

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-519399

(P2008-519399A)

(43) 公表日 平成20年6月5日(2008.6.5)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
HO 1 M 4/36 (2006.01)	HO 1 M 4/36	E	4 C 0 5 3
HO 1 M 10/36 (2006.01)	HO 1 M 10/00	1 O 2	5 H 0 2 9
HO 1 M 4/48 (2006.01)	HO 1 M 4/48	1 O 2	5 H 0 5 0
HO 1 M 4/52 (2006.01)	HO 1 M 4/52	1 O 2	
HO 1 M 4/50 (2006.01)	HO 1 M 4/48	1 O 1	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁) 最終頁に続く

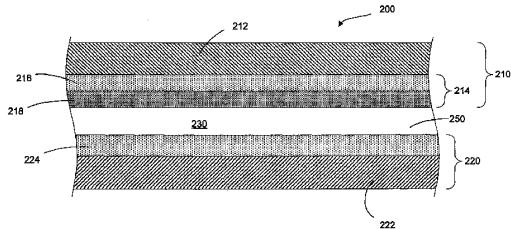
(21) 出願番号	特願2007-539105 (P2007-539105)	(71) 出願人	591007804 メドトロニック・インコーポレーテッド アメリカ合衆国ミネソタ州55432, ミネアポリス, メドトロニック・パークウェイ 710
(86) (22) 出願日	平成17年10月27日 (2005.10.27)	(74) 代理人	710 Medtronic Parkway, Minneapolis, Minnesota 55432, U. S. A
(85) 翻訳文提出日	平成19年6月27日 (2007.6.27)	(74) 代理人	100089705 弁理士 松本 一夫
(86) 國際出願番号	PCT/US2005/038761	(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(87) 國際公開番号	W02006/050022	(74) 代理人	100075270 弁理士 小林 泰
(87) 國際公開日	平成18年5月11日 (2006.5.11)		
(31) 優先権主張番号	10/979, 043		
(32) 優先日	平成16年10月29日 (2004.10.29)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	10/976, 508		
(32) 優先日	平成16年10月29日 (2004.10.29)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】リチウムイオン電池と医療デバイス

## (57) 【要約】

リチウムイオン電池は、正電流コレクターと第1の活性物質と第2の活性物質とを含んだ正極を含む。リチウムイオン電池はさらに、負電流コレクターと第3の活性物質とを有する負極を含み、このとき第3の活性物質がチタン酸リチウム物質を含む。第1の活性物質と第2の活性物質と第3の活性物質は、リチウムイオンのドーピングと脱ドーピングが可能となるように設計されている。第2の活性物質は、負電流コレクターの腐食電位より低くて、第1の活性物質の分解電位より高い充放電容量を示す。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

正電流コレクター、第1の活性物質、および第2の活性物質を含んだ正極；ならびに負電流コレクターと第3の活性物質を含んだ負極、第3の活性物質はチタン酸リチウム物質を含む；  
を含み、第2の活性物質が、負電流コレクターの腐食電位より低くて、第1の活性物質の分解電位より高い充放電容量を示すリチウムイオン電池。

**【請求項 2】**

第3の活性物質が $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ を含む、請求項1に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 3】**

正極と負極が、負電流コレクターの腐食電位より低くて、第1の活性物質の分解電位より高いゼロ電圧交差電位を有する、請求項1または2に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 4】**

第1の活性物質がリチウムを含む、請求項1～3のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 5】**

第1の活性物質が $\text{LiCoO}_2$ を含む、請求項4に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 6】**

第1の活性物質が、 $\text{LiCo}_x\text{Ni}_{(1-x)}\text{O}_2$ または $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ の形態の物質を含む、請求項1～4のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 7】**

第1の活性物質が、 $\text{LiAl}_x\text{Co}_y\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{O}_2$ の形態の物質を含む、請求項1～4のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 8】**

負電流コレクターが、銅、チタン、ニッケル、およびアルミニウムの少なくとも1種を含む、請求項1～7のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 9】**

第2の活性物質が $\text{V}_6\text{O}_{13}$ または $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ のリチウム化形を含む、請求項1～8のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 10】**

第2の活性物質が、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Li}_5\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ 、 $\text{Li}_x\text{VO}_2$ 、 $\text{V}_3\text{O}_8$ 、 $\text{MoO}_3$ 、 $\text{TiS}_2$ 、 $\text{WO}_2$ 、 $\text{MoO}_2$ 、 $\text{RuO}_2$ 、 $\text{LiM}_x\text{Mn}_{(2-x)}\text{O}_4$ 、およびこれらの組み合わせ物のリチウム化形からなる群から選択される物質を含む、請求項1～9のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 11】**

$x$ が約0.05～約0.3であって、 $y$ が約0.1～約0.3である、請求項7に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 12】**

リチウムイオン電池が約10mAh～約1000mAhの容量を有する、請求項1～11のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 13】**

リチウムイオン電池が、引き続き再充電したときに、電池容量の低下を起こすことなくほぼゼロ電圧の状態に放電することができる、請求項1～12のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 14】**

医療デバイス中に組み込まれる、請求項1～13のいずれか一項に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 15】**

医療デバイスの少なくとも一部が患者の体内に埋め込まれるように設計されている、請求項14に記載のリチウムイオン電池。

**【請求項 16】**

10

20

30

40

50

リチウムイオン電池を含んだ医療デバイスの一部が患者の体内に埋め込まれ、リチウムイオン電池を患者の体から取り出すことなくリチウムイオン電池を充電することができる、請求項15に記載のリチウムイオン電池。

#### 【請求項 17】

医療デバイスが、神経刺激デバイス、細動除去器、心臓ペースメーカー、心収縮モジュール、心収縮モジュレータ、電気除細動器、薬物投与デバイス、蝸牛インプラント、補聴器、センサー、テレメトリーデバイス、および診断レコーダーからなる群から選択される、請求項14に記載のリチウムイオン電池。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【技術分野】

10

##### 【0001】

本発明は、一般にはリチウムイオン電池の分野に関する。具体的には本発明は、過放電状態に対して比較的耐性のあるリチウムイオン電池に関する。

##### 【0002】

リチウムイオン電池は、活性物質(たとえば $\text{LiCoO}_2$ )を表面上に組み込んだ正電流コレクター(たとえば、アルミニウム箔等のアルミニウム)、および活性物質(たとえば、グラファイト等の炭素質物質)を表面上に組み込んだ負電流コレクター(たとえば、銅箔等の銅)を含む。正電流コレクターとその表面上に組み込まれた活性物質を合わせて正極と呼び、また負電流コレクターとその表面上に組み込まれた活性物質を合わせて負極と呼ぶ。

##### 【0003】

図1は、上記のようなリチウムイオン電池10の一部の概略図を示している。リチウムイオン電池10は、正電流コレクター22と正極活性物質24とを含んだ正極20、負電流コレクター32と負極活性物質34とを含んだ負極30、電解質物質40、および正極20と負極30との中间もしくは間に設けられているセパレーター〔たとえば、ポリマー微孔質セパレーター(図示せず)〕を含む。電極20と30は、比較的フラットもしくは平面状のプレートとして供給されてもよいし、あるいはスパイラル構造もしくは他の構造(たとえば卵形構造)にて包装または巻きつけられていてもよい。電極はさらに、折りたたみ構造で供給されてもよい。

20

##### 【0004】

電池10の充電時と放電時においては、リチウムイオンが正極20と負極30との間を移動する。たとえば、電池10が放電しているときは、リチウムイオンが負極30から正極20に流れれる。一方、電池10が充電されているときは、リチウムイオンが正極20から負極30に流れれる。

30

##### 【0005】

図2は、従来のリチウムイオン電池に対する理論的な充電挙動と放電挙動を示しているグラフ100である。曲線110は、 $\text{LiCoO}_2$ 活性物質を表面上に組み込んだアルミニウム電流コレクターを含む正極に関して、リチウム基準電極に対する電極電位を示しており、一方、曲線120は、炭素質活性物質を表面上に組み込んだ銅電流コレクターを含む負極に関して、リチウム基準電極に対する電極電位を示している。曲線110と120との間の差が全セル電圧を表わしている。

40

##### 【0006】

図2に示されているように、フル容量にまで初期充電すると、曲線110からわかるように、正極の電位が、約3.0ボルトから、負極を作製するのに使用される銅の腐食電位(点線122で表示)より上のポイントにまで増大する。負極の電位は、約3.0ボルトから、アルミニウム電流コレクター上に組み込まれている $\text{LiCoO}_2$ 活性物質の分解電位(点線112で表示)より下のポイントにまで低下する。初期充電すると、電池は、負電流コレクター上に不動態化層が形成される〔固体-電解質界面(“SEI”)と呼ばれることもある〕ことで容量の不可逆的な低下を受ける。容量の不可逆的な低下が、曲線120における出っ張りもしくは棚124として示されている。

##### 【0007】

従来のリチウムイオン電池が有する1つの難点は、このような電池をゼロボルト付近の

50

ポイントにまで放電させると、電池は、供給可能な容量(deliverable capacity)の低下を、ならびに負極電流コレクター(銅)の、そしておそらくは使用される物質の種類と電池ケースの極性に応じて電池ケースの腐食を示すことがある、という点である。図2に示されているように、電池を初期充電した後、電池の電圧をゼロボルト(すなわち、ゼロパーセントの容量)に近づけるという電池の放電を引き続き行うと、点線126で示される経路に従った負極電位となる。図2に示されているように、負極電位は、負電流コレクターの銅腐食電位(銅の場合は約3.5ボルトであり、図2の点線122で示されている)において平らに又は横ばい状態になっている。

#### 【0008】

曲線110と120が交差するポイントはゼロ電圧交差電位(zero voltage crossing potential)と呼ばれることがある、ゼロに等しいセル電圧に相当する(すなわち、2つの曲線間の差が、このポイントにおいてゼロに等しい)。銅腐食電位において起こる銅電流コレクターの分解のために、負電流コレクターに使用される銅物質が、セルがゼロ電圧状態に達する前に腐食され、この結果、供給可能な容量の低下を示す電池が得られる。

10

#### 【0009】

図2は、電池がゼロ電圧構造に近づいたときに、負電流コレクターの腐食を受けることがある電池の、理論的な充電挙動と放電挙動を示しているけれども、理解しておかなければならぬことは、正電流コレクター上の活性物質が、ほぼゼロ電圧の状態において分解するケースもある、という点である。このようなケースにおいては、リチウム基準電極に対する正極の理論的な充電電位と放電電位が、正極活性物質の分解電位にまで低下し(図2のライン112に示す)、このポイントにおいて正極活性物質が分解し、したがってその後の過放電状態に対する保護が低下する可能性がある。

20

#### 【0010】

リチウムイオン電池に対する損傷は低電圧状態の場合に起こることがあるので、従来のリチウムイオン電池は保護回路を含んでよく、および/または、電池からのカレント・ドレイン(current drain)を実質的に減少させる(たとえば、電池との接続を切ることによって)保護回路を含んだデバイスにおいて使用することができる。

30

#### 【0011】

医療デバイス業界は、患者の病状を処置するための多種多様な電子機械デバイスを製造している。病状に応じて、医療デバイスは、処置を受ける患者に外科的に埋め込むことができるし、あるいは処置を受ける患者に対して外部に接続することもできる。臨床医は、患者の病状を処置するのに、医療デバイスを単独で、あるいは薬物療法および外科手術と組み合わせて使用する。幾つかの病状に対しては、より健康的な状態とより充実した生活を個人に取り戻さるために、医療デバイスが最良の、そして場合によっては唯一の療法をもたらす。

40

#### 【0012】

このような医療デバイス(埋め込み可能な医療デバイスを含む)に対して電池パワーの供給源を組み込むのが望ましい。このような場合においては、再充電することができる電池を提供するのが有利である。さらに、その後の充電操作と放電操作にて電池の性能が低下するような、電池が損傷を受けることのある実質的なリスクなしに(たとえば、電池ケースの電極の一方が腐食することなく、また正極活性物質が分解することなく、等々)、ほぼゼロ電圧の状態にまで放電することができる電池を提供するのが有利である。

50

#### 【0013】

供給可能な容量の量がその後に低下することなく、あるいは負極または電池ケースの腐食を生じることなく、ほぼゼロ電圧にまで放電することができる電池(たとえばリチウムイオン電池)を提供するのが有利である。さらに、電池性能に対してそれほどの低下を起こすことなく、電池が、ほぼゼロ電圧の状態において使用可能となるよう、電池の初期充電から生じる容量の不可逆的な損失を補償する電池を提供するのが有利である。さらに、これらの又は他の有利な特徴のいずれか1つ以上を含んだ電池を使用する医療デバイス(たとえば、埋め込み可能な医療デバイス)を提供するのが有利である。

50

**【発明の概要】****【0014】**

代表的な実施態様は、正電流コレクターと第1の活性物質と第2の活性物質とを含んだ正極を含む電池に関する。電池はさらに、負電流コレクターと第3の活性物質を含んだ負極を含み、このとき第3の活性物質はチタン酸リチウム物質を含む。第1の活性物質、第2の活性物質、および第3の活性物質は、リチウムイオンのドーピングと脱ドーピングが可能となるように構成されている。第2の活性物質は、負電流コレクターの腐食電位より低くて、第1の活性物質の分解電位より高い充放電容量を示す。

**【0015】**

図1は、従来のリチウムイオン電池の概略断面図である。

10

**【0016】**

図2は、図1に概略的に示されているような従来のリチウムイオン電池に対する理論的な充電挙動と放電挙動を示しているグラフである。

**【0017】**

図3は、代表的な実施態様によるリチウムイオン電池の一部の概略断面図である。

**【0018】**

図4は、他の代表的な実施態様によるリチウムイオン電池の一部の概略断面図である。

**【0019】**

図5は、図3に示したようなリチウムイオン電池に対する理論的な充電挙動と放電挙動を示しているグラフである。

20

**【0020】**

図6は、患者の体内もしくは胴体内に埋め込まれた埋め込み可能な医療デバイスの形態のシステムの概略図である。

**【0021】**

図7は、埋め込み可能な医療デバイスの形態の、他のシステムの概略図である。

**【代表的な実施態様の詳細な説明】****【0022】**

図3を参照すると、代表的な実施態様にしたがって、リチウムイオン電池200の一部の概略断面図が示されている。代表的な実施態様によれば、電池200は、約10～1000ミリアンペア時(mAh)の定格を有する。他の代表的な実施態様によれば、電池は約100～400mAhの定格を有する。他の代表的な実施態様によれば、電池は約300mAhの電池である。他の代表的な実施態様によれば、電池は約75mAhの電池である。

30

**【0023】**

電池200は、少なくとも1つの正極210と少なくとも1つの負極220を含む。これらの電極は、電池200のフラットもしくは平面状の部材として供給されてもよいし、スパイラル構造もしくは他の構造にて巻きつけられていてもよいし、あるいは折りたたみ構造で供給されてもよい。たとえば、これらの電極は、比較的プリズム状の電池ケースに挿入すべく卵形巻き付けコイルを形成するよう、比較的矩形のマンドレルの周りに包装されていてよい。他の代表的な実施態様によれば、電池は、ボタンセル電池構造物として供給されても、薄膜固体電池構造物として供給されても、あるいは他のリチウムイオン電池構造物として供給されてもよい。

40

**【0024】**

電池ケース(図示せず)は、ステンレス鋼や他の金属で製造することができる。代表的な実施態様によれば、電池ケースは、チタン、アルミニウム、またはこれらの合金で製造することができる。他の代表的な実施態様によれば、電池ケースは、プラスチック材料やプラスチック-ホイルラミネート材料(たとえば、ポリオレフィン層とポリエステル層との間にアルミニウム箔が組み込まれている)を使用して製造することができる。

**【0025】**

代表的な実施態様によれば、ニッケルもしくはニッケル合金を含んだ部材またはタブによって、負極をステンレス鋼ケースに連結する。アルミニウムもしくはアルミニウム合金

50

を含んだ部材またはタブは、正極に連結もしくは貼付することができる。代表的な実施態様によれば、ニッケルタブとアルミニウムタブは、電池のための端子として機能してよい。

#### 【0026】

種々の代表的な実施態様によれば、電池200の寸法は異なっていてよい。たとえば、比較的プリズム状の電池ケース中に電極を組み込むことができるよう電極が巻き付けられているという1つの代表的な実施態様によれば、電池は、約30～40mm×約20～30mm×約5～7mmの寸法を有する。他の代表的な実施態様によれば、電池の寸法は約20mm×20mm×3mmである。他の代表的な実施態様によれば、電池は、約30mmの直径と約3mmの厚さを有するボタンセル型電池の形態にて供給することができる。当業者には言うまでもないことであるが、本明細書に記載のこのような寸法と構造は単に例示のためのものであって、本明細書に記載の新規概念にしたがって、種々のサイズ、形状、および構造を有する電池を製造することができる。

10

#### 【0027】

リチウムイオンが移動する媒体を供給するために、正極と負極との中間もしくは間に電解質230が組み込まれている。代表的な実施態様によれば、電解質は液体(たとえば、リチウム塩を1種以上の非水性溶媒中に溶解して得られる溶液)であってよい。代表的な実施態様によれば、電解質は、ポリ(エチレンオキシド)やシリコーン等のポリマー物質中にリチウム塩を溶解して得られる溶液であってよい。他の代表的な実施態様によれば、電解質は、N-メチル-N-アルキルピロリジニウムビス(トリフルオロメタンスルホニル)イミド塩等のイオン性液体であってよい。他の代表的な実施態様によれば、電解質は、リチウムホスホラスオキシナイトライド(LiPON)等のリチウムイオン伝導性ガラスのような固体電解質であってよい。

20

#### 【0028】

他の代表的な実施態様によれば、他の種々の電解質を使用することができる。たとえば、代表的な実施態様によれば、電解質は、エチレンカーボネート(EC)とジエチレンカーボネート(DEC)の1:1混合物をLiPF<sub>6</sub>の1.0M塩中に混合して得られる物質であってよい。他の代表的な実施態様によれば、電解質は、ポリプロピレンカーボネート溶媒とリチウムビス-オキサラートボラート塩を含んでよい(LiBOBと呼ばれることがある)。他の代表的な実施態様によれば、電解質は、PVDFコポリマー、PVDF-ポリイミド物質、有機ケイ素ポリマー、熱重合によるゲル、放射線硬化によるアクリラート、ポリマーゲルを含んだ粒状物、無機ゲルポリマー電解質、PVDFゲル、ポリエチレンオキシド(PEO)、ガラスセラミック電解質、リン酸塩ガラス、リチウム伝導性ガラス、リチウム伝導性セラミック、および無機イオン性液体ゲルなどの1種以上を含んでよい。

30

#### 【0029】

正極210と負極220との中間もしくは間にセパレーター250が組み込まれている。代表的な実施態様によれば、セパレーター250は、電解質とリチウムイオンがセパレーターの一方の側から他方の側に流れるのを可能にすべく形成された微小孔を含んだ、ポリプロピレン/ポリエチレンコポリマー多層積層物や他のポリオレフィン多層積層物等のポリマー物質である。代表的な実施態様によれば、セパレーター250の厚さは約10マイクロメートル( $\mu\text{m}$ )～約50 $\mu\text{m}$ である。特定の代表的な実施態様によれば、セパレーター250の厚さは約25 $\mu\text{m}$ であり、セパレーターの平均孔径は約0.02 $\mu\text{m}$ ～約0.1 $\mu\text{m}$ である。

40

#### 【0030】

正極210は、金属等の導電性物質で造られた電流コレクター212を含む。代表的な実施態様によれば、電流コレクター212はアルミニウムまたはアルミニウム合金を含む。代表的な実施態様によれば、電流コレクター212の厚さは約5 $\mu\text{m}$ ～約75 $\mu\text{m}$ である。特定の代表的な実施態様によれば、電流コレクター212の厚さは約20 $\mu\text{m}$ である。理解しておかねばならないことは、正電流コレクター212が薄い箔物質として図示されているけれども、種々の代表的な実施態様によれば、正電流コレクターは、多種多様な他の構造物のいずれであってもよいという点である。たとえば、正電流コレクターは、メッシュグリッド、エキス

50

パンデッドメタルグリッド、または光化学エッチンググリッド等のグリッドであつてよい。

### 【0031】

電流コレクター212は、活性物質216の層をその上に設けている(たとえば、電流コレクターの表面が被覆されている)。図3は、活性物質214の層が、電流コレクター212の一方の側だけに設けられていることを示しているけれども、理解しておかねばならないことは、活性物質214として示されているものと類似もしくは同一の活性物質の層を、電流コレクター212の両側に設けることもできるし、あるいはこうした層で電流コレクター212の両側の表面を被覆することもできる、という点である。

### 【0032】

図3に示されているように、層214は、一次活性物質216と二次もしくは補助活性物質218を含む。代表的な実施態様によれば、一次活性物質216と二次活性物質218は別個の層として組み込まれているように示されているけれども、一次活性物質216と二次活性物質218は、これらの物質が混合された単一の活性物質層として供給することもできる、ということは言うまでもない(たとえば、図4に示されている代表的な実施態様を参照;本実施態様においては、層214が、一次活性物質216と二次活性物質218の療法を含む)。結合剤物質を、活性物質214の層と組み合わせて使用して、種々の電極部材を接合もしくは団結させることもできる。たとえば、代表的な実施態様によれば、活性物質の層は、カーボンブラック等の導電性添加剤、およびフッ化ポリビニリジン(PVDF)やエラストマーポリマー等の結合剤を含んでよい。

10

20

### 【0033】

代表的な実施態様によれば、一次活性物質216は、リチウムを含んだ物質または化合物である。一次活性物質216中に含まれているリチウムは、それぞれ、電池の放電時と充電時においてドーピングおよび脱ドーピングすることができる。代表的な実施態様によれば、一次活性物質216は酸化リチウムコバルト( $\text{LiCoO}_2$ )である。他の代表的な実施態様によれば、正極活性物質は式 $\text{LiCo}_x\text{Ni}_{(1-x)}\text{O}_2$ の物質であって、このとき $x$ は約0.05~0.8である。他の代表的な実施態様によれば、一次活性物質は式 $\text{LiAl}_x\text{Co}_y\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{O}_2$ の物質であって、このとき $x$ は約0.05~0.3であり、 $y$ は約0.1~0.3である。他の代表的な実施態様によれば、一次活性物質は $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ を含んでよい。

### 【0034】

他の種々の代表的な実施態様によれば、一次活性物質は、式 $\text{Li}_{1-x}\text{MO}_2$ (式中、Mは金属である)の物質(たとえば、 $\text{LiCoO}_2$ 、 $\text{LiNiO}_2$ 、および $\text{LiMnO}_2$ )；式 $\text{Li}_{1-w}(M'_{x}M''_{y})\text{O}_2$ (式中、M' と M'' は異なった金属である)の物質(たとえば、 $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y)\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_{1/2}\text{Mn}_{1/2})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Cr}_x\text{Mn}_{1-x})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Al}_x\text{Mn}_{1-x})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Co}_x\text{M}_{1-x})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Co}_x\text{Ni}_{1-x})\text{O}_2$ 、および $\text{Li}(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})\text{O}_2$ )；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z)\text{O}_2$ の物質(たとえば、 $\text{LiCo}_x\text{Mn}_y\text{Ni}_{(1-x-y)}\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mg}_x)\text{O}_2$ 、 $\text{Li}(\text{Mn}_{0.4}\text{Ni}_{0.4}\text{Co}_{0.2})\text{O}_2$ 、および $\text{Li}(\text{Mn}_{0.1}\text{Ni}_{0.1}\text{Co}_{0.8})\text{O}_2$ )；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_x\text{Co}_{1-2x})\text{O}_2$ の物質；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Mn}_x\text{Ni}_y\text{Co}_z\text{Al}_w)\text{O}_2$ の物質；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Al}_z)\text{O}_2$ の物質(たとえば、 $\text{Li}(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05})\text{O}_2$ )；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{M}_z)\text{O}_2$ (式中、Mは金属である)の物質；式 $\text{Li}_{1-w}(\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{M}_z)\text{O}_2$ (式中、Mは金属である)の物質；式 $\text{Li}(\text{Ni}_{x-y}\text{Mn}_y\text{Cr}_{2-x})\text{O}_4$ の物質； $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ；式 $\text{LiM}'_{x}M''_{y}\text{O}_4$ (式中、M' と M'' は異なった金属である)の物質(たとえば、 $\text{LiMn}_{2-y-z}\text{Ni}_y\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_z\text{O}_4$ 、 $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ 、 $\text{LiNiCuO}_4$ 、 $\text{LiMn}_{1-x}\text{Al}_x\text{O}_4$ 、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Ti}_{0.5}\text{O}_4$ 、および $\text{Li}_{1.05}\text{Al}_{0.1}\text{Mn}_{1.85}\text{O}_{4-z}\text{F}_z$ )； $\text{Li}_2\text{MnO}_3$ ；式 $\text{Li}_x\text{V}_y\text{O}_z$ の物質(たとえば、 $\text{LiV}_3\text{O}_8$ 、 $\text{LiV}_2\text{O}_5$ 、および $\text{LiV}_6\text{O}_{13}$ )；式 $\text{LiMPO}_4$ (式中、Mは金属である)または $\text{LiM}'_{x}M''_{1-x}\text{PO}_4$ (式中、M' と M'' は異なった金属である)の物質(たとえば、 $\text{LiFePO}_4$ 、 $\text{LiFe}_x\text{M}_{1-x}\text{PO}_4$ 、 $\text{LiVOPO}_4$ 、および $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ )； $\text{LiMPO}_{4x}$ (式中、Mは鉄やバナジウム等の金属であり、xはフッ素等のハロゲンである)；ならびにこれらの組み合わせ物；等の物質を含んでよい。

40

### 【0035】

二次活性物質218は、負極220の一部として組み込まれた負電流コレクター222[および/または、負電流コレクターが電気的に接続されているか、あるいは電気的に連通している他のあらゆる物質(たとえば、電池のためのケースやハウジング)]に対して使用されてい

50

る物質の腐食電位より低くて、一次活性物質216の分解電位より高い、比較的大きいサイクル可能な充放電容量(すなわち、サイクル可能容量)を有するように選定された物質である。たとえば、負電流コレクター222が銅を含む場合の代表的な実施態様によれば(この場合、腐食電位は約3.5ボルトである)、二次活性物質218は、3.5ボルト未満の大きな充放電容量を含む。

#### 【0036】

二次活性物質218は、電気化学的に活性なりチウムを構成されたままの状態(as-constructed state)で含有する。種々の代表的な実施態様によれば、二次活性物質は、下記のような物質およびこれら物質の組み合わせ物のリチウム化形であってよい: $V_2O_5$ ;  $V_6O_{13}$ ;  $LiMn_2O_4$ (スピネル);  $LiM_xMn_{(2-x)}O_4$ (スピネル)(式中、Mは、Liを含めた金属であり、xは約0.05~0.4である);  $Li_5Ti_4O_{12}$ ;  $Li_xVO_2$ (式中、xは約0~1である);  $V_3O_8$ ;  $MoO_3$ ;  $TiS_2$ ;  $WO_2$ ;  $MoO_2$ ; および $RuO_2$ 。

10

#### 【0037】

二次活性物質218が、電気化学的にサイクル可能なリチウムを供給されたままの状態(as-provided state)で含まない場合は、電気化学的にサイクル可能なリチウムを二次活性物質218に加えてからセルに製造することができる。リチウムは、化学的もしくは電気化学的プロセスによって加えることができる。このようなプロセスは、ブチルリチウムの添加、あるいは、金属リチウムとの、もしくはリチウムを含有していて、二次活性物質のそれより低い電気化学ボテンシャルを有する他の任意のリチウム源との電気的接触(および、必要に応じて、電解質を加えてプロセスを活性化させること)を含んでよい。他の代表的な実施態様によれば、プロセスは、前駆体二次物質がカソード電位に分極され、この電位において、電解質中に存在するリチウムイオンが前駆体物質中に挿入される、という電解プロセスであってもよい。理解しておかなければならることは、電気化学的にサイクル可能なリチウムは、リチウム金属間化合物(たとえば、リチウムアルミニウム化合物、リチウムスズ化合物、リチウムケイ素化合物)を加えることによって、あるいは、負電流コレクター(および、負電流コレクターが電気的に連結されている任意の物質)の腐食電位未満の電位にてリチウムを不可逆的に供与する他の任意の類似化合物を加えることによって供給することができる、という点である。

20

#### 【0038】

代表的な実施態様によれば、電気化学的活性またはサイクル可能なリチウムは、微細もしくは粉末状のリチウムとして加えることができる。このような粉末状リチウムは、粉末状リチウムと空気および湿気との反応性を低下させるために、その上に施された不動態化コーティング(たとえば、炭酸リチウムの薄い層またはフィルム)を含んでよい。このような物質は、二次活性物質に施してセルを作製する前に二次活性物質と混合することもできるし、あるいは他の別個の活性物質層として加えることもできる。代表的な実施態様によれば、微細もしくは粉末状のリチウム粒子は約1μm~約100μmの直径を有し、特定の実施態様によれば、約5μm~約30μmの直径を有する。

30

#### 【0039】

正極210の二次活性物質218中に含まれているリチウムは、負電流コレクターおよび/または負電流コレクターが電気的に連結されている電池部材(たとえばケース)の腐食電位より低くて、正極活性物質の分解電位より高い、相当程度の充/放電容量を有する。二次活性物質は、電気的に活性なりチウムを、構成されたままの状態で含有する。リチウムは、負電流コレクター222に対する腐食電位より低い電位にてかなりドーピングされるようになる。ドーピングされると、この物質は、放電状態における正極の最終電位を低下させ、したがってゼロ電圧交差電位は、負電流コレクターと電池ケースの腐食電位より下のままである。二次活性物質は、電池が充電されるとリチウムを放出することができる。

40

#### 【0040】

理解しておかなければならることは、種々の物質が二次活性物質218に対して有用であると説明してきたが、このような物質のほかに、あるいはこのような物質の代わりに、さらに他の種々の物質を使用することができる、という点である。たとえば、二次活性物

50

質は、 $\text{Li}_x\text{MoO}_3$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{MoO}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Mo}_2\text{O}_4$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{MnO}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{V}_2\text{O}_5$ ( $0 < x < 2.5$ )、 $\text{Li}_x\text{V}_3\text{O}_8$ ( $0 < x < 3.5$ )、 $\text{Li}_x\text{V}_6\text{O}_{13}$ ( $\text{Li}_x\text{VO}_{2.19}$ )に対しては $0 < x < 6$ 、および $\text{Li}_x\text{VO}_{2.17}$ に対しては $0 < x < 3.6$ )、 $\text{Li}_x\text{VO}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{WO}_3$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{WO}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{TiO}_2$ (アナターゼ)( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{RuO}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Fe}_2\text{O}_3$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{Fe}_3\text{O}_4$ ( $0 < x < 2$ )、 $\text{Li}_x\text{Cr}_2\text{O}$ ( $0 < x < 3$ )、 $\text{Li}_x\text{Cr}$ ( $0 < x < 3.8$ )、および $\text{Li}_x\text{Ni}_y\text{Co}_{1-y}\text{O}_2$ ( $0 < x < 1$ 、 $0.90 < y < 1.00$ )(式中、 $x$ は、これらの物質が、電池の最初の充電時において、負電流コレクターの腐食電位未満で脱ドーピングされるようになるリチウムをほとんど又は全く含まないように選定される)の1種以上等の酸化物物質を含んでよい。

## 【0041】

他の代表的な実施態様によれば、二次活性物質は、 $\text{Li}_x\text{V}_2\text{S}_5$ ( $0 < x < 4.8$ )、 $\text{Li}_x\text{TaS}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{FeS}$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{FeS}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{NbS}_3$ ( $0 < x < 2.4$ )、 $\text{Li}_x\text{MoS}_3$ ( $0 < x < 3$ )、 $\text{Li}_x\text{MoS}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{TiS}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{ZrS}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Fe}_{0.25}\text{V}_{0.75}\text{S}_2$ ( $0 < x < 1$ )、 $\text{Li}_x\text{Cr}_{0.75}\text{V}_{0.25}\text{S}_2$ ( $0 < x < 0.65$ )、および $\text{Li}_x\text{Cr}_{0.5}\text{V}_{0.5}\text{S}_2$ ( $0 < x < 1$ )(式中、 $x$ は、これらの物質が、電池の最初の充電時において、負電流コレクターの腐食電位未満で脱ドーピングされるようになるリチウムをほとんど又は全く含まないように選定される)の1種以上等の硫化物物質を含んでよい。

## 【0042】

他の代表的な実施態様によれば、二次活性物質は、 $\text{Li}_x\text{NbSe}_3$ ( $0 < x < 3$ )や $\text{Li}_x\text{VSe}_2$ ( $0 < x < 1$ )の1種以上等のセレン化物物質を含んでよい。他の種々の物質〔たとえば、 $\text{Li}_x\text{NiPS}_3$ ( $0 < x < 1.5$ )や $\text{Li}_x\text{FePS}_3$ ( $0 < x < 1.5$ )(式中、 $x$ は、これらの物質が、電池の最初の充電時において、負電流コレクターの腐食電位未満で脱ドーピングされるようになるリチウムをほとんど又は全く含まないように選定される)〕も使用することができる。

## 【0043】

代表的な実施態様によれば、活性物質の層214の厚さは約 $0.1 \mu\text{m} \sim$ 約 $3\text{mm}$ である。他の代表的な実施態様によれば、活性物質の層214の厚さは約 $25 \mu\text{m} \sim$ 約 $300 \mu\text{m}$ である。特定の代表的な実施態様によれば、活性物質の層214の厚さは約 $75 \mu\text{m}$ である。一時活性物質216と二次活性物質218が別個の活性物質層としてもたらされるという実施態様においては、一次活性物質216の厚さは約 $25 \mu\text{m} \sim$ 約 $300 \mu\text{m}$ (特定の実施態様によれば約 $75 \mu\text{m}$ )であり、一方、二次活性物質218の厚さは約 $5 \mu\text{m} \sim$ 約 $60 \mu\text{m}$ (特定の実施態様によれば約 $10 \mu\text{m}$ )である。

## 【0044】

二次活性物質218の添加量は、当該物質からサイクルできるリチウムの電気化学的当量(すなわち容量)によって決定される。代表的な実施態様によれば、この量は実際にはかなり少ない。なぜならこのことにより、電池の平均作動電圧(したがってエネルギー密度)が低下する量が最小限に抑えられるからである。他の代表的な実施態様によれば、この量は、少なくとも、負極活性物質の不可逆容量と正極活性物質の不可逆容量との差に等しい。

## 【0045】

負極220の一部として含まれる負電流コレクター222は、金属等の導電性物質で造られている。代表的な実施態様によれば、電流コレクター222は、銅もしくは銅合金である。他の代表的な実施態様によれば、電流コレクター222は、チタンもしくはチタン合金である。他の代表的な実施態様によれば、電流コレクター222は、ニッケルもしくはニッケル合金である。負極活性物質224が炭素ではないという他の代表的な実施態様によれば、電流コレクター222は、アルミニウムもしくはアルミニウム合金である。理解しておかなければならないことは、負電流コレクター222は、薄い箔物質として説明されているけれども、正電流コレクターは、種々の代表的な実施態様にしたがって他の種々の構造物のいずれを有してもよい、という点である。たとえば、正電流コレクターは、メッシュグリッド、エキスパンデッドメタルグリッド、または光化学エッティンググリッド等のグリッドであつてよい。

## 【0046】

代表的な実施態様によれば、電流コレクター222の厚さは約 $100\text{nm} \sim$ 約 $100 \mu\text{m}$ である。他

10

20

30

40

50

の代表的な実施態様によれば、電流コレクター222の厚さは約5μm～約25μmである。特定の代表的な実施態様によれば、電流コレクター222の厚さは約10μmである。

#### 【0047】

負電流コレクター222は、負極活性物質224をその上に設けている。図3は、活性物質の層214が、電流コレクター212の一方の側だけに設けられていることを示しているけれども、理解しておかねばならないことは、活性物質214として示されているものと類似もしくは同一の活性物質の層を、電流コレクター222の両側に設けることもできるし、あるいはこうした層で電流コレクター222の両側の表面を被覆することもできる、という点である。

#### 【0048】

代表的な実施態様によれば、負極活性物質は炭素質物質(たとえばカーボン)である。他の代表的な実施態様によれば、負極活性物質224は、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 等のチタン酸リチウム物質である。負極活性物質として使用するのに適した他のチタン酸リチウム物質としては、下記のようなチタン酸リチウムスピネル物質の1種以上がある: $\text{H}_x\text{Li}_{y-x}\text{TiO}_{x}\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_4\text{M}_x\text{Ti}_{5-x}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Li}_x\text{Ti}_y\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_4[\text{Ti}_{1.67}\text{Li}_{0.33-y}\text{M}_y]\text{O}_4$ 、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.75}\text{V}_{0.25}\text{O}_{12}$ 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.75}\text{Fe}_{0.25}\text{O}_{11.88}$ 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_{4.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_{12}$ 、および $\text{LiM}'\text{M}''\text{XO}_4$ (式中、M'は、ニッケル、コバルト、鉄、マンガン、バナジウム、銅、クロム、モリブデン、ニオブ、またはこれらの組み合わせ物等の金属であり;M''は、任意の三価の非遷移金属であり;Xは、ジルコニアム、チタン、またはこれら2種の組み合わせ物である)。このようなチタン酸リチウムスピネル物質は、どのようなリチウム化状態(たとえば $\text{Li}_{4+x}\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、このとき $0 < x < 3$ )であっても使用することができる。

#### 【0049】

炭素質物質の代わりにチタン酸リチウム物質を使用することの他の利点は、チタン酸リチウム物質を使用すると、炭素質物質を使用した場合より高い速度での電池の充電と放電が可能になると考えられる、という点である。チタン酸リチウム物質はさらに、いわゆる“ゼロ歪み”物質であるので、優れたサイクル寿命をもたらすと考えられる。ゼロ歪み物質は、リチウムのドーピング/脱ドーピングによって収縮を受けない結晶格子を有し、したがってゼロ歪み物質は、歪みに関連した分解メカニズムを示さない。他の代表的な実施態様によれば、負極活性物質224は、炭素、 $\text{Li}_x\text{Al}$ 、 $\text{Li}_x\text{Sn}$ 、 $\text{Li}_x\text{Si}$ 、 $\text{Li}_x\text{SnO}$ 、金属ナノ粒子複合物(たとえば、 $\text{Li}_x\text{Al}$ 、 $\text{Li}_x\text{Sn}$ 、 $\text{Li}_x\text{Si}$ 、もしくは $\text{Li}_x\text{SnO}$ を含む)、または炭素で被覆されたチタン酸リチウムであってよい。

#### 【0050】

チタン酸リチウム物質を使用することの他の有利な特徴は、チタン酸リチウム物質がリチウムイオン電池の負極に使用されると、このような物質は、リチウム基準電極に対して約1.55ボルトの電位プラトー(a potential plateau)にてリチウムをサイクルすると考えられる、という点である。この値は、従来からリチウムイオン電池に使用されていて、フル充電状態にてリチウムを約0.1ボルトにまでサイクルする黒鉛状炭素の場合よりかなり高い。したがって、チタン酸リチウムを使用している電池は、充電時にリチウムのプレーティング(リチウム基準電極に対して0ボルトにて起こる)が起こりにくいと考えられる。リチウムのプレーティングは、リチウムイオン電池の性能低下を引き起こすことがあるよく知られている現象である。リチウムのプレーティングというリスクがないので、チタン酸リチウムの負極を有するセルは、炭素の負極を有するセルより高い速度で充電することができる。たとえば、リチウムイオン電池の充電速度に対する通常の上限は約1Cである(電池を、放電状態から1時間でフル充電することができる、ということを意味している)。これに反して、文献においては、チタン酸リチウムは、最大10Cの速度で充電することができる〔すなわち、1/10時間(6分)でフル充電が達成される〕、と報告されている。電池をより速やかに再充電することができるということは、このような電池を使用するデバイスの機能性を大幅に高める。チタン酸リチウム物質がもたらすより高い電位のさらなる利点は、リチウムイオン電池において通常使用される有機溶媒(たとえばプロピレンカーボネート)の分解を防止する、という点である。そうすることで、チタン酸リチウム物質は

、ガスの形成、セルの膨潤、可逆性電池容量の低下、および電池パワーを低下させる抵抗性フィルムの生成等のマイナスの影響を低減させる。

#### 【0051】

さらに、結合剤物質を活性物質の層224と組み合わせて使用することができる。たとえば、代表的な実施態様によれば、活性物質の層は、カーボンブラック等の導電性添加剤、およびフッ化ポリビニリジン(PVDF)やエラストマーポリマー等の結合剤を含んでよい。

#### 【0052】

種々の代表的な実施態様によれば、活性物質224の厚さは約0.1μm～約3mmである。他の代表的な実施態様によれば、活性物質224の厚さは約25μm～約300μmである。他の代表的な実施態様によれば、活性物質224の厚さは約20μm～約90μmであり、特定の代表的な実施態様によれば、活性物質224の厚さは約75μmである。

10

#### 【0053】

図5は、図3に関して説明したような代表的な実施態様にしたがって作製したリチウムイオン電池に対する理論的な充放電挙動を示しているグラフ300である。曲線310は、LiCoO<sub>2</sub>一次活性物質と二次活性物質をその上に設けたアルミニウム電流コレクターを含んだ正極(たとえば正極210)に関して、リチウム基準電極に対する電極電位を示している。

20

#### 【0054】

二次活性物質は、負電流コレクターの腐食電位(点線322で示す)より低くて、LiCoO<sub>2</sub>一次活性物質の分解電位(点線312で示す)より高い相当程度の充放電容量をもたらすように選定される。種々の代表的な実施態様によれば、二次活性物質は、下記の物質およびこれら物質の組み合わせ物のリチウム化形であってよい:V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、V<sub>6</sub>O<sub>13</sub>、LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>(スピネル)、LiM<sub>x</sub>Mn<sub>(2-x)</sub>O<sub>4</sub>(スピネル)[式中、Mは金属(Liを含む)であり、xは約0～2である]、Li<sub>5</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>12</sub>、Li<sub>x</sub>VO<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>O<sub>8</sub>、MoO<sub>3</sub>、TiS<sub>2</sub>、WO<sub>2</sub>、MoO<sub>2</sub>、およびRuO<sub>2</sub>。

20

#### 【0055】

曲線320は、チタン酸リチウム活性物質(すなわちLi<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)をその上に設けた銅電流コレクターを含んだ充電時の負極に関して、リチウム基準電極に対する電極電位を示している。曲線310と320との間の差が電池の全セル電圧を表わしている。

30

#### 【0056】

図5に示されているように、フル容量に初期充電すると、正極の電位(曲線310で示す)は、約2.1ボルト(ポイント311として示す)から、負電流コレクターを作製するのに使用される銅の腐食電位(点線322で示す)より上のポイントまで増大する。負極の電位は、約3.0ボルトから、正電流コレクター上に設けられたLiCoO<sub>2</sub>活性物質の分解電位(点線312で示す)より下のポイントまで減少する。代表的な実施態様によれば、銅の腐食電位は約3.5ボルトである。LiCoO<sub>2</sub>活性物質の予測分解電位は約1.6ボルトである。実験的に観察された代表的な実施態様によれば、LiCoO<sub>2</sub>活性物質の分解電位は約1.35ボルトである。

30

#### 【0057】

引き続き電池を放電すると、負極の電位はライン326で示される経路に従う。しかしながら二次活性物質は、負電流コレクターの腐食電位より低くて、LiCoO<sub>2</sub>一次活性物質の分解電位より高い、相当程度の充放電容量を有するよう選定されるので、そして負電流コレクター上にLi<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub>活性物質が設けられているので、ゼロ電圧交差電位(ポイント330として示す)は、負電流コレクターの腐食電位より低くて、LiCoO<sub>2</sub>一次活性物質の分解電位より高く、したがって、負電流コレクターの腐食(そして恐らくは電池ケースの腐食)およびこれに関連した電池充電容量の低下が防げる。

40

#### 【0058】

正電流コレクター上に設けられた一次活性物質と二次活性物質(たとえば、一次活性物質216と二次活性物質218)の充放電挙動が、図5における曲線310の2つの部分として示されている。曲線310の部分314は、一次活性物質(すなわちLiCoO<sub>2</sub>)のドーピングと脱ドーピングによる、正極の充放電挙動を示しており、曲線310の部分316は、二次活性物質(すなわち、リチウム化されたV<sub>6</sub>O<sub>13</sub>やLiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>等)のドーピングと脱ドーピングによる、正極の充放電挙動を示している。電池を充電すると、正極の電位は、ポイント311(約2.1ボルト)に

50

相当する)にてスタートし、充電が進行するにつれてグラフにおける右方向に進む。引き続き電池を放電すると、正極の電位は、曲線310の部分314から曲線310の部分316に進むよう、グラフにおいて右から左へと進む。

#### 【0059】

本明細書に記載のようなリチウムイオン電池は、両方の電極(これらに対応した電流コレクターを含む)に対する物質が安定のままで完全に放電することができる(たとえば、電流コレクターの腐食、および/または、活性物質の分解を防止することができる)、と考えられる。このような集成体の1つの有望で有利な特徴は、デバイス機能の低下(すなわち、より頻繁に再充電する必要性が生じる)および電流コレクターと電池ケースの腐食(腐食性で毒性の電池内容物が漏出するおそれが生じる)を軽減もしくは防止することができる、という点である。このような集成体の他の有利な特徴は、電池性能を大幅に低下させることなく、電池を、ほぼゼロ電圧の状態に繰り返しサイクルできる(すなわち充放電できる)という点である。10

#### 【0060】

本明細書に記載のような電池を使用することによって、種々の有利な特徴を得ることができる。たとえば、このような電池を使用すると、ほぼゼロ電圧の状態に近づいている電池を切り離すための回路を使用する必要がなくなる。こうした機能に対する回路を使用しないことで、体積とコストの低減がはかれる。

#### 【0061】

代表的な実施態様によれば、上記のようなリチウムイオン電池は、医療デバイス〔たとえば、ヒトの体内に埋め込むことができる医療デバイス(“埋め込み可能な医療デバイス”または“IMD”と呼ばれている)〕と組み合わせて使用することができる。20

#### 【0062】

図6は、患者430のボディーまたは胴体432内に埋め込まれたシステム400(たとえば、埋め込み可能な医療デバイス)の概略図を示している。システム400は、埋め込み可能な医療デバイスの形態のデバイス410〔例示のため、患者430に対して、治療高電圧(たとえば700ボルト)処置をもたらすよう造られた除細動器として示されている〕を含む。

#### 【0063】

代表的な実施態様によれば、デバイス410は、密封されていて生物学的に不活性な容器もしくはハウジング414を含む。この容器は、導電性物質で造られていてよい。1つ以上のリード線416が、デバイス410を、静脈422を通して患者の心臓420に電気的に連結している。心臓の活動を検知するように、および/または、心臓420に電位をもたらすように、電極417が設けられる。リード線416の少なくとも一部(たとえば、露出電極417として示されているリード線の終端部)を、心臓420の心室と心房の1つ以上に隣接した状態で、あるいは接触させた状態で設けることができる。30

#### 【0064】

デバイス410は、デバイス410に電力を供給すべくその内部に設けられた電池450を含む。他の代表的な実施態様によれば、電池450は、デバイスに対して外部に設けることもできるし、あるいは患者430に対して外部に設けることもできる(たとえば、電池の除去、電池の交換、および/または、電池の充電を可能にするために)。電池450のサイズと容量は、ある特定の患者の身体特性もしくは医療特性に対して必要とされる充電の量、デバイスのサイズもしくは構造、および多様な他のファクターのいずれか、を含めた多くのファクターに基づいて選定することができる。代表的な実施態様によれば、電池は5mAhの電池である。他の代表的な実施態様によれば、電池は300mAhの電池である。他の種々の代表的な実施態様によれば、電池は約10mAh～約100mAhの容量を有してよい。40

#### 【0065】

他の代表的な実施態様によれば、デバイス410に電力を供給するために2つ以上の電池を設けることができる。このような代表的な実施態様によれば、電池は同じ容量を有してもよいし、あるいは電池の1つ以上が、他の電池より高い、または低い容量を有してもよい。たとえば、代表的な実施態様によれば、電池の1つが約500mAhの容量を有し、別の電池50

が約75mAhの容量を有してよい。

#### 【0066】

図7に示されている他の代表的な実施態様によれば、埋め込み可能な神経刺激デバイス500〔埋め込み可能なニューロ・スティムレータ(implantable neuro stimulator)またはINS〕は、種々の代表的な実施態様に関して記載したような電池502を含んでよい。幾つかの神経刺激製品とそれに関連した部品の例が、メドトロニック社(Medtronic, Inc)から入手できる“埋め込み可能な神経刺激システム”と題するパンフレット中に説明されている。

#### 【0067】

INSは、ヒトの神経系統や臓器に影響を与えるのに使用される1つ以上の電気刺激信号を生じる。リード線の遠位端に設けてある電気接点を所望の刺激部位(たとえば、脊椎や脳)に配置し、リード線の近位端をINSに接続する。次いでINSを個体中に(たとえば、腹部、胸部、または上臀部における皮下ポケット中に)外科的に埋め込む。臨床医が、プログラマーを使用してINSに療法のプログラムを組み込む。この療法は、特定の患者の治療に対する刺激信号のパラメーターを形成する。痛み、失禁、運動障害(癲癇やパーキンソン病など)、および睡眠時無呼吸等の疾病を処置するのにINSを使用することができる。種々の生理学的状態、心理学的状態、および感情状態を処置するためのさらなる療法も有望であると思われる。治療がなされるようINSを埋め込む前に、一般には、INS機能の一部もしくは全てを繰り返す外部スクリーナーを患者に接続して、推奨された療法の有効性を評価する。

10

#### 【0068】

INS500は、リード・エクステンション(a lead extension)522とスティムレーション・リード(a stimulation lead)524を含む。スティムレーション・リード524は、コネクター532を近位端に、そして電気接点(図示せず)を遠位端に有する1つ以上の絶縁導体である。幾つかのスティムレーション・リードは、患者に経皮的に挿入されるよう設計されており〔たとえば、ミネソタ州ミネアポリスのメドトロニック社から市販のモデル3487A Pisces-Quad(登録商標)〕、また幾つかのスティムレーション・リードは、外科的に埋め込まれるように設計されている〔たとえば、メドトロニック社から市販のモデル3998Specify(登録商標)リード〕。

20

#### 【0069】

リード・コネクター532はINS500に直接接続することができる(たとえば、ポイント536において)けれども、一般にはリード・エクステンション522に接続する。次いでリード・エクステンション522(たとえば、メドトロニック社から市販のモデル7495)をINS500に接続する。

30

#### 【0070】

INS520の埋め込みは、通常は患者を局所麻酔にて処置しながら、少なくとも1つのスティムレーション・リード524を埋め込むことからスタートする。スティムレーション・リード524は、経皮的に埋め込むこともできるし、あるいは外科的に埋め込むこともできる。スティムレーション・リード524が埋め込まれて配置されたら、一般には、スティムレーション・リード524の遠位端を所定の位置に固定して、埋め込み後のスティムレーション・リード524の移動をできるだけ抑える。スティムレーション・リード524の近位端は、リード・エクステンション522に接続されるように造り上げることができる。

40

#### 【0071】

INS500に療法のプログラムが組み込まれ、患者に対する療法を最適化するためにしばしば療法が変更される(すなわち、ある特定の状況において適切な療法が施されるよう、INSに複数の療法プログラムを組み込むことができる)。電池502が再充電を必要とするという場合には、外部リード(図示せず)を使用して、電池を充電デバイスもしくは充電装置に電気的に連結することができる。

#### 【0072】

医師または患者が種々の療法を管理することができるよう、医師プログラマー(a physician programmer)と患者プログラマー(a patient programmer)(図示せず)を設けることも

50

できる。医師プログラマー(コンソールプログラマーとしても知られている)は、埋め込まれたINS500と交信するのに遠隔測定法を使用し、したがって臨床医は、INS500に保存された患者の療法をプログラム・管理することができ、患者のINS500システムに対処することができ、および/またはデータを修正することができる。医師プログラマーの1つの例は、メドトロニック社から市販のモデル7432コンソールプログラマーである。患者プログラマーも、INS500と交信するのに遠隔測定法を使用し、したがって患者は、臨床医によって規定されている療法の幾つかの態様を管理することができる。患者プログラマーの1つの例は、メドトロニック社から市販のモデル7434Intrel(登録商標)3EZ患者プログラマーである。

#### 【0073】

10

本明細書に記載の医療デバイス(たとえば、システム400やシステム500)は、除細動器や神経刺激デバイスとして説明されているけれども、理解しておかねばならないことは、他のタイプの埋め込み可能な医療デバイスも、他の代表的な実施態様にしたがって使用することができるという点である(たとえば、種々の健康食物(health ailments)の悪影響を軽減するためのペースメーカー、電気除細動器、心収縮モジュール、薬物投与デバイス、診断レコーダー、および蝸牛インプラントなど)。さらに他の実施態様によれば、埋め込みできない医療デバイスまたは他のタイプのデバイスは、本明細書に記載の電池を使用することができる。

#### 【0074】

20

さらに、本明細書に記載の医療デバイスは、患者の体内に埋め込まれたときに充電もしくは再充電できるように意図されている。すなわち、代表的な実施態様によれば、医療デバイスを充電もしくは再充電するために、医療デバイスを患者から切り離したり、取り除いたりする必要がない。たとえば、磁気誘導を使用して、エネルギーを体外から埋め込まれた電池に供給するという経皮的エネルギー移動(TET)を使用することができ、この場合、埋め込まれた電池に対して直接物理的に接触させる必要はなく、またインプラントのいかなる部分も患者の皮膚から突き出る必要はない。他の代表的な実施態様によれば、電池を充電もしくは再充電するために充電デバイスに電気的に連結することができるコネクターを、患者の体の外部に設けることができる。他の代表的な実施態様によれば、電池を充電もしくは再充電するために患者からの取り外しまたは分離を必要としてよい医療デバイスを設けることもできる。

30

#### 【0075】

理解しておかなければならぬことは、本発明の開示内容は、リチウムイオン電池を種々の医療デバイスと共に使用することを説明しているけれども、このような電池は、コンピュータ(たとえば、ラップトップコンピュータ)、電話機[たとえば、携帯電話(cellular phones)、携帯電話(mobile phones)、またはコードレス電話]、自動車、およびリチウムイオン電池の形態にてパワーを供給するのが有利である他の任意のデバイスもしくは用途を含めた、他の種々の用途においても使用できる、という点である。

#### 【0076】

40

さらに、理解しておくのが大切なことは、種々の代表的な実施態様に関して説明してきたリチウムイオン電池の構造と配列は単に例示のためのものである、という点である。本発明の幾つかの実施態様だけを詳細に説明してきたが、この開示内容を考察する当業者は、特許請求の範囲に記載の主題の新規開示内容および利点から実質的に逸脱することなく多くの改良や変更(たとえば、サイズ、寸法、構造、形状、および種々の成分の比率を変えること、パラメーターの値、集成体を据え付けること、種々の材料や着色剤の使用、ならびに配向など)が可能である、ということを容易に理解するであろう。したがってこのような改良や変更は全て、特許請求の範囲に規定されている本発明の範囲内に含まれる。特許請求の範囲に記載の本発明の範囲を逸脱することなく、好ましい他の代表的な実施態様のデザイン、操作条件、および集成体に関して、他の置き換え物(substitutions)、改良物、変更物、および省略物を作製することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 7 7 】

【図1】従来のリチウムイオン電池の概略断面図である。

【図2】図1に概略的に示されているような従来のリチウムイオン電池に対する理論的な充電挙動と放電挙動を示しているグラフである。

【図3】代表的な実施態様によるリチウムイオン電池の一部の概略断面図である。

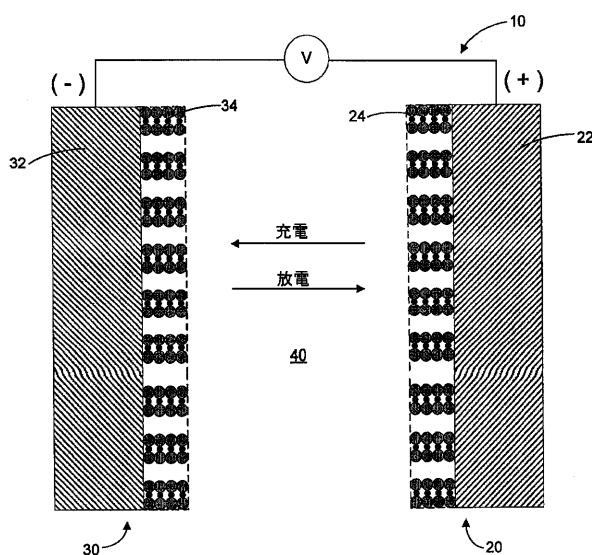
【図4】他の代表的な実施態様によるリチウムイオン電池の一部の概略断面図である。

【図5】図3に示したようなリチウムイオン電池に対する理論的な充電挙動と放電挙動を示しているグラフである。

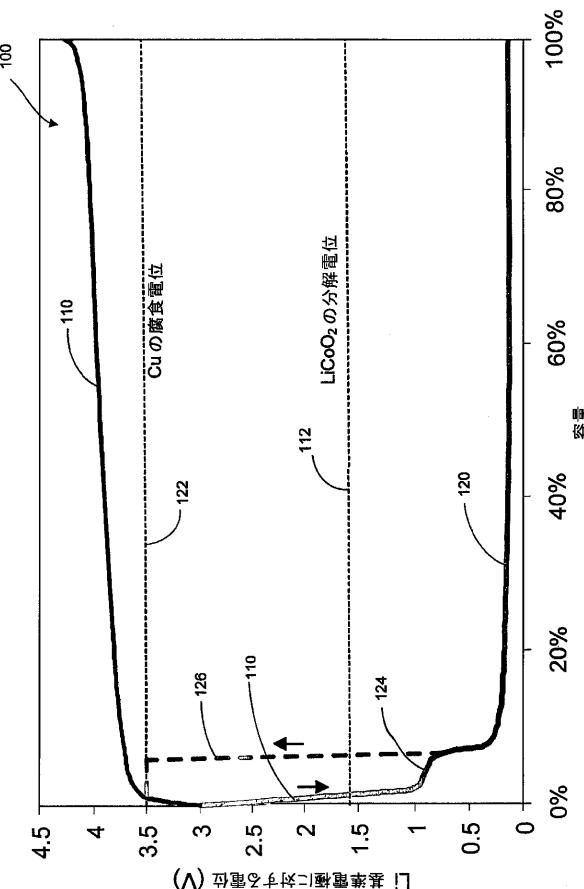
【図6】患者の体内もしくは胴体内に埋め込まれた埋め込み可能な医療デバイスの形態のシステムの概略図である。 10

【図7】埋め込み可能な医療デバイスの形態の、他のシステムの概略図である。

【図1】



【図2】



【図 3】

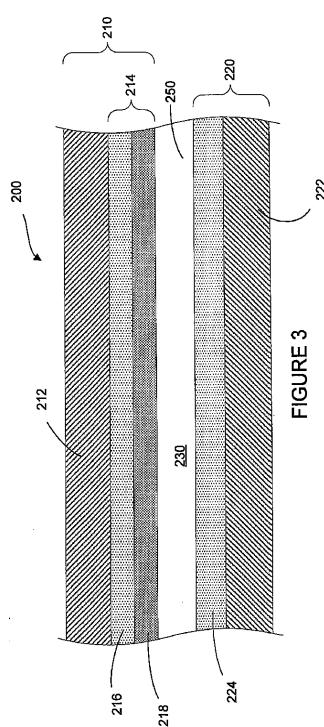


FIGURE 3

【図 4】

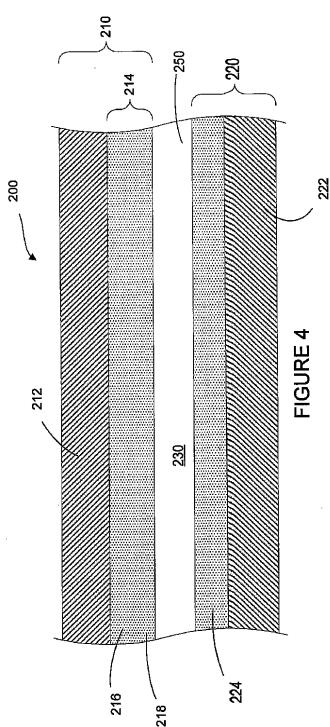
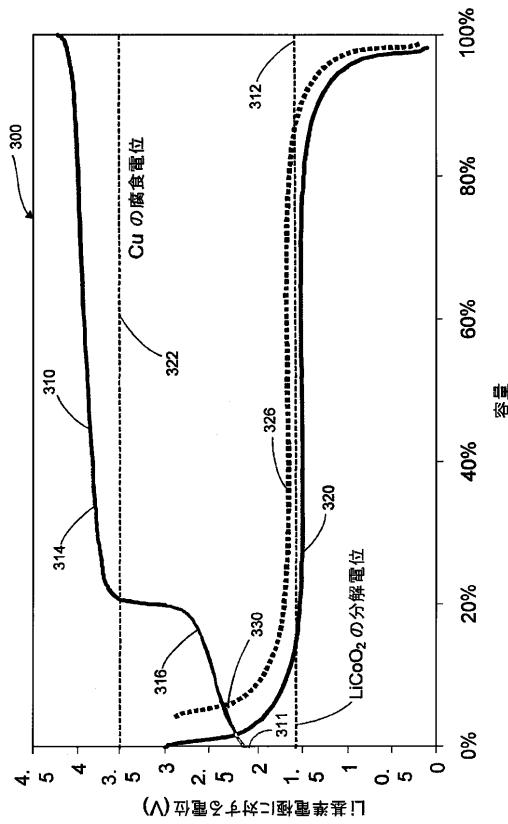


FIGURE 4

【図 5】



【図 6】

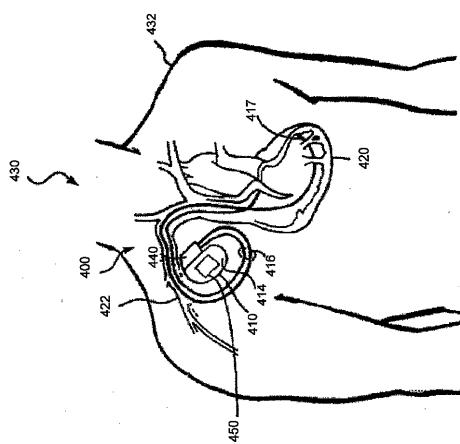


FIGURE 6

【図 7】

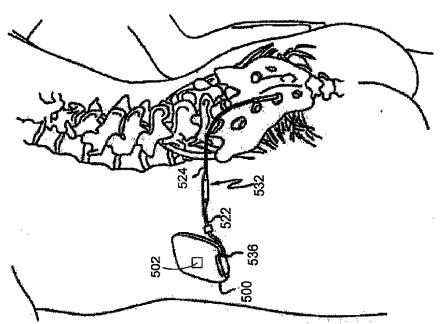


FIGURE 7

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2005/038761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01M4/48 H01M10/36

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	D. PERAMUNAGE ET AL: "PREPARATION OF MICRON-SIZED Li4Ti5O12 AND ITS ELECTROCHEMISTRY IN POLYACRYLONITRILE ELECTROLYTE-BASED LITHIUM CELLS" JOURNAL OF THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY, vol. 145, no. 8, 1 August 1988 (1988-08-01), pages 2609-2615, XP002400058 page 2613, column 1, paragraph 2 - column 2, paragraph 3	1-17
A	EP 1 282 180 A (XOLIOX SA) 5 February 2003 (2003-02-05) claim 1	1
A	US 6 372 384 B1 (FUJIMOTO HIROYUKI ET AL) 16 April 2002 (2002-04-16) claim 1	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search  22 September 2006	Date of mailing of the International search report  04/10/2006
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Fax: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Gregg, Nicholas

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2005/038761

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1282180	A 05-02-2003	CA 2455851	A1 13-02-2003	
		WO 03012901	A1 13-02-2003	
		JP 2004536774	T 09-12-2004	
		US 2004197657	A1 07-10-2004	
US 6372384	B1 16-04-2002	JP 3625680	B2 02-03-2005	
		JP 2000277116	A 06-10-2000	

フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
A 6 1 N 1/32 (2006.01) H 0 1 M 4/50 1 0 2  
A 6 1 N 1/32

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

(特許庁注:以下のものは登録商標)

1. INS

(74)代理人 100080137  
弁理士 千葉 昭男

(74)代理人 100096013  
弁理士 富田 博行

(74)代理人 100092015  
弁理士 桜井 周矩

(72)発明者 ホワード, ウィリアム・ジー  
アメリカ合衆国ミネソタ州55113, ローズヴィル, ノース・フィスク・ストリート 2550

(72)発明者 シュミット, クレイグ・エル  
アメリカ合衆国ミネソタ州55311, イーガン, ヒドン・メドウ・トレイル 831

(72)発明者 スコット, エリック・アール  
アメリカ合衆国ミネソタ州55311, メイプル・グローブ, シエナドア・レイン・ノース 77  
81