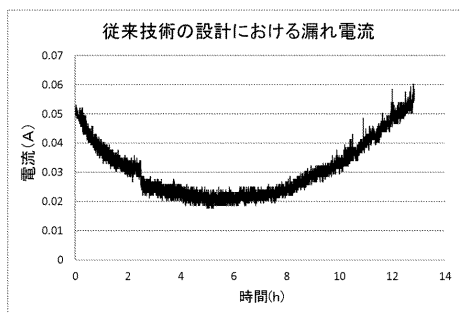


Fig. 8B



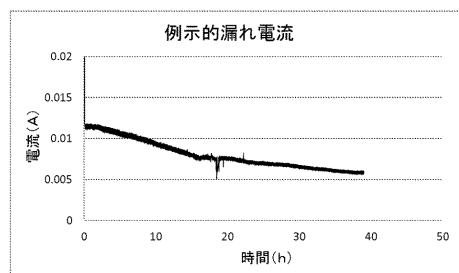
【図 10】

Fig. 10A



露出した内部表面を備えるハウジング

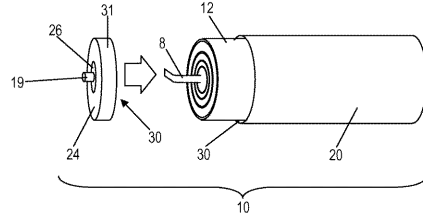
Fig. 10B



内部表面の上に障壁を備えるハウジング

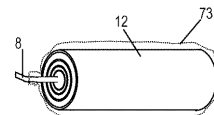
【図 9】

Fig. 9



【図 11】

Fig. 11



【図 12】

Fig. 12A

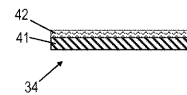


Fig. 12B

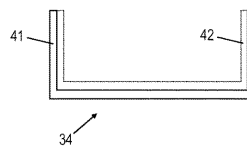
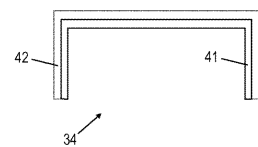
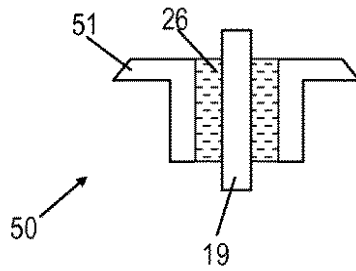


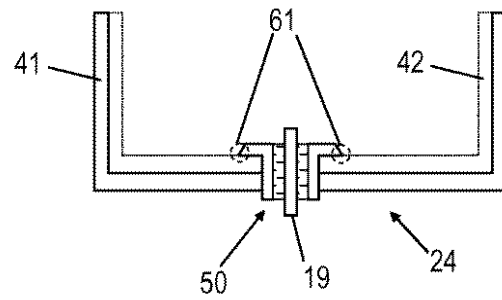
Fig. 12C



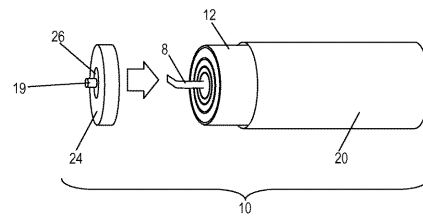
【図 1 3】

Fig. 13

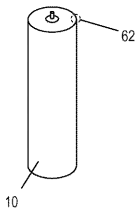
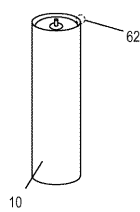
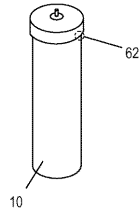
【図 1 4】

Fig. 14

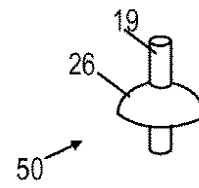
【図 1 5】

Fig. 15

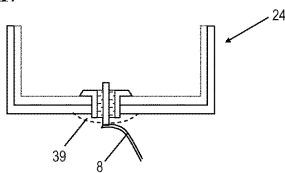
【図 1 6】

Fig. 16A**Fig. 16B****Fig. 16C**

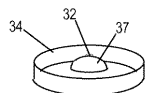
【図 1 9】

Fig. 19

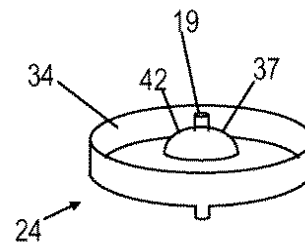
【図 1 7】

Fig. 17

【図 1 8】

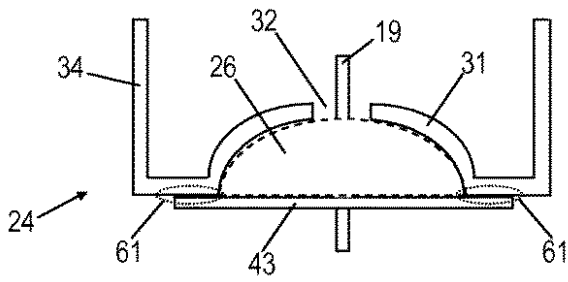
Fig. 18A**Fig. 18B****Fig. 18C**

【図 2 0】

Fig. 20

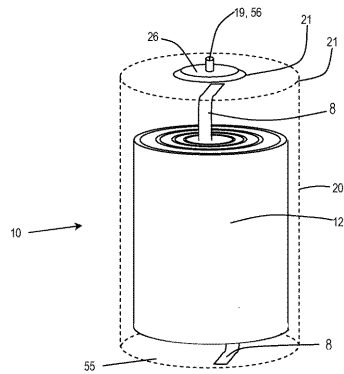
【図 2 1】

Fig. 21



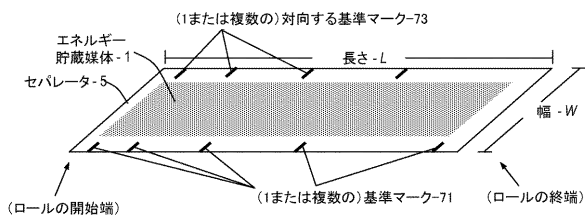
【図 2 2】

Fig. 22



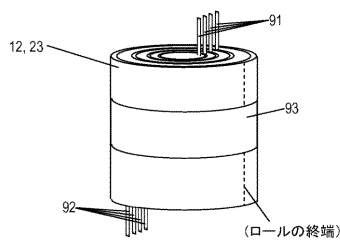
【図 2 6】

Fig. 26



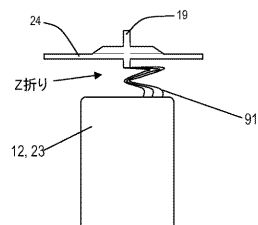
【図 2 7】

Fig. 27



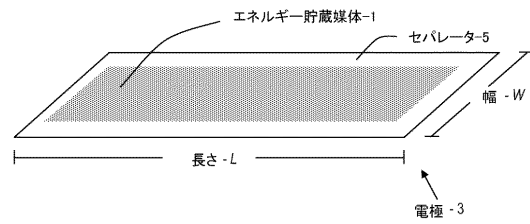
【図 2 8】

Fig. 28



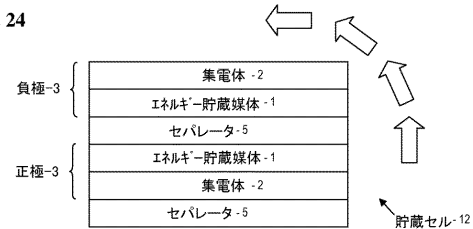
【図 2 3】

Fig. 23



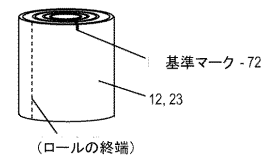
【図 2 4】

Fig. 24



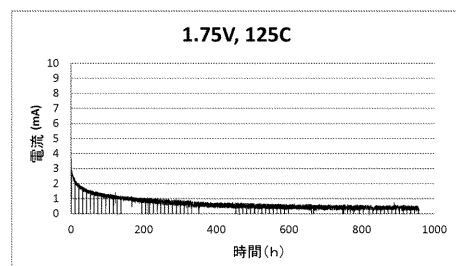
【図 2 5】

Fig. 25



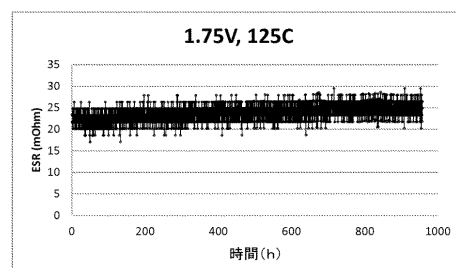
【図 2 9】

Fig. 29



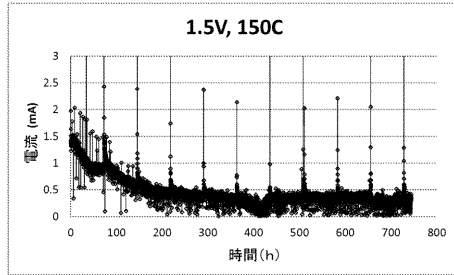
【図 3 0】

Fig. 30



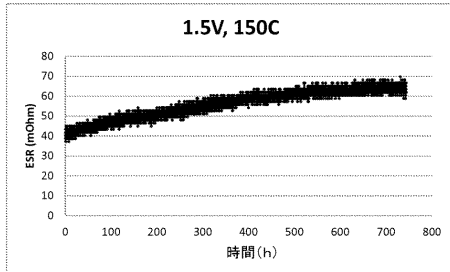
【図 3 1】

Fig. 31



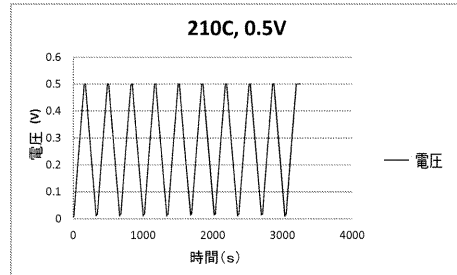
【図 3 2】

Fig. 32



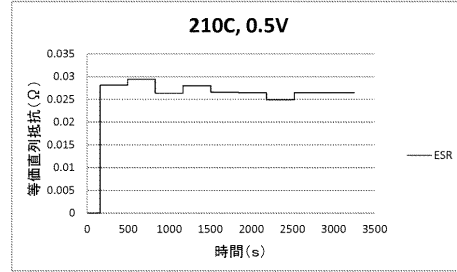
【図 3 3】

Fig. 33



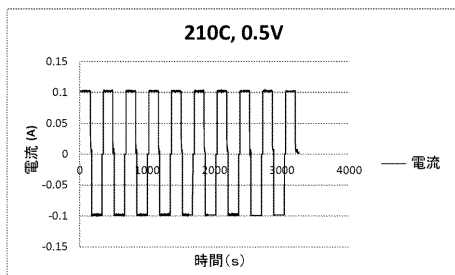
【図 3 4】

Fig. 34



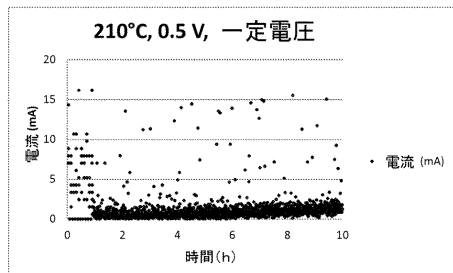
【図 3 5】

Fig. 35



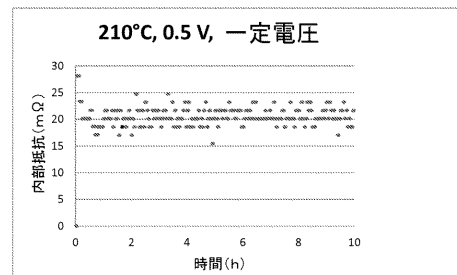
【図 3 6】

Fig. 36



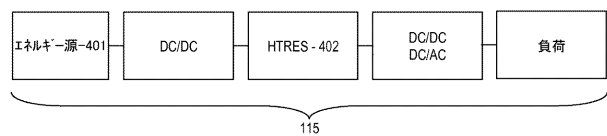
【図 3 7】

Fig. 37



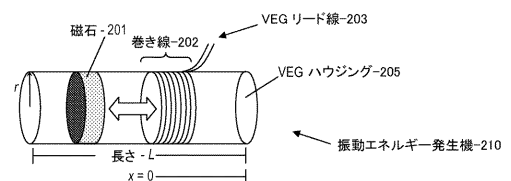
【図 3 8】

Fig. 38



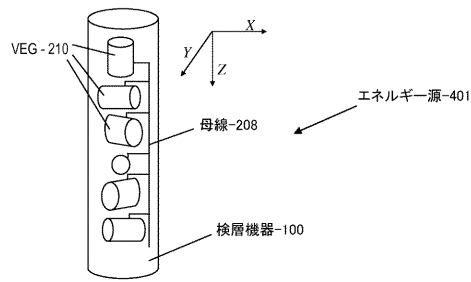
【図 3 9】

Fig. 39



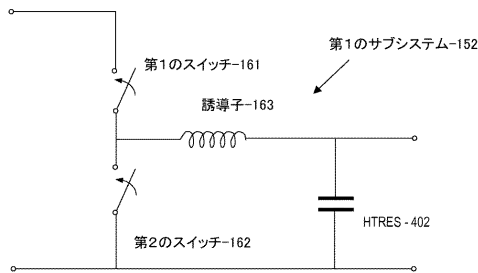
【図 40】

Fig. 40



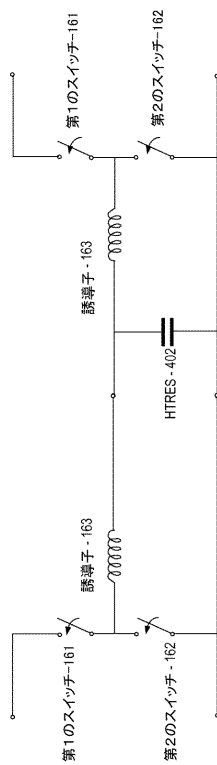
【図 41】

Fig. 41



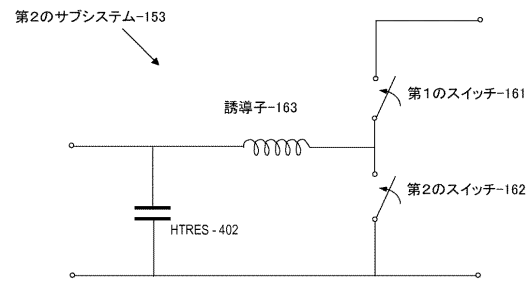
【図 43】

Fig. 43



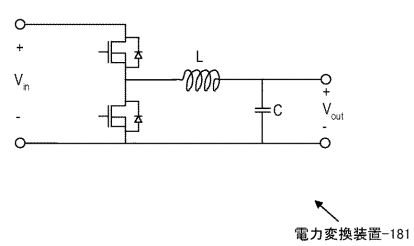
【図 42】

Fig. 42



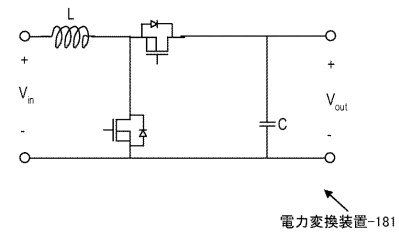
【図 44】

Fig. 44



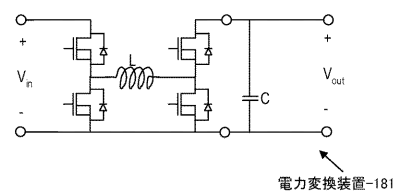
【図 45】

Fig. 45



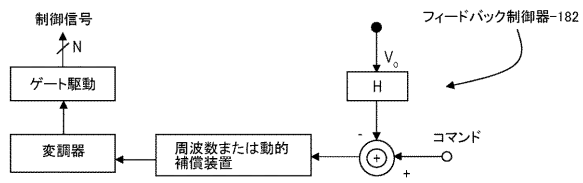
【図 46】

Fig. 46



【図 47】

Fig. 47



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/512,090

(32)優先日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/560,888

(32)優先日 平成23年11月17日(2011.11.17)

(33)優先権主張国 米国(US)

(31)優先権主張番号 61/602,713

(32)優先日 平成24年2月24日(2012.2.24)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 リッカルド・シニョレツリ

アメリカ合衆国02127マサチューセッツ州ボストン、アトランティック・アベニュー530番、ユニット502

(72)発明者 ジョン・ジェイコブ・クーリー

アメリカ合衆国02129マサチューセッツ州ボストン、エイズ・ストリート42番、ユニット2208

(72)発明者 クリストファー・ジョン・シボールド・ディーン

アメリカ合衆国02127マサチューセッツ州ボストン、ボーエン・ストリート173番、アパートメント3

(72)発明者 ジェイムズ・エプスタイン

アメリカ合衆国02067マサチューセッツ州シャロン、イースト・ストリート138番

(72)発明者 バドマナバン・サスタン・クッティピライ

アメリカ合衆国02148マサチューセッツ州モールデン、ケネディ・ドライブ224番、アパートメント709

(72)発明者 ファブリツィオ・マルティーニ

アメリカ合衆国02127マサチューセッツ州ボストン、ケイ・ストリート249番、ユニット・ビー

(72)発明者 ジョセフ・レイン

アメリカ合衆国02139マサチューセッツ州ケンブリッジ、ビショップ・アレン・ドライブ60番、アパートメント6

Fターム(参考) 2D129 AB01 BA19 BA27 DA12 FA01