

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7461979号
(P7461979)

(45)発行日 令和6年4月4日(2024.4.4)

(24)登録日 令和6年3月27日(2024.3.27)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 M 10/058(2010.01)	H 0 1 M 10/058
H 0 1 M 10/052(2010.01)	H 0 1 M 10/052
H 0 1 M 10/054(2010.01)	H 0 1 M 10/054
H 0 1 M 4/134(2010.01)	H 0 1 M 4/134
H 0 1 M 4/133(2010.01)	H 0 1 M 4/133

請求項の数 9 (全44頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-31095(P2022-31095)	(73)特許権者	323006529 エノビクス・コーポレーション Enovix Corporation アメリカ合衆国94538カリフォルニア州フレモント、ウエスト・ウォーレン・アベニュー3501
(22)出願日	令和4年3月1日(2022.3.1)	(74)代理人	100145403 弁理士 山尾 憲人
(62)分割の表示	特願2018-188959(P2018-188959)の分割	(74)代理人	100111039 弁理士 前堀 義之
原出願日	平成25年8月1日(2013.8.1)	(74)代理人	100112911 弁理士 中野 晴夫
(65)公開番号	特開2022-91754(P2022-91754A)	(72)発明者	ハロルド・ジョーンズ・ラスト・ザ・サード アメリカ合衆国94507カリフォルニア州 最終頁に続く
(43)公開日	令和4年6月21日(2022.6.21)		
審査請求日	令和4年3月31日(2022.3.31)		
(31)優先権主張番号	61/684,036		
(32)優先日	平成24年8月16日(2012.8.16)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 3次元電池のための電極構造体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

密閉された電池筐体と、非水電解液と、電極構造体と、負電極タブ伸張部分を含む負電極タブと、正電極タブ伸張部分を含む正電極タブとを含む二次電池であって、

前記電極構造体は、

負電極群、負電極バス、正電極群、正電極バス、および前記負電極群の要素と前記正電極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータを含み、前記負電極群および前記正電極群は、前記負電極群の要素が前記正電極群の要素により互いから隔てられる交互シーケンスで配列され、前記交互シーケンスは第1方向に進行し、前記負電極群の各要素は、シリコンを含む負電極活物質層および横方向表面を有する負電極電流コレクタ層を含み、前記負電極群の各要素は底部、上部、長さ L_E 、幅 W_E 、および高さ H_E を有し、前記長さ L_E はそれぞれの係る電極の前記底部から前記上部まで測定され、前記幅 W_E および前記高さ H_E は、互いに対して垂直であり且つ前記長さ L_E の測定方向に対して垂直である方向に測定され、 L_E の、 W_E および H_E のそれぞれと、の比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_E の W_E との比はそれぞれ0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲であり、および、前記正電極群の各要素は、正電極活物質層および横方向表面を有する正電極電流コレクタ層を含み、前記正電極群の各要素は底部、上部、長さ L_{CE} 、幅 W_{CE} 、および高さ H_{CE} を有し、前記長さ L_{CE} はそれぞれの係る電極の前記底部から前記上部まで測定され、前記幅 W_{CE} および前記高さ H_{CE} は、互いに対して垂直であり且つ前記長さ L_{CE} の測定方向に対して垂直である方向に測定され、 L_{CE} の、 W_{CE} および H_{CE} のそれぞれと、の比はそれぞれ少

10

20

なくとも 5 : 1 であり、 H_{CE} の W_{CE} との比は 0 . 4 : 1 ~ 1 0 0 0 : 1 の範囲であり、および、

(a) (i) 前記負電極活物質層は、前記負電極群の中の前記負電極電流コレクタ層の、各横方向表面の上に配置され、

(i i) 前記負電極群の各要素の前記負電極電流コレクタ層は、前記長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_{E-C} を有し、前記長さ L_{E-C} は前記長さ L_E の少なくとも 5 0 % であり、

(i i i) 前記負電極群の各要素の負電極電流コレクタ層は、前記負電極バスに電氣的に接続し、続いて前記負電極タブ伸張部分に電氣的に接続され、前記負電極群の要素のすべてからの電流を蓄積し、前記負電極群の個々と前記負電極タブとの間に導電性の経路を形成し、

10

(i v) 前記負電極バスは、長さ L_{E-B} 、幅 W_{E-B} および高さ H_{E-B} を有する導電性ポリマーであり、前記長さ L_{E-B} は第 1 方向に測定され、幅 W_{E-B} および高さ H_{E-B} は、互いに対して垂直であり且つ前記第 1 方向に対して垂直な方向に測定され、 L_{E-B} の、 W_{E-B} および H_{E-B} のそれぞれと、の比は少なくとも 5 : 1 であり、

(v) 前記負電極タブ伸張部分は、前記負電極バスの長さ L_{E-B} の少なくとも 5 0 % の長さ L_{NT} を有し、

(v i) 前記負電極群は N の要素を有し、前記正電極群は $N + 1$ の要素を有し、 N は少なくとも 1 0 であり、

(b) (i) 前記正電極活物質層は、前記正電極群の中の前記正電極電流コレクタ層の、各横方向表面の上に配置され、

20

(i i) 前記正電極群の各要素の前記正電極電流コレクタ層は、前記長さ L_{CE} と同一方向に測定された長さ L_{CE-C} を有し、前記長さ L_{CE-C} は前記長さ L_{CE} の少なくとも 5 0 % であり、

(i i i) 前記正電極群の各要素の正電極電流コレクタ層は、前記正電極バスに電氣的に接続し、続いて前記正電極タブ伸張部分に電氣的に接続され、前記正電極群の要素のすべてからの電流を蓄積し、前記正電極群の個々と前記正電極タブとの間に導電性の経路を形成し、

(i v) 前記正電極バスは、長さ L_{CE-B} 、幅 W_{CE-B} および高さ H_{CE-B} を有する導電性ポリマーであり、前記長さ L_{CE-B} は第 1 方向に測定され、幅 W_{CE-B} および高さ H_{CE-B} は、互いに対して垂直であり且つ前記第 1 方向に対して垂直な方向に測定され、 L_{CE-B} の、 W_{CE-B} および H_{CE-B} のそれぞれと、の比は少なくとも 5 : 1 であり、

30

(v) 前記正電極タブ伸張部分は、前記正電極バスの長さ L_{CE-B} の少なくとも 5 0 % の長さ L_{PT} を有し、

(c) 前記負電極タブは、密閉された前記電池筐体の内側から外側に向かって延在し、電極構造と外部エネルギー供給との間に電氣的な接続を提供し、前記負電極バスに取り付けられた前記負電極タブ伸張部分を前記密閉された電池筐体内に含み、

(d) 前記正電極タブは、密閉された前記電池筐体の内側から外側に向かって延在し、電極構造と外部エネルギー供給との間に電氣的な接続を提供し、前記正電極バスに取り付けられた前記正電極タブ伸張部分を前記密閉された電池筐体内に含む、二次電池。

40

【請求項 2】

前記負電極群は N 個の要素を有し、前記正電極群は $N + 1$ 個の要素を有し、 N は少なくとも 2 5 である、請求項 1 に記載の二次電池。

【請求項 3】

L_E は約 1 0 m m ~ 約 2 5 0 m m の範囲内の値を有する、請求項 1 または 2 に記載の二次電池。

【請求項 4】

W_E および H_E のそれぞれは約 0 . 0 1 m m ~ 約 5 m m の範囲内の値を有する、請求項 1 ~ 3 のうちのいずれか 1 つに記載の二次電池。

【請求項 5】

50

前記負電極群の各要素に対して L_E の、 W_E および H_E のそれぞれと、の比はそれぞれ少なくとも10:1である、請求項1~4のうちのいずれか1つに記載の二次電池。

【請求項6】

前記負電極群の各要素の前記負電極電流コレクタ層は、前記長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_{E-C} を有し、前記長さ L_{E-C} は前記長さ L_E の少なくとも80%である、請求項1~5のうちのいずれか1つに記載の二次電池。

【請求項7】

前記負電極電流コレクタ層および前記負電極活物質層は電気伝導性を有し、前記負電極群の各要素に対して、前記負電極電流コレクタ層の前記電気伝導性の前記負電極活物質層の前記電気伝導性との比はそれぞれ少なくとも100:1である、請求項1~6のうちのいずれか1つに記載の二次電池。

10

【請求項8】

前記負電極活物質層は炭素、アルミニウム、スズ、シリコン、またはこれらの合金を含む、請求項1~7のうちのいずれか1つに記載の二次電池。

【請求項9】

前記負電極活物質層はシリコンもしくはシリコンの合金のナノワイヤ、または多孔性シリコンもしくは多孔性シリコンの合金を含む、請求項8に記載の二次電池。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的に、エネルギー貯蔵装置において使用されるための構造体に、係る構造体を内蔵するエネルギー貯蔵装置に、および係る構造体およびエネルギー装置を作製するための方法に、関する。

20

【背景技術】

【0002】

ロッキングチェア型二次電池または挿入二次電池(insertion secondary battery)は、リチウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、またはマグネシウムイオンなどのキャリアイオンが電解質を通して正極と負極との間で移動する種類のエネルギー貯蔵装置である。二次電池は、単一の電池セル、または電氣的に連結されて電池を形成する2つ以上の電池セルを含み得る。なお各電池セルは、正極、負極、マイクロ多孔性セパレータ、および電解質を含む。

30

【0003】

ロッキングチェア型の電池セルでは、正極および負極の両方は、キャリアイオンが提供され奪われる物質を含む。セルが放電される際は、キャリアイオンは負極から奪われ、正極に提供される。セルが充電される際は逆のプロセスが発生し、キャリアイオンは正極から奪われ、負極に提供される。

【0004】

図1は非水性リチウムイオン電池などの既存のエネルギー貯蔵装置の電気化学的スタックの断面図を示す。電気化学的スタック1は正極電流コレクタ12を含み、正極電流コレクタ12の上に正極活物質層13が組み立てられる。活物質層はマイクロ多孔性セパレータ14により覆われ、マイクロ多孔性セパレータ14の上方には、負極電流コレクタ15および負極活物質層16の組立体が配置される。この電気化学的スタックは、時として負極電流コレクタ15の上方で他のセパレータ層(図示せず)により覆われ、巻かれ、缶に詰め込まれ、非水電解質が充填され、それにより二次電池が組み立てられ得る。

40

【0005】

正極電流コレクタおよび負極電流コレクタは、それぞれの活電気化学的電極からの電流を蓄え、電池外部の環境に電流が伝達されることを可能にする。負極電流コレクタの1部分は負極活物質に物理的に接触する一方で、正極電流コレクタの1部分は正極活物質に物理的に接触する。電流コレクタは電気化学反応には参加せず、したがってアノードおよびカソードに対してそれぞれの電気化学ポテンシャル範囲において電氣的に安定した物質に

50

限定される。

【0006】

電流コレクタから電池外部の環境に電流を運ぶために、負極電流コレクタおよび正極電流コレクタのそれぞれは通常、一般に端子と総称される電極バス、タブ、タグ、パッケージフィードスルー、またはハウジングフィードスルーに接続される。端子の一方端が1つまたは複数の電流コレクタに接続される一方で、他方端は電池外部の環境に電気接続するためにバッテリーパッケージを通過する。溶接、締め付け、もしくは超音波接合により、負極端子は負極電流コレクタに接続され正極端子は正極電流コレクタに接続されるかまたは、導電性接着剤により定位置に接着される。

【0007】

従来の巻回型電池（例えば米国特許第6,090,505号および米国特許第6,235,427号参照）は通常、セル組み立ての前に単一のホイル上にコーティングおよび圧縮された電極物質（活物質、結合剤、導電助剤）を有する。電極がコーティングされたホイルは通常、電流収集経路の1部分である。18650セルまたは角柱セルなどの単一のゼリーロール電池では、電流コレクタホイルは、活物質から電流コレクタホイルおよびタブを通過して電池外部まで電流を運ぶ電極バス、タブ、タグ、その他に超音波溶接される。設計に応じて、タブが、単一ゼリーロールに沿った複数箇所に、または電流コレクタホイルの一方端または両端における一箇所に沿って、存在し得る。従来のスタックされた電池ポーチセルは、実質的に寄せられてタブに対して一緒に溶接された各ホイルの上部上のエリアを有する活物質の複数のプレート（またはホイル）を有し、次にこのプレート（またはホイル）が電池ポーチの外部に電流を搬送する（例えば米国特許公開第2005/0008939号参照）。

【0008】

再び図1を参照すると、充電プロセスの間、リチウムはリチウムイオンとして正極カソード層13を出てセパレータ14を通過して負極活物質層16へと移動する。使用される負極活物質に応じて、リチウムイオンはインターカレートされてもよく（例えば、合金を形成することなく、負極活物質のマトリクス内に位置する）、または合金を形成してもよい。放電プロセスの間、リチウムは負極活物質層16を出てセパレータ14を通過して正極活物質層13に進入する。電流導体は電子を電池端子（図示せず）から電極へと伝導し、または電極から電子端子へと伝導する。

【0009】

電池、燃料セル、および電気化学的コンデンサなどの既存のエネルギー貯蔵装置は通常、図1に図示するような、各薄板の表面積がその幾何学的占有面積に（多孔性および表面粗さを無視して）略等しい2次元層状アーキテクチャ（例えば平面状または渦巻き型薄板）を有する。

【0010】

電池容量および活物質利用を改善する方法として3次元電池が文献において提案されている。3次元アーキテクチャを使用して、2次元層状電池アーキテクチャと比較してより大きい表面積およびエネルギーが提供され得ることが提案されている。小さい幾何学的面積から得られ得るエネルギーが増加するため、3次元エネルギー貯蔵装置を作ることには利益が存在する。例えばRustらの国際公開第2008/089110号、およびLongらの"Three-Dimensional Battery Architectures," Chemical Reviews, (2004), 104, 4463-4492を参照されたい。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

現時点までもたらされている利点にも関わらず、増加されたエネルギー密度を有する2次元電池および他のエネルギー貯蔵装置に対する必要性が依然として存在する。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

電池、燃料セル、および電気化学的コンデンサなどのエネルギー貯蔵装置において使用されるための3次元構造体を提供することが、本発明の様々な態様に含まれる。有利なことに、本発明の1つの態様によれば、エネルギー貯蔵装置の他の構成要素（すなわちエネルギー貯蔵装置の非活物質構成要素）に対する電極活物質の比率が増大し得る。結果として、本発明に係る3次元構造体を備えるエネルギー貯蔵装置は増大したエネルギー密度を有し得る。係るエネルギー貯蔵装置は、例えば正極と負極との間における電子の輸送距離およびイオン輸送を最小化または低減することにより、貯蔵される特定のエネルギー量に対して2次元エネルギー貯蔵装置よりも高いエネルギー回収率も提供し得る。これらの装置は、小型化に対して、および、装置に対して利用可能な幾何学面積が限定された、および/または層状装置を用いて達成され得るよりもエネルギー密度要件が高い用途に対して、より好適であり得る。

10

【 0 0 1 3 】

したがって簡潔には、本発明の1つの態様は、エネルギー貯蔵装置において使用されるための構造体である。この構造体は、電極群と、対電極群と、電極群の要素と対電極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータと、を含む電極構造体を含む。電極群および対電極群は交互シーケンスで配列され、この交互シーケンスでは、電極群の要素は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、対電極群の要素により互いから隔てられる。電極群の各要素は電極活物質層および電極電流導体層を含み、電極群の各要素は、底部、上部、長さ L_E 、幅 W_E 、および高さ H_E を有する。なお長さ L_E はそれぞれの係る電極の底部から上部まで測定され、幅 W_E および高さ H_E は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_E の W_E および H_E のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_E の W_E との比は0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲である。電極群の各要素の電極電流コレクタ層は、長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_C を有し、長さ L_C は長さ L_E の少なくとも50%である。

20

【 0 0 1 4 】

本発明の他の態様は、電極群、対電極群、および電極群の要素と対電極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータを含む電極構造体である。なお電極群は負極群であり、対電極群は正極群である。電極群および対電極群は交互シーケンスで配列され、この交互シーケンスでは、電極群の要素は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、対電極群の要素により互いから隔てられる。負極群の各要素は負極活物質層および負極電流導体層を含み、負極群の各要素は底部と、上部と、長さ L_{NE} と、幅 W_{NE} と、高さ H_{NE} と、を有し、長さ L_{NE} はそれぞれの係る負極の底部から上部まで測定され、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_{NE} の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_{NE} の W_{NE} との比は0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲であり、当該群の各要素の負極電流コレクタ層は、 L_{NE} と同一方向に測定された長さ L_{NC} を有し、長さ L_{NC} は L_{NE} の少なくとも50%である。

30

【 0 0 1 5 】

本発明の他の態様は、電極群、対電極群、および電極群の要素と対電極群のメンバとを隔てるミクロ多孔性セパレータを含む電極構造体である。なお電極群は正極群であり、対電極群は負極群である。電極群および対電極群は交互シーケンスで配列され、この交互シーケンスでは、電極群の要素は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、対電極群の要素により互いから隔てられる。対電極群は負極群であり、正極群の各要素は正極活物質層および正極電流導体層を含み、正極群の各要素は底部と、上部と、長さ L_{PE} と、幅 W_{PE} と、高さ H_{PE} と、を有する。長さ L_{PE} はそれぞれの係る正極の底部から上部まで測定され、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_{PE} の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲であり、正極群の各要素の正極電流コレクタ層は、 L_{PE} と同一方向に測定された長さ L_{PC} を

40

50

有し、長さ L_{PC} は L_{PE} の少なくとも50%である。

【0016】

本発明の他の態様は、電極群、負極群、および正極群の要素と負極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータを含む電極構造体であって、

(i) 正極群の各要素は正極活物質層および正極電流導体層を含み、正極群の各要素は底部と、上部と、長さ L_{PE} と、幅 W_{PE} と、高さ H_{PE} と、を有し、長さ L_{PE} はそれぞれの係る正極の底部から上部まで測定され、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_{PE} の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5:1であり、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ0.4:1~1000:1の範囲であり、正極群の各要素の正極電流コレクタ層は、 L_{PE} と同一方向に測定された長さ L_{PC} を有し、長さ L_{PC} は L_{PE} の少なくとも50%であり、

(ii) 負極群の各要素は負極活物質層および負極電流導体層を含み、負極群の各要素は底部と、上部と、長さ L_{NE} と、幅 W_{NE} と、高さ H_{NE} と、を有し、長さ L_{NE} はそれぞれの係る負極の底部から上部まで測定され、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_{NE} の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5:1であり、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ0.4:1~1000:1の範囲であり、負極群の各要素の負極電流コレクタ層は、 L_{NE} と同一方向に測定された長さ L_{NC} を有し、長さ L_{NC} は少なくとも50%である、

電極構造体である。

【0017】

本発明の他の態様は少なくとも2つの電極構造体を含む電極スタックであり、係る電極構造体のそれぞれは、電極群と、対電極群と、電極群の要素と対電極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータと、を含む。電極および対電極群は交互シーケンスで配列され、この交互シーケンスでは、電極群の要素は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、対電極群の要素により互いから隔てられる。電極群の各要素は電極活物質層および電極電流導体層を含み、電極群の各要素は、底部、上部、長さ L_E 、幅 W_E 、および高さ H_E を有し、長さ L_E はそれぞれの係る電極の底部から上部まで測定され、幅 W_E および高さ H_E は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_E の W_E および H_E のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5:1であり、 H_E の W_E との比は0.4:1~1000:1の範囲である。電極群の各要素の電極電流コレクタ層は、長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_C を有し、長さ L_C は長さ L_E の少なくとも50%である。

【0018】

本発明の他の態様は少なくとも2つの電極構造体および非水電解質を含む2次電池であり、係る電極構造体のそれぞれは、電極群と、対電極群と、電極群の要素と対電極群の要素とを隔てる非水電解質が浸透されたミクロ多孔性セパレータと、を含む。電極群および対電極群は交互シーケンスで配列され、この交互シーケンスでは、電極群の要素は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、対電極群の要素により互いから隔てられる。電極群の各要素は電極活物質層および電極電流導体層を含み、電極群の各要素は、底部、上部、長さ L_E 、幅 W_E 、および高さ H_E を有し、長さ L_E はそれぞれの係る電極の底部から上部まで測定され、幅 W_E および高さ H_E は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_E の W_E および H_E のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5:1であり、 H_E の W_E との比は0.4:1~1000:1の範囲である。電極群の各要素の電極電流コレクタ層は、長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_C を有し、長さ L_C は長さ L_E の少なくとも50%である。

【0019】

他の目的および特徴は以後、部分的に明らかにされ部分的に指摘されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】リチウムイオン電池などの一般的な先行技術に係る2次元エネルギー貯蔵装置の

電気化学的スタックのセルの断面図である。

【図 2】内部構造を図示するために各部が破断された状態の、本発明に係る電極構造体の 1 つの実施形態の透視図である。

【図 3】線 3 - 3 を含む平面で取られた図 2 の電極構造体の部分断面図である。

【図 4】図 2 の電極構造体のサブ組立体の部分斜視図である。

【図 5】線 5 に沿って取られた図 4 の電極構造体のサブ組立体の上面図である。

【図 6】線 6 に沿って取られた図 4 の電極構造体のサブ組立体の上面図である。

【図 7】図 5 の線 7 - 7 を含む平面で取られた電極構造体のサブ組立体の断面図である。

【図 8】図 6 の線 8 - 8 を含む平面で取られた電極構造体のサブ組立体の断面図である。

【図 9】内部構造を図示するために各部が破断された状態の、線 5 に沿って取られた図 4 の電極構造体のサブ組立体の部分斜視図である。

10

【図 10】内部構造を図示するために各部が破断された状態の、線 6 に沿って取られた図 4 の電極構造体のサブ組立体の部分斜視図である。

【図 11】本発明に係る 3 次元 2 次電池の分解図である。

【図 12】図 11 の組み立てられた 3 次元 2 次電池の部分透視図である。

【図 13】図 11 の組み立てられた 3 次元 2 次電池の代替の実施形態の部分透視図である。

【図 14】図 11 の組み立てられた 3 次元 2 次電池の代替の実施形態の部分透視図である。

【図 15】図 11 の組み立てられた 3 次元 2 次電池の代替の実施形態の部分透視図である。

【図 16】図 5 の線 16 - 16 を含む平面で取られた電極構造体のサブ組立体の断面図である。

20

【図 17】図 6 の線 17 - 17 を含む平面で取られた電極構造体のサブ組立体の断面図である。

【図 18 A】本発明に係る電極（正極または負極）の代替の実施形態の断面図である。

【図 18 B】本発明に係る電極（正極または負極）の代替の実施形態の断面図である。

【図 18 C】本発明に係る電極（正極または負極）の代替の実施形態の断面図である。

【図 18 D】本発明に係る電極（正極または負極）の代替の実施形態の断面図である。

【図 18 E】本発明に係る電極（正極または負極）の代替の実施形態の断面図である。

【0021】

対応する参照符号は、全図面を通して、対応する部分を示す。

【発明を実施するための形態】

30

【0022】

本発明の様々な態様の中で、電池、燃料セル、および電気化学的コンデンサなどのエネルギー貯蔵装置に組み込まれたとき、3次元構造体が特定の利点を提供することに注意されたい。例えば係る構造体は、正極、負極、および/またはセパレータが本質的に非層状である2次電池に組み込まれ得る。有利なことに、係る非層状の正極構造体および負極構造体に対する表面積は、電極を支持する基部の幾何学的占有面積の1.5倍、2倍、2.5倍、さらには3倍以上となり得る。1つの好適な代表的実施形態では、係る構造体は、キャリアイオン（例えばリチウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、およびマグネシウムイオンから選択される）が正極と負極との間で移動する2次電池に組み込まれる。

40

【0023】

一般的に、3次元構造体は、電極群、対電極群、および電極群の要素と対電極群の要素とを隔てるミクロ多孔性セパレータを含む電極構造体を含む。電極群および対電極群は、交互シーケンスが第1方向に進行する状態で、電極群の実質的に各要素が対電極群の2つの要素間に挟まれ、且つ対電極群の実質的に各要素が電極群の2つの要素間に挟まれた交互シーケンスで配列される。例えば、交互シリーズ内の最初および最後の電極または対電極を除き、1つの実施形態では、交互シリーズ内の各電極は2つの対電極間に挟まれ、交互シリーズ内の各対電極は2つの電極間に挟まれる。

【0024】

電極群の各要素は電極活物質層および電極電流導体層を含み、電極群の各要素は、底部

50

、上部、長さ L_E 、幅 W_E 、高さ H_E 、および周辺長 P_E を有し、長さ L_E はそれぞれの係る電極の底部から上部まで測定され、幅 W_E および高さ H_E は、互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_E の W_E および H_E のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_E の W_E との比は0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲であり、電極群の各要素に対して L_E の P_E との比は少なくとも1.25 : 1である。電極群の各要素の電極電流コレクタ層は、長さ L_E と同一方向に測定された長さ L_{E-C} を有し、長さ L_{E-C} は長さ L_E の少なくとも50%である。一般に、電極群の要素は通常、約5 mm ~ 約500 mmの範囲の長さ(L_E)を有するであろう。ある特定の実施形態では、電極群の各要素は通常、約10 mm ~ 約250 mmの範囲の長さ L_E を有する。さらなる例として1つの係る実施形態では、電極群の要素は約25 mm ~ 約100 mmの長さ(L_E)を有する。

10

【0025】

1つの実施形態では、対電極群の各要素は、対電極活物質層および対電極電流導体層を含み、対電極群の各要素の寸法は、電極群の各要素に釣り合う。すなわち対電極群の各要素は底部と、上部と、長さ L_{CE} と、幅 W_{CE} と、高さ H_{CE} と、周辺長 P_{CE} と、を有し、長さ L_{CE} はそれぞれの係る対電極の底部から上部まで測定され、幅 W_{CE} および高さ H_{CE} は互いに対して垂直であり且つ長さ L_{CE} の測定方向に垂直な方向に測定され、 L_{CE} の W_{CE} および H_{CE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5 : 1であり、 H_{CE} の W_{CE} との比は0.4 : 1 ~ 1000 : 1の範囲であり、対電極群の各要素に対して L_{CE} の P_{CE} との比は少なくとも1.25 : 1である。この実施形態では、電極群の各要素の対電極電流コレクタ層は、長さ L_{CE} と同一方向に測定された長さ L_{CE-C} を有し、長さ L_{CE-C} は長さ L_{CE} の少なくとも50%である。一般に、対電極群の要素は通常、約5 mm ~ 約500 mmの範囲の長さ(L_{CE})を有するであろう。ある特定の実施形態では、対電極群の各要素は通常、約10 mm ~ 約250 mmの範囲の長さ L_{CE} を有する。さらなる例として1つの係る実施形態では、対電極群の要素は約25 mm ~ 約100 mmの長さ(L_{CE})を有する。

20

【0026】

電極群は負極群であり得、対電極群は正極群であり得る。この実施形態では、電極群の各要素の長さ L_E 、幅 W_E 、高さ H_E 、および周辺長 P_E はそれぞれ負極群の各要素の長さ L_{NE} 、幅 W_{NE} 、高さ H_{NE} 、および周辺長 P_{NE} に対応し、電極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{E-C} は負極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{NC} に対応する。加えて、対電極群の各要素の長さ L_{CE} 、幅 W_{CE} 、高さ H_{CE} 、および周辺長 P_{CE} はそれぞれ電極群の各要素の長さ L_{PE} 、幅 W_{PE} 、高さ H_{PE} 、周辺長 P_{PE} に対応し、対電極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{CE-C} は、正極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{PC} に対応する。

30

【0027】

代替の実施形態では、電極群は正極群であり、対電極群は負極群である。したがってこの実施形態では、電極群の各要素の長さ L_E 、幅 W_E 、高さ H_E 、および周辺長 P_E はそれぞれ正極群の各要素の長さ L_{PE} 、幅 W_{PE} 、高さ H_{PE} 、および周辺長 P_{PE} に対応し、電極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{E-C} は正極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{PC} に対応する。加えて、対電極群の各要素の長さ L_{CE} 、幅 W_{CE} 、高さ H_{CE} 、および周辺長 P_{CE} はそれぞれ負極群の各要素の長さ L_{NE} 、幅 W_{NE} 、高さ H_{NE} 、周辺長 P_{NE} に対応し、対電極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{CE-C} は、負極群の各要素の電流コレクタの長さ L_{NC} に対応する。

40

【0028】

ある特定の実施形態では、正極群および負極群は、直方体の長さ寸法、幅寸法、および高さ寸法に近似する長さ寸法、幅寸法、および高さ寸法を有する。係る事例では、それぞれの係る電極の幅 W_E および高さ H_E は互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に対して垂直な方向で測定される。他の実施形態では、正極群および/または負極群は、例えば台形、平行四辺形、三角形、ダイヤモンド形、または長円形の断面形状を有するよう

50

異なる形状に成形され得る。係る実施形態では、電極の長さ L_E はそれぞれの係る電極の底部から上部まで測定され、それぞれの係る電極の幅 W_E および高さ H_E は互いに対して垂直であり且つ長さ L_E の測定方向に対して垂直な方向に測定される。加えて幅 W_E および高さ H_E は、長さ方向に対して垂直な平面における電極の突起の最大幅および最大高さである。換言すると、幅 W_E および高さ H_E は、長さ方向に垂直である平面における仮想的な長方形であって、電極の突起の全部の点を含みながらも寸法が最小の長方形の2つの近接する側部の長さに対応する。

【0029】

図18A～図18Eは、電極の長さ方向に対して垂直な平面における電極（正極または負極）の代表的ないくつかの代替の突起を図示する。図18A～図18Eでは、電極の突起は台形（図18A）、平行四辺形（図18B）、三角形（図18C）、ダイヤモンド形（図18D）、および長円形（図18E）の輪郭を有する。各事例において、電極の突起の全部の点を含みながらも寸法が最小である仮想的な長方形が、幅 W_E および高さ H_E を有するであろう。

【0030】

ここで図2を参照して、本発明の1つの実施形態では、電極構造体20は、直接的に負極バス23に接続され負極バス23から延長する負極21の群と、直接的に正極バス24に接続され正極バス24から延長する正極22の群と、を含む。図2に図示するように、負極21の群は4つの要素を含み、正極22の群は4つの要素を含むが、実際には負極群および正極群のそれぞれは、より多い個数またはより少ない個数の要素を含み得る。例えば、本発明に係る電極構造体により含まれる負極群および正極群のそれぞれは少なくとも5つの要素を含み得る。さらなる例として、1つの実施形態では、負極群および正極群のそれぞれは少なくとも10個の要素を含む。さらなる例として、1つの実施形態では、負極群および正極群のそれぞれは少なくとも50個の要素を含む。さらなる例として、1つの実施形態では、負極群および正極群のそれぞれは少なくとも100個の要素を含む。加えて正極群および負極群は、負極群の各要素が正極群の各要素に隣接するよう、電極の交互シリーズで互いに入り込んで配列される。1つの実施形態では例えば、各負極は、互いに入り込んだシリーズが正極で開始および終了するよう、正極群の2つの要素間に挟まれ、各陽極は、互いに入り込んだシリーズが方向Dに進行する状態で、2つの陽極に挟まれる（例えば電極のシリーズが以下の反復シーケンス、すなわち正極、負極、正極、負極、正極……を有する）。他の実施形態では例えば、各正極は、互いに入り込んだシリーズが負極で開始および終了するよう、負極群の2つの要素間に挟まれ、各陽極は、互いに入り込んだシリーズが方向Dに進行する状態で、2つの負極に挟まれる（例えば電極のシリーズが以下の反復シーケンス、すなわち負極、正極、負極、正極、負極……を有する）。1つの実施形態では、負極群はN個の要素を有し、正極群はN+1個の要素を有し、各負極は2つの陽極間に挟まれ、Nは少なくとも5、10、25、50であり、または少なくとも100になることさえある。他の実施形態では、正極群はN個の要素を有し、負極群はN+1個の要素を有し、各正極は2つの負極間に挟まれ、Nは少なくとも5、10、25、50であり、または少なくとも100になることさえある。さらに他の実施形態では、正極群および負極群のそれぞれはN個の要素を有し、N-1個の正極群要素は2つの負極間に挟まれ、N-1個の負極群要素のそれぞれは2つの正極間に挟まれ、Nは少なくとも5、10、25、50であり、または少なくとも100になることさえある。

【0031】

負極群の各要素21は負極バス23から延長し負極バス23に電氣的に接続され、負極バス23は負極群の各要素からの電流を蓄える。負極バス23は、方向Dに測定され且つ電極の互いに入り込んだシリーズの全長にわたり実質的に延長する長さ L_{NB} と、幅 W_{NB} （図5および図9）と、高さ H_{NB} （図9）と、を有する。なお W_{NB} および H_{NB} の測定方向は互いに対して垂直であり、長さ L_{NB} の測定方向に対して垂直である。図2に示すX-Y-Z座標系の状況で、幅 W_{NB} は、図示されたX-Y-Z座標系の「X」軸に沿って測定され、高さ H_{NB} は「Z」軸に沿って測定され、長さ L_{NB} は「Y」軸に沿って測定

10

20

30

40

50

される。なお X 軸、Y 軸、および Z 軸は違いに対して垂直であり、方向 D と「Y」軸とは一致する。加えて、負極バスの長さ L_{NB} は負極バスの幅 W_{NB} および高さ H_{NB} よりも長い。換言すると、当該長さは負極バスの最長寸法である。一般に L_{NB} の W_{NB} および H_{NB} のそれぞれとの比は少なくとも 5 : 1 である。例えば 1 つの実施形態では、 L_{NB} の W_{NB} および H_{NB} のそれぞれとの比は少なくとも 10 : 1 である。さらなる例として 1 つの実施形態では、 L_{NB} の W_{NB} および H_{NB} のそれぞれとの比は少なくとも 25 : 1 である。加えて、 H_{NB} の W_{NB} との比は一般にそれぞれ約 1 : 1 ~ 約 10,000 : 1 の範囲であり、いくつかの実施形態では H_{NB} の W_{NB} との比は約 100 : 1 ~ 約 1,000 : 1 の範囲である。

【0032】

図 5 および図 9 に示す実施形態では、負極バスは長さの関数として一定の幅 W_{NB} および一定の高さ H_{NB} を有する。他の実施形態では、負極バスの幅 W_{NB} または高さ H_{NB} は負極バスの長さの関数として変化してもよく、または負極バスは長方形以外の断面（長さ方向に対して垂直な平面で取られた）を有してもよい。係る他の実施形態では、幅 W_{NB} および高さ H_{NB} は、長さ方向すなわち方向 D に対して垂直な平面における負極バスの突起の最大幅および最大高さを指す（例えば、図 18A ~ 図 18E を参照されたい。これらの図面では、台形（図 18A）、平行四辺形（図 18B）、三角形（図 18C）、ダイヤモンド形（図 18D）、および長円形（図 18E）の断面形状を有する一連の電極に対する最大幅 W_E および最大高さ H_E が示される）。換言すると、幅 W_{NB} および高さ H_{NB} は、長さ方向に垂直な平面に存在する仮想的な長方形であって負極バスの突起の全部の点を含みながらも寸法が最小である長方形の 2 つの隣接する側部の長さに対応する。

【0033】

負極群の各要素 21 に加えて、負極バス 23 は、負極 21 の群をエネルギー貯蔵装置（図示せず）の負端子に電気的に接続するために使用され得る負極タブ 41 に電気的に接続される。図 2 に示す実施形態では、負極タブ 41 は、実質的に負極バス 23 の長さ L_{NB} 全体にわたって伸びる長さ L_{NT} を有する負極タブ伸張部分 25 を含む。例えば 1 つの実施形態では、負極タブ伸張部分 25 は負極バス 23 の長さ L_{NB} の少なくとも 50% もしくは少なくとも 75% である長さ L_{NT} を有してもよく、または少なくとも 90% である長さ L_{NT} さえも有し得る。他の実施形態では、負極タブ伸張部分 25 は、長さ L_{NB} よりも大幅に短い長さ L_{NT} を有してもよく（例えば L_{NT} は長さ L_{NB} の 50% 未満、25% 未満、または 10% 未満になることさえある）、または負極タブ伸張部分 25 は完全に省略され、負極タブ 41 が、いずれかの端部において、または負極バス 23 の長さ L_{NB} に沿った負極バス 23 の中間位置において、直接的に負極バス 23 と電気的に接続されてもよい。

【0034】

正極群の各要素 22 は正極バス 24 から延長し正極バス 24 に電気的に接続され、正極バス 24 は正極群の各要素 22 からの電流を蓄える。正極バス 24 は、方向 D に測定され且つ電極の互いに入り込んだシリーズの全長にわたり実質的に延長する長さ L_{PB} と、幅 W_{PB} （図 6 および図 10）と、高さ H_{PB} （図 10）と、を有する。なお W_{PB} および H_{PB} の測定方向は互いに対して垂直であり、長さ L_{PB} の測定方向に対して垂直である。図 2 に示す X - Y - Z 座標系の状況で、幅 W_{PB} は、図示された X - Y - Z 座標系の「X」軸に沿って測定され、高さ H_{PB} は「Z」軸に沿って測定され、長さ L_{PB} は「Y」軸に沿って測定される。なお X 軸、Y 軸、および Z 軸は違いに対して垂直であり、方向 D と「Y」軸とは一致する。加えて、負極バスの長さ L_{PB} は正極バスの幅 W_{PB} および高さ H_{PB} よりも長い。換言すると、当該長さは正極バスの最長寸法である。一般に L_{PB} の W_{PB} および H_{PB} のそれぞれとの比は少なくとも 5 : 1 である。例えば 1 つの実施形態では、 L_{PB} の W_{PB} および H_{PB} のそれぞれとの比は少なくとも 10 : 1 である。さらなる例として 1 つの実施形態では、 L_{PB} の W_{PB} および H_{PB} のそれぞれとの比は少なくとも 25 : 1 である。加えて、 H_{PB} の W_{PB} との比は一般にそれぞれ約 1 : 1 ~ 約 10,000 : 1 の範囲であり、いくつかの実施形態では H_{PB} の W_{PB} との比は約 100 : 1 ~ 約 1,000 :

10

20

30

40

50

1 の範囲である。

【 0 0 3 5 】

図 6 および図 1 0 に示す実施形態では、正極バスは長さの関数として一定の幅 W_{PB} および一定の高さ H_{PB} を有する。他の実施形態では、正極バスの幅 W_{PB} または高さ H_{PB} は正極バスの長さの関数として変化してもよく、または正極バスは長方形以外の断面（長さ方向に対して垂直な平面で取られた）を有してもよい。係る他の実施形態では、幅 W_{PB} および高さ H_{PB} は、長さ方向すなわち方向 D に対して垂直な平面における正極バスの突起の最大幅および最大高さを指す。換言すると、幅 W_{PB} および高さ H_{PB} は、当該平面に存在する仮想的な長方形であって正極バスの突起の全部の点を含みながらも寸法が最小である長方形の 2 つの隣接する側部の長さに対応する。

10

【 0 0 3 6 】

正極群の各要素 2 2 に加えて、正極バス 2 4 は、負極 2 2 の群をエネルギー貯蔵装置（図示せず）の正端子に電氣的に接続するために使用され得る正極タブ 4 2 に電氣的に接続される。図 2 に示す実施形態では、正極タブ 4 2 は、実質的に正極バス 2 4 の長さ L_{PB} 全体にわたって伸びる長さ L_{PT} を有する正極タブ伸張部分 2 6 を含む。例えば 1 つの実施形態では、正極タブ伸張部分 2 5 は正極バス 2 3 の長さ L_{PB} の少なくとも 5 0 % もしくは少なくとも 7 5 % である長さ L_{PT} を有してもよく、または少なくとも 9 0 % である長さ L_{PT} さえも有し得る。他の実施形態では、正極タブ伸張部分 2 6 は、長さ L_{PB} よりも大幅に短い長さ L_{PT} を有してもよく（例えば L_{PT} は長さ L_{PB} の 5 0 % 未満、2 5 % 未満、または 1 0 % 未満になることさえある）、または正極タブ伸張部分 2 6 は完全に省略され、正極タブ 4 2 が、いずれかの端部において、または正極バス 2 4 の長さ L_{PB} に沿った正極バス 2 4 の中間位置において、直接的に正極バス 2 4 と電氣的に接続されてもよい。

20

【 0 0 3 7 】

ミクロ多孔性セパレータ層 4 3 は負極群の各要素 2 1 を正極群の各要素 2 2 から電氣的に絶縁し、負極バス 2 3 を正極バス 2 4 から電氣的に絶縁する。2 次電池に組み込まれる際、ミクロ多孔性セパレータ層 4 3 は通常、非水電解質 2 次電池に対して従来使用される非水電解質が浸透される。一般にミクロ多孔性セパレータは、少なくとも 5 0 の、通常は約 2 , 5 0 0 の範囲の直径を有する細孔を含むであろう。加えてミクロ多孔性セパレータは通常、少なくとも 2 5 % の多孔率を有するであろう。しかし通常、ミクロ多孔性セパレータは約 7 5 % 未満の多孔率を有するであろう。1 つの実施形態ではミクロ多孔性セパレータは約 3 5 ~ 5 5 % の多孔率を有するであろう。

30

【 0 0 3 8 】

ここで図 3 を参照して 1 つの実施形態では、負極群の各要素 2 1 は、負極基幹部 5 1 と、負極活物質層 4 9 と、負極電流コレクタ層 4 7 と、補助負極電流コレクタ層 4 7 A および 4 7 B と、を含む。同様に、正極群の各要素 2 2 は、正極基幹部 5 2 と、正極電流コレクタ層 4 8 と、補助正極電流コレクタ層 4 8 A および 4 8 B と、正極活物質層 5 0 と、を含む。負極群の各要素 2 1 はミクロ多孔性セパレータ層 4 3 により正極群の各要素 2 2 から隔てられる。

【 0 0 3 9 】

放電プロセスの間、リチウムイオン（またはナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオン、またはマグネシウムイオンなどの他のキャリアイオン）は負極活物質層 4 9 から出て、負極電流コレクタ層 4 7 およびセパレータ層 4 3 を通り、正極活物質層 5 0 に移動する。充電プロセスの間、リチウムイオン（または他のキャリアイオン）は正極活物質層 5 0 から出て、セパレータ層 4 3 および負極電流コレクタ層 4 7 を通り、負極活物質層 4 9 に移動する。使用される負極活物質に応じて、リチウムイオン（または他のキャリアイオン）はインターカレートされてもよく（例えば、合金を形成することなく、負極活物質のマトリクス内に位置する）、または合金を形成してもよい。正極と負極との間でのリチウムイオン（または他のキャリアイオン）の移動に一致して、電子は、負極電流コレクタ 4 7 と、補助負極電流コレクタ 4 7 A および 4 7 B と、正極電流コレクタ 4 8 と、

40

50

補助正極電流コレクタ48Aおよび48Bと、により、それぞれ負極バス23および正極バス24（図2参照）へとまたは負極バス23および正極バス24から搬送される。次に負極バス23および正極バス24はそれぞれ、負極タブ41および正極タブ42を介して、エネルギー貯蔵装置（図示せず）の負端子および正端子に対して電氣的に接続される。

【0040】

ここで図4を参照すると負極群の各負極（すなわち要素）21は負極バス23の内側表面27から延長し、正極群の各正極（すなわち要素）22は正極バス24の内側表面28から延長する。なお内側表面27および28は互いに対して対面または対向する。前述のように、負極バス23は、負極群の各要素21を、負極群の他の要素に対して、および負極タブ伸張部分25（図2）に対して、電氣的に接続する導電性物質を含む。同様に、正極バス24は、正極群の各要素22を、互いに対して、および正極タブ伸張部分26に対して、電氣的に接続する導電性物質を含む。

10

【0041】

ここで図5を参照すると、負極群の要素21のそれぞれは、負極バス23の内側表面27の近位にある底部31と、内側表面27の遠位にある上部33と、底部31と上部33との間の距離により画定される長さ L_{NE} と、を有する。長さ L_{NE} は、負極バス23の内側表面27から、互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して好適な実施形態では実質的に垂直である方向に測定される。図2に示すX-Y-Z座標系の状況で、長さ L_{NE} は「X」軸に沿って（および方向Dに対して垂直に）測定される。ある特定の実施形態では、負極群の要素の全部は直線状の側部を有する（すなわち底部31と上部33との間で延長する側部のそれぞれは平面状）であろう。他の実施形態では、負極群の要素は多角形である側部を有し、または湾曲した側部を有する（例えば底部31と上部33との間で延長する側部は正弦曲線状）ことさえあるであろう。それぞれの係る実施形態では、長さ L_{NE} は底部31と上部33との間の直線距離である。

20

【0042】

ここで図6を参照すると、正極群の要素22のそれぞれは、正極バス24の内側表面28の近位にある底部32と、正極基板表面26の遠位にある上部34と、底部32と上部34との間の距離により画定される長さ L_{PE} と、を有する。長さ L_{PE} は、正極バス24の内側表面28から、互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して好適な実施形態では実質的に垂直な方向に測定される。図2に示すX-Y-Z座標系の状況で、好適な実施形態では、長さ L_{PE} は「X」軸に沿って（および方向Dに対して垂直に）測定される。ある特定の実施形態では、正極群の要素は直線状の側部を有する（すなわち底部32と上部34との間で延長する側部のそれぞれは平面状）であろう。他の実施形態では、正極群の要素は多角形である側部を有し、または湾曲した側部を有する（例えば底部32と上部34との間で延長する側部は正弦曲線状）ことさえあるであろう。それぞれの係る実施形態では、長さ L_{PE} は底部32と上部34との間の直線距離である。

30

【0043】

ここで図7を参照すると、負極群の要素21のそれぞれの断面（すなわち長さ L_{NE} が測定された方向に対して垂直な方向で取られた断面）は、幅 W_{NE} 、高さ H_{NE} 、および周辺長 P_{NE} を有する。この実施形態では負極群の要素の断面は長方形であり、周辺長 P_{NE} は $2W_{NE} + 2H_{NE}$ に等しい値を有する。加えて負極群の要素21のそれぞれは、その幅 W_{NB} およびその高さ H_{NB} よりも大きい長さ L_{NE} を有する。換言すると、当該長さは負極群の各要素の最大寸法である。幅 W_{NE} および高さ H_{NE} はエネルギー貯蔵装置およびその意図する使用に応じて変化し得るが、多数の実施形態では、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} のそれぞれは約0.01mm～約5mmの範囲内となるであろう。例えば1つの実施形態では、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} のそれぞれは、約0.025mm～約2mmの範囲内の値を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} のそれぞれは、約0.05mm～約1mmの範囲内の値を有するであろう。一般に、 L_{NE} （図5参照）は W_{NE} および H_{NE} のそれぞれよりも大幅に大きくなるであろう。例えば1つの実施形態では、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも5:1

40

50

である（すなわち L_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $5 : 1$ であり、 L_{NE} の H_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $5 : 1$ である）。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比は少なくとも $10 : 1$ である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比は少なくとも $15 : 1$ である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{NE} の W_{NE} および H_{NE} のそれぞれとの比は少なくとも $20 : 1$ である。加えて、 L_{NE} が周辺長 P_{NE} よりも大幅に大きい（例えば1つの実施形態では L_{NE} の P_{NE} との比がそれぞれ少なくとも $1.25 : 1$ である）ことが一般に好適である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{NE} の P_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $2.5 : 1$ である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{NE} の P_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $3.75 : 1$ である。加えて H_{NE} の W_{NE} との比は一般にそれぞれ少なくとも $0.4 : 1$ となるであろう。例えば1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $2 : 1$ となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $10 : 1$ となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ少なくとも $20 : 1$ となるであろう。しかし通常は、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ $1,000 : 1$ よりも小さくなるであろう。例えば1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ $500 : 1$ より小さくなるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ $100 : 1$ より小さくなるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ $10 : 1$ より小さくなるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{NE} の W_{NE} との比はそれぞれ約 $2 : 1 \sim$ 約 $100 : 1$ の範囲内となるであろう。図2に示す $X - Y - Z$ 座標系の状況で、長さ L_{NE} は「 X 」軸に沿って（および方向 D に対して垂直に）測定され、 W_{NE} は「 Y 」軸に沿って測定され、 H_{NE} は「 Z 」軸に沿って測定される。

【0044】

図7に示す実施形態では、負極群の要素21は長さの関数として一定の幅 W_{NE} および一定の高さ H_{NE} を有する。他の実施形態では、負極群の要素21は負極の長さに沿った位置の関数として変動する幅 W_{NE} および高さ H_{NE} を有してもよく、または負極群の要素は長方形以外の断面（長さ方向に対して垂直な平面で取られた）を有してもよい。係る他の実施形態では、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} は、負極群の要素21の長さ方向に対して垂直な平面における負極群の要素21の突起の最大幅および最大高さを指す。換言すると、幅 W_{NE} および高さ H_{NE} は、負極群の要素の突起の全部の点を含みながらも寸法が最小である平面において存在する仮想的な長方形の2つの隣接する側部の長さに対応する。

【0045】

ここで図8を参照すると、正極群の要素21のそれぞれの断面（すなわち長さ L_{PE} が測定された方向に対して垂直な方向で取られた断面）は、幅 W_{PE} 、高さ H_{PE} 、および周辺長 P_{PE} を有する。この実施形態では正極群の要素の断面は長方形であり、周辺長 P_{PE} は $2W_{PE} + 2H_{PE}$ に等しい値を有する。加えて正極群の要素22のそれぞれの幅 W_{PB} およびその高さ H_{PB} よりも大きい長さ L_{PE} を有する。換言すると、当該長さは正極群の各要素の最大寸法である。幅 W_{PE} および高さ H_{PE} はエネルギー貯蔵装置およびその意図する使用に応じて変化し得るが、多数の実施形態では、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれの幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれは、約 $0.01 \text{ mm} \sim$ 約 5 mm の範囲内となるであろう。例えば1つの実施形態では、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれの幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれは、約 $0.025 \text{ mm} \sim$ 約 2 mm の範囲内の値を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれの幅 W_{PE} および高さ H_{PE} のそれぞれは、約 $0.05 \text{ mm} \sim$ 約 1 mm の範囲内の値を有するであろう。一般に、 L_{PE} （図6参照）は W_{PE} および H_{PE} のそれぞれよりも大幅に大きくなるであろう。例えば1つの実施形態では、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比はそれぞれ少なくとも $5 : 1$ である（すなわち L_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ少なくとも $5 : 1$ であり、 L_{PE} の H_{PE} との比はそれぞれ少なくとも $5 : 1$ である）。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比は少なくとも $10 : 1$ である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比は少なくとも 15

: 1である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{PE} の W_{PE} および H_{PE} のそれぞれとの比は少なくとも20:1である。加えて、 L_{PE} が周辺長 P_{PE} よりも大幅に大きい(例えば1つの実施形態では L_{PE} の P_{PE} との比がそれぞれ少なくとも1.25:1である)ことが一般に好適である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{PE} の P_{PE} との比はそれぞれ少なくとも2.5:1である。さらなる例として1つの実施形態では、 L_{PE} の P_{PE} との比はそれぞれ少なくとも3.75:1である。加えて H_{PE} の W_{PE} との比は一般にそれぞれ少なくとも0.4:1となるであろう。例えば1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ少なくとも2:1となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ少なくとも10:1となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ少なくとも20:1となるであろう。しかし通常は、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ1,000:1よりも小さくなるであろう。例えば1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ500:1よりも小さくなるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ100:1よりも小さくなるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、 H_{PE} の W_{PE} との比はそれぞれ約2:1~約100:1の範囲内となるであろう。図2に示すX-Y-Z座標系の状況で、好適な実施形態では、長さ L_{PE} は「X」軸に沿って(および方向Dに対して垂直に)測定され、 W_{PE} は「Y」軸に沿って測定され、 H_{PE} は「Z」軸に沿って測定される。

10

【0046】

20

図9に示す実施形態では、正極群の要素22は、それらの長さの関数として一定の幅 W_{PE} および一定の高さ H_{PE} を有する。他の実施形態では、正極群の要素22は正極の長さに沿った位置の関数として変動する幅 W_{PE} および高さ H_{PE} を有してもよく、または正極群の要素は長方形以外の断面(長さ方向に対して垂直な平面で取られた)を有してもよい。係る他の実施形態では、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} は、正極群の要素22の長さ方向に対して垂直な平面における正極群の要素22の突起の最大幅および最大高さを指す。換言すると、幅 W_{PE} および高さ H_{PE} は、当該平面に存在する仮想的な長方形であって正極バスの突起の全部の点を含みながらも寸法が最小である長方形の2つの隣接する側部の長さに対応する。

【0047】

30

図2および図5~図8を参照すると、正極22の群の要素および負極23の群の要素のそれぞれは合計すると、それぞれの電極を支持する正極バスおよび負極バス(または他の支持構造体)の幾何学的専有面積を越える表面積を有する。好適には、正極22の群の要素および負極23の群の要素のそれぞれは合計すると、それぞれの電極を支持する正極バスおよび負極バス(または他の支持構造体)の幾何学的専有面積の1.5倍、2倍、もしくは2.5倍の表面積を有し、または3倍以上の表面積を有しさえする。例えば、「N」個の要素を有する負極群または正極群の幾何学的専有面積は、以下の方程式にしたがって決定され得る:

$$\text{負極幾何学的占有面積} = (N \times L_{NE} \times (2 \times H_{NE} + W_{NE}))$$

「N」個の要素を有する正極群の幾何学的専有面積は、以下の方程式にしたがって決定され得る:

40

$$\text{正極幾何学的占有面積} = (N \times L_{PE} \times (2 \times H_{PE} + W_{PE}))$$

ただし式中 L_{NE} 、 H_{NE} 、 W_{NE} 、 L_{PE} 、 H_{PE} 、および W_{PE} は前述のように負極群要素および正極群要素の長さ、幅、および高さである。

【0048】

ここで図9を参照すると、負極基幹部51、負極活物質層49、負極電流コレクタ層47、および補助負極電流コレクタ層47Aならびに47Bは、好適には、負極群の各要素21の底部31から上部33までの距離の大部分にわたり延長する。補助負極電流コレクタは、追加的な電気伝導性を提供するために、負極群要素に組み込まれ得る。ある特定の実施形態では、補助負極電流コレクタは、負極電流コレクタの電気伝導性の少なくとも2

50

倍である電気伝導性を有する。ある特定の実施形態では、補助負極電流コレクタの電気伝導性は負極電流コレクタの電気伝導性の少なくとも5倍であり、または10倍となることさえある。有利に、補助負極電流コレクタにより提供される追加的な電気伝導性により、負極電流コレクタ層47の電流コレクタ重量全体および体積要件が低減され得る。加えて、負極電流コレクタ層がイオン透過性の電流コレクタ（本明細書の他の箇所でもより詳細に説明する）である場合、補助負極電流コレクタは、電極長さ L_{NE} に沿って電流の大部分を搬送し得、負極電流コレクタ層は、主に電極から電流を収集し、収集した電流を補助負極電流コレクタに提供するよう機能し得る。次にこれにより、イオン浸透性電流コレクタ層に要求される電子伝導性が低減され、より良好なセル性能のために、より低い電子伝導性およびより高いイオン伝導性を有するようにイオン浸透性層を設計することが可能となる。

10

【0049】

いくつかの実施形態では、補助負極電流コレクタは、電極に沿った特定場所における充放電反応をブロックするための手段を提供する。ここで図3を参照すると、補助電流コレクタ47Aおよび47Bは、この層のイオン伝導性が実質的にゼロとなりそれにより補助電流コレクタの直接的に下方にある電極上の充放電反応が抑制され得るよう、設計され得る。

【0050】

1つの実施形態では、負極群の各要素21により含まれる負極電流導体層47は、係る負極電流コレクタを含む要素の長さ L_{NE} の少なくとも50%である長さ L_{NC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極群の各要素21により含まれる負極電流導体層47は、係る負極電流コレクタを含む要素の長さ L_{NE} の少なくとも60%である長さ L_{NC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極群の各要素21により含まれる負極電流導体層47は、係る負極電流コレクタを含む要素の長さ L_{NE} の少なくとも70%である長さ L_{NC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極群の各要素21により含まれる負極電流導体層47は、係る負極電流コレクタを含む要素の長さ L_{NE} の少なくとも80%である長さ L_{NC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極群の各要素21により含まれる負極電流導体層47は、係る負極電流コレクタを含む要素の長さ L_{NE} の少なくとも90%である長さ L_{NC} を有する。前述の実施形態のそれぞれでは、補助負極電流コレクタ層47Aおよび47Bは、同一の、または相当な割合の部分（例えば負極電流コレクタ層47の長さ L_{NC} の少なくとも60%、70%、または80%、さらには90%にさえなり得る）である長さ（長さ L_{NC} と同一方向に測定された）を独立的に有する。代替的に、前述の実施形態のそれぞれでは、補助負極電流コレクタ層47Aおよび47Bは、相当な割合の部分（例えば負極電流コレクタ層47の長さ L_{NC} の少なくとも40%、30%、または20%、さらには10%にさえなり得る）より小さい長さ（長さ L_{NC} と同一方向に測定された）を独立的に有する。負極群の要素21のそれぞれの長さ L_{NE} はエネルギー貯蔵装置およびその意図する使用に応じて変化し得るが、多数の実施形態では、長さ L_{NE} は約5mm～約500mmの範囲内となるであろう。例えば1つの実施形態では、要素21のそれぞれに対する長さ L_{NE} は約10mm～約250mmの範囲内となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、要素21のそれぞれに対する長さ L_{NE} は約25mm～約100mmの範囲内となるであろう。

20

30

40

【0051】

ここで図10を参照すると、正極基幹部52、正極活物質層50、正極電流コレクタ層48、および補助正極電流コレクタ層48Aならびに48Bは、好適には、負極群の各要素22の底部32から上部34までの距離の大部分にわたり延長する。補助正極電流コレクタは、追加的な電気伝導性を提供するために、正極群要素に組み込まれ得る。ある特定の実施形態では、補助正極電流コレクタは、正極電流コレクタの電気伝導性の少なくとも2倍である電気伝導性を有する。ある特定の実施形態では、補助正極電流コレクタの電気伝導性は正極電流コレクタの電気伝導性の少なくとも5倍であり、さらには10倍にさえなり得る。有利に、補助正極電流コレクタにより提供される追加的な電気伝導性により、

50

正極電流コレクタ層 48 の電流コレクタ重量全体および体積要件が低減され得る。加えて、正極電流コレクタ層がイオン透過性の電流コレクタ（本明細書の他の箇所より詳細に説明する）である場合、補助正極電流コレクタは、電極長さ L_{PE} に沿って電流の大部分を搬送し得、正極電流コレクタ層は、主に電極から電流を収集し、収集した電流を補助正極電流コレクタに提供するよう機能し得る。次にこれにより、イオン浸透性電流コレクタ層に要求される電子伝導性が低減され、より良好なセル性能のために、より低い電子伝導性およびより高いイオン伝導性を有するようにイオン浸透性層を設計することが可能となる。

【0052】

いくつかの実施形態では、補助正極電流コレクタは、電極に沿った特定場所における充放電反応をブロックするための手段を提供する。ここで図3を参照すると、補助電流コレクタ 48A および 48B は、この層のイオン伝導性が実質的にゼロとなりそれにより補助電流コレクタの直接的に下方にある電極上の充放電反応が抑制され得るよう、設計され得る。

10

【0053】

例えば1つの実施形態では、正極群の各要素 22 により含まれる正極電流導体層 48 は、係る正極電流コレクタを含む要素の長さ L_{PE} の少なくとも 50% である長さ L_{PC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極群の各要素 22 により含まれる正極電流導体層 48 は、係る正極電流コレクタを含む要素の長さ L_{PE} の少なくとも 60% である長さ L_{PC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極群の各要素 22 により含まれる正極電流導体層 48 は、係る正極電流コレクタを含む要素の長さ L_{PE} の少なくとも 70% である長さ L_{PC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極群の各要素 22 により含まれる正極電流導体層 48 は、係る正極電流コレクタを含む要素の長さ L_{PE} の少なくとも 80% である長さ L_{PC} を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極群の各要素 22 により含まれる正極電流導体層 48 は、係る正極電流コレクタを含む要素の長さ L_{PE} の少なくとも 90% である長さ L_{PC} を有する。前述の実施形態のそれぞれでは、補助正極電流コレクタ層 48A および 48B は、同一の、または相当な割合の部分（例えば正極電流コレクタ層 48 の長さ L_{PC} の少なくとも 60%、70%、または 80%、さらには 90% にさえなり得る）である長さ（長さ L_{PC} と同一方向に測定された）を独立的に有する。代替的に、前述の実施形態のそれぞれでは、補助正極電流コレクタ層 48A および 48B は、同一の、または相当な割合の部分（例えば正極電流コレクタ層 48 の長さ L_{PC} の少なくとも 40%、30%、または 20%、さらには 10% にさえなり得る）より小さい長さ（長さ L_{PC} と同一方向に測定された）を独立的に有する。正極群の要素 22 のそれぞれの長さ L_{PE} はエネルギー貯蔵装置およびその意図する使用に応じて変化し得るが、多数の実施形態では、長さ L_{PE} は約 5 mm ~ 約 500 mm の範囲内となるであろう。例えば1つの実施形態では、要素 21 のそれぞれに対する長さ L_{PE} は約 10 mm ~ 約 250 mm の範囲内となるであろう。さらなる例として1つの実施形態では、要素 21 のそれぞれに対する長さ L_{PE} は約 25 mm ~ 約 100 mm の範囲内となるであろう。

20

30

【0054】

ここで図3および図7を参照すると負極基幹部 51 は、正極（単数または複数）に対向する負極基幹部 51 の横方向表面上に配置された負極活物質層 49 に対して機械的安定性を提供する。通常、負極基幹部 51 は少なくとも 1 マイクロメートルの肉厚（負極の幅 W_{NE} と同一方向に測定された場合）を有するであろう。負極基幹部 51 は、大幅により大きい肉厚を有し得るが、通常は 100 マイクロメートルを越える肉厚を有することはないであろう。より大きい肉厚も可能であるが、エネルギー密度に悪影響を及ぼし得る。例えば1つの実施形態では、負極基幹部 51 は約 1 ~ 約 50 マイクロメートルの肉厚を有するであろう。一般に、負極基幹部 51 は少なくとも約 50 マイクロメートルの、さらに典型的には少なくとも約 100 マイクロメートルの高さ（負極の高さ H_{NE} と同一方向に測定された場合）を有するであろう。しかし一般に負極基幹部 51 は典型的には約 10, 00

40

50

0 マイクロメートルを超えない高さを、さらに典型的には約 5,000 マイクロメートルを超えない高さを有するであろう。一例として1つの実施形態では、負極基幹部 51 は約 5 ~ 約 50 マイクロメートルの肉厚と、約 50 ~ 約 5,000 マイクロメートルの高さと、を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極基幹部 51 は約 5 ~ 約 20 マイクロメートルの肉厚と、約 100 ~ 約 1,000 マイクロメートルの高さを有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極基幹部 51 は約 5 ~ 約 20 マイクロメートルの肉厚と、約 100 ~ 約 2,000 マイクロメートルの高さを有するであろう。

【0055】

用途に応じて、負極基幹部 51 は導電性または電気絶縁性を有し得る。例えば1つの実施形態では、負極基幹部 51 は導電性を有し、負極活物質層 49 に対する電流コレクタを含み得、またはさらには係る電流コレクタを構成さえし得る。1つの係る実施形態では負極基幹部は少なくとも約 10^3 ジーメンス/cm の伝導性を有する電流コレクタを含む。さらなる例として1つの係る実施形態では、負極基幹部は少なくとも約 10^4 ジーメンス/cm の伝導性を有する電流コレクタを含む。さらなる例として1つの係る実施形態では、負極基幹部は少なくとも約 10^5 ジーメンス/cm の伝導性を有する電流コレクタを含む。他の実施形態では負極基幹部 51 は比較的非伝導性である。例えば1つの実施形態では、負極基幹部 51 は 10 ジーメンス/cm 未満の電気伝導性を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極基幹部 51 は 1 ジーメンス/cm 未満の電気伝導性を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極基幹部 51 は 10^{-1} ジーメンス/cm 未満の電気伝導性を有する。

【0056】

負極基幹部 51 は、金属、半導体、有機物、セラミック、およびガラスなどの成形され得る任意の物質を含み得る。現在、好適には、物質は、シリコンおよびゲルマニウムなどの半導体物質を含む。しかし代替的に、炭素ベースの有機物質または金属（例えばアルミニウム、銅、ニッケル、コバルト、チタン、およびタンゲステン）も負極基幹部に組み込まれ得る。1つの代表的な実施形態では負極基幹部 51 はシリコンを含む。例えばシリコンは単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、またはこれらの組み合わせであり得る。

【0057】

負極基幹部 51 の横方向表面のそれぞれに接する負極活物質 49 の層は、少なくとも 1 マイクロメートルの肉厚（負極の幅 W_{NE} と同一方向に測定された場合）を有するであろう。しかし一般に負極活物質層 49 は通常、200 マイクロメートルを超えない肉厚（すなわち負極基幹部 51 と負極基幹部 51 の一方の側部に接する電流コレクタ層 47 との間の層の肉厚）を有するであろう。例えば1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 1 ~ 約 100 マイクロメートルの肉厚を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 2 ~ 約 75 マイクロメートルの肉厚を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 10 ~ 約 100 マイクロメートルの肉厚を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 5 ~ 約 50 マイクロメートルの肉厚を有するであろう。加えて負極基幹部 51 の横方向表面のそれぞれに接する負極活物質 49 の層は、少なくとも約 50 マイクロメートルの、さらに典型的には少なくとも約 100 マイクロメートルの高さ（図 5 に示す負極の高さ H_{NE} に対応する方向に測定された場合）を有するであろう。しかし一般に負極活物質層 49 は典型的には約 10,000 マイクロメートルを超えない高さを、さらに典型的には約 7,500 マイクロメートルを超えない高さを有するであろう。一例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 1 ~ 約 200 マイクロメートルの肉厚と、約 50 ~ 約 7,500 マイクロメートルの高さと、を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 1 ~ 約 50 マイクロメートルの肉厚と、約 100 ~ 約 1,000 マイクロメートルの高さを有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層 49 は約 5 ~ 約 20 マイクロメートルの肉厚と、約 100 ~ 約 1,000 マイクロメートルの高さを有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層

49は約10～約100マイクロメートルの肉厚と、約100～約1,000マイクロメートルの高さを有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49は約5～約50マイクロメートルの肉厚と、約100～約1,000マイクロメートルの高さを有するであろう。

【0058】

負極活物質層49は、リチウムイオン、ナトリウムイオン、カリウムイオン、カルシウムイオンまたはマグネシウムイオンなどのキャリアイオンを吸収および放出する能力を有する負極活物質を含み得る。係る物質は、黒鉛などの炭素物質および軟質炭素または硬質炭素、または、リチウムとの合金を形成する能力を有する多様な金属のうちの任意のもの、半金属、酸化物、および化合物を含む。アノード物質を構成する能力を有する金属または半金属の具体例としては、鉛、マグネシウム、アルミニウム、ホウ素、ガリウム、シリコン、インジウム、ジルコニウム、ゲルマニウム、ビスマス、カドミウム、アンチモン、銀、亜鉛、ヒ素、ハフニウム、イットリウム、およびパラジウムが挙げられる。1つの代表的な実施形態では負極活物質層49は、アルミニウム、スズ、もしくはシリコン、これらの酸化物、これらの窒化物、これらのフッ化物、またはこれらの他の合金を含む。他の代表的な実施形態では負極活物質層49はシリコンまたはシリコンの合金を含む。この段落で挙げた実施形態および事例のそれぞれでは、負極活物質層49は粒子凝集電極またはモノリシック電極であり得る。

10

【0059】

1つの実施形態では負極活物質層49は、リチウムイオン（または他のキャリアイオン）が充放電プロセスの間に負極活物質層49に対して吸収または放出される際の体積膨張および体積収縮に順応するために顕著な空隙体積率を提供するよう微細構造化される。一般に負極活物質層の空隙体積率は少なくとも0.1である。しかし典型的には、負極活物質層の空隙体積率は0.8を越えない。例えば1つの実施形態では、負極活物質層の空隙体積率は約0.15～約0.75である。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層の空隙体積率は約0.2～約0.7である。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層の空隙体積率は約0.25～約0.6である。

20

【0060】

微細構造化された負極活物質層の組成およびその形成方法に応じて、微細構造化された負極活物質層は、マクロ多孔性、ミクロ多孔性、もしくはメソ多孔性、またはこれらの組み合わせ（例えばミクロ多孔性およびメソ多孔性の組み合わせ、またはメソ多孔性およびマクロ多孔性の組み合わせ）の物質層を含み得る。ミクロ多孔性物質は通常、10nm未満の細孔寸法と、10nm未満の壁部寸法と、1～50マイクロメートルの細孔深さと、「スポンジ状」ならびに不規則的な外観、滑らかでない壁部、および枝分かかれた細孔により全般的に特徴付けられる細孔形態と、により特徴付けられる。メソ多孔性物質は通常、10～50nmの細孔寸法と、10～50nmの壁部寸法と、1～100マイクロメートルの細孔深さと、ある程度良好に画成された枝分かかれた細孔または樹木状の細孔により全般的に特徴付けられる細孔形態と、により特徴付けられる。マクロ多孔性物質は通常、50nmを越える細孔寸法と、50nmを越える壁部寸法と、1～500マイクロメートルの細孔深さと、変化に富んだ、直線状の、枝分かかれた、または樹木状の、および滑らかまたは粗い壁部により全般的に特徴付けられる細孔形態と、により特徴付けられる。加えて空隙体積は、開放型もしくは閉鎖型、またはこれらの組み合わせの空隙を含み得る。1つの実施形態では空隙体積は開放型空隙を含む。すなわち負極活物質層は負極活物質層の前面（すなわちセパレータおよび正極活物質層に対向する表面）において、開口部を有する空隙を含み、係る空隙を通過してリチウムイオン（または他のキャリアイオン）は、負極活物質層に入ること、または負極活物質層から出ることが可能である。例えばリチウムイオンは、正極活物質層を出た後、空隙開口部を通り、負極活物質層に進入し得る。他の実施形態では、空隙体積は閉鎖型空隙を含む。すなわち負極活物質層は負極活物質により閉塞された空隙を含む。一般に開放型空隙および閉鎖型空隙の両者はキャリアイオンの進入時に負極活物質層の拡張のための余地を提供するが、開放型空隙はより大きい境界

30

40

50

表面積をキャリアイオンに対して提供し、その一方で、閉鎖型空隙は固体電解質界面の影響を受けにくい傾向を有する。したがってある特定の実施形態では、負極活物質層が開放型空隙および閉鎖型空隙の組み合わせを含むことが好適である。

【0061】

1つの実施形態では負極活物質層49は、多孔性アルミニウム、スズ、もしくはシリコン、またはこれらの合金を含む。多孔性シリコン層は、例えば陽極酸化およびエッチング（例えば金、白金、銀、または金/パラジウムなどの貴金属を単結晶シリコンの（100）表面上に堆積し、当該表面をフッ化水素酸および過酸化水素の混合物でエッチングすること）により、またはパターン形成された化学エッチング（*patterned chemical etching*）などの当該技術分野で周知の他の方法により、形成され得る。加えて、多孔性負極活物質層は一般に、少なくとも約0.1であるが0.8を越えない多孔率と、約1~約100マイクロメートルの肉厚と、を有するであろう。例えば1つの実施形態では、負極活物質層49は多孔性シリコンを含み、約5~約100マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.75の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49は多孔性シリコンを含み、約10~約80マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.7の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49は多孔性シリコンを含み、約20~約50マイクロメートルの肉厚を有し、約0.25~約0.6の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49は多孔性シリコン合金（例えばニッケルシリサイドなど）を含み、約5~約100マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.75の多孔率を有する。

10

20

【0062】

他の実施形態では負極活物質層49はアルミニウム、スズ、もしくはシリコンの繊維またはこれらの合金を含む。個々の繊維は約5nm~約10,000nmの直径（肉厚寸法）と、負極活物質層49の肉厚に略対応する長さ、を有し得る。シリコンの繊維（ナノワイヤ）は例えば、化学気相成長、または気液固相（VLS）成長および固液固相（SLC）成長などの当該技術分野で周知の他の技法により、形成され得る。加えて負極活物質層49は一般に、少なくとも約0.1であるが0.8を越えない多孔率と、約1~約200マイクロメートルの肉厚と、を有するであろう。例えば1つの実施形態では、負極活物質層49はシリコンナノワイヤを含み、約5~約100マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.75の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49はシリコンナノワイヤを含み、約10~約80マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.7の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49はシリコンナノワイヤを含み、約20~約50マイクロメートルの肉厚を有し、約0.25~約0.6の多孔率を有する。さらなる例として1つの実施形態では、負極活物質層49はシリコン合金（例えばニッケルシリサイドなど）のナノワイヤを含み、約5~約100マイクロメートルの肉厚を有し、約0.15~約0.75の多孔率を有する。

30

【0063】

顕著な繊維と繊維の変動が存在し得るが、アルミニウム、スズ、またはシリコン（またはこれらの合金）のナノワイヤは、負極基幹部51に対して（負極活物質層に対するナノワイヤの取り付け地点において）主に垂直である主軸（時には中心軸とも呼称される）を有する。

40

【0064】

他の実施形態では負極活物質層49はシリコンのナノワイヤもしくはシリコンの合金、または多孔性シリコンもしくは多孔性シリコンの合金を含む。係る実施形態では、負極活物質層49は一般に、多孔性シリコンおよびシリコンナノワイヤに関して前述したように、少なくとも約0.1であるが0.8を越えない多孔率と、約1~約100マイクロメートルの肉厚と、を有するであろう。

【0065】

50

図3および図5を再び参照すると1つの実施形態では、負極電流コレクタ層47は、イオン伝導性および導電性の両方を有するイオン透過性の伝導性物質を含む。換言すると、負極電流コレクタ層は、電気化学的スタックにおいてイオン浸透性の導体層の一方の側部に接する直接的に隣接する活電極物質層と、負極電流コレクタ層の他方の側部に接する直接的に隣接するセパレータ層と、の間のキャリアイオンの移動を支援する、肉厚と、電気伝導性と、キャリアイオンに対するイオン伝導性と、を有する。相対的に、負極電流コレクタ層は、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、そのイオン伝導性よりも大きい電気伝導性を有する。例えば、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層の電気伝導性とイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は通常、それぞれ少なくとも1,000:1となるであろう。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層の電気伝導性とイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも5,000:1である。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層の電気伝導性とイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも10,000:1となるであろう。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層の電気伝導性とイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも50,000:1となるであろう。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層の電気伝導性とイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも100,000:1である。

10

20

【0066】

負極電流コレクタ層47がイオン伝導性および導電性の両方を有するイオン透過性の伝導性物質を含む実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき（例えば2次電池の充放電時など）、負極電流コレクタ層47は、隣接するセパレータ層のイオン伝導性に匹敵するイオン伝導性を有し得る。例えば1つの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーを貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されると、負極電流コレクタ層47はセパレータ層のイオン伝導性の少なくとも50%（すなわちそれぞれ0.5:1の比）であるイオン伝導性（キャリアイオンに対して）を有する。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）とセパレータ層のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は少なくとも1:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）のセパレータ層のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は少なくとも1.25:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）のセパレータ層のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は少なくとも1.5:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）のセパレータ層のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は少なくとも2:1である。

30

40

【0067】

50

1つの実施形態では負極電流コレクタ層47は負極活物質層の電気伝導性よりも大幅に大きい電気伝導性も有する。例えば1つの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47の電気伝導性の負極活物質層の電気伝導性との比は少なくとも1000:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47の電気伝導性の負極活物質層の電気伝導性との比は少なくとも5000:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47の電気伝導性の負極活物質層の電気伝導性との比は少なくとも10000:1である。さらなる例としていくつかの実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵されるとき、または負荷が印加されてデバイスが放電されるとき、負極電流コレクタ層47の電気伝導性の負極活物質層の電気伝導性との比は少なくとも10,000:1である。

【0068】

この実施形態における負極電流コレクタ層47の肉厚(すなわちセパレータと負極活物質層との間の最短距離。セパレータと負極活物質層との間に負極電流コレクタ層47が挟まれる)は当該層の組成と、電気化学的スタックに対する性能仕様と、に依存するであろう。一般に負極電流コレクタ層がイオン透過性の導体層である場合、負極電流コレクタ層は少なくとも約300オングストロームの肉厚を有するであろう。例えばいくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層は約300~800オングストロームの範囲の肉厚を有し得る。しかしさらに典型的には、負極電流コレクタ層は約0.1マイクロメートルを越える肉厚を有するであろう。一般にイオン透過性の導体層は、約100マイクロメートルを越えない肉厚を有するであろう。したがって例えば1つの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約0.1~約10マイクロメートルの範囲の肉厚を有するであろう。さらなる例としていくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約0.1~約5マイクロメートルの範囲の肉厚を有するであろう。さらなる例としていくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約0.5~約3マイクロメートルの範囲の肉厚を有するであろう。一般に、負極電流コレクタ層47の肉厚は略均一であることが好適である。例えば1つの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約25%未満の肉厚非均一性を有することが好適である。なお肉厚非均一性は、電流収集層の最大肉厚から電流収集層の最小肉厚を減算した値を平均電流収集層肉厚により除算した量として定義される。ある特定の実施形態では、肉厚変動はさらに小さい。例えばいくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約20%未満の肉厚非均一性を有する。さらなる例としていくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層47は約15%未満の肉厚非均一性を有する。いくつかの実施形態では、イオン透過性の導体層は約10%未満の肉厚非均一性を有する。

【0069】

1つの好適な実施形態では、負極電流コレクタ層47は、イオン透過性および電気伝導性に寄与する導電性成分およびイオン伝導性成分を含むイオン透過性の導体層である。典型的には導電性構成要素は、連続的な導電性物質(例えば連続的な金属または金属合金)を含むメッシュ表面もしくはパターン化された表面、薄膜、または複合材料の形態の連続的における導電性物質(例えば連続的な金属または金属合金など)を含むであろう。加えてイオン伝導性成分は通常、細孔(例えばメッシュの細隙、金属層を含むパターン化された金属間または金属合金間の空間、金属膜またはキャリアイオンに対する十分な拡散率を有する固体イオン伝導体における細孔)を含むであろう。ある特定の実施形態ではイオン透過性の導体層は、堆積された多孔性物質、イオン輸送物質、イオン反応物質、複合物質、または物理的に多孔性の物質を含む。例えば多孔性の場合、イオン透過性導体層は少な

10

20

30

40

50

くとも約 0.25 の空隙率を有し得る。しかし一般に、空隙率は通常約 0.95 を越えないであろう。さらに典型的には、イオン透過性導体層が多孔性である場合、空隙率は約 0.25 ~ 約 0.85 の範囲内であり得る。例えばいくつかの実施形態ではイオン透過性導体層が多孔性である場合、空隙率は約 0.35 ~ 約 0.65 の範囲内であり得る。

【0070】

負極活物質層とセパレータとの間に配置されるため、負極電流コレクタ層 47 は、電流を負極活物質層の表面を越えて負極電流コレクタから分散させることにより、より均一なキャリアイオン輸送を支援し得る。次に、これにより、キャリアイオンのより均一な挿入および抽出が支援され、サイクル中の負極活物質におけるストレスが低減されるであろう。負極電流コレクタ層 47 は電流を、セパレータに対向する負極活物質層の表面に分散させるので、キャリアイオンに対する負極活物質層の反応性は、キャリアイオン濃度が最大である場所において、最大となるであろう。

10

【0071】

補助負極電流コレクタ層 47A および 47B は、負極電流コレクタ層 47 との関連で前に特定した物質のいずれかを含み得る。補助負極電流コレクタ層 47A および 47B は負極活物質層と正極活物質層との間に配置されないため、補助負極電流コレクタ層 47A および 47B はキャリアイオンに対してイオン透過性を有する必要はない。したがって補助負極電流コレクタ層 47A および 47B は、例えば炭素、コバルト、クロム、銅、ニッケル、チタン、またはこれらの一つまたは複数の合金などの負極のための電流コレクタ物質として従来使用される任意の金属または導体を含み得る。加えて一つの実施形態では、補助負極電流コレクタ層 47A および 47B は独立的に、負極電流コレクタ層 47 の電気伝導性を越える電気伝導性を有する。例えば一つの実施形態では、補助負極電流コレクタ層 47A および 47B のうちの少なくとも一つは負極電流コレクタ層の電気伝導性の少なくとも 200% (例えば少なくとも 1000%) である電気伝導性を有する。

20

【0072】

代替の実施形態では、負極電流コレクタ層 47A および 47B のうちの一方または両方は負極群の各要素 21 から省略される。例えば一つの係る実施形態では、負極群の各要素 21 は負極電流コレクタ層 47 および補助負極電流コレクタ層 47A を含むが、補助負極電流コレクタ層 47B は含まない。さらなる例として一つの係る実施形態では、負極群の各要素 21 は負極電流コレクタ層 47 および補助負極電流コレクタ層 47B を含むが補助負極電流コレクタ層 47A は含まない。さらなる例として一つの係る実施形態では、負極群の各要素 21 は、負極電流コレクタ層 47 を含むが、補助負極電流コレクタ層 47A も補助負極電流コレクタ層 47B も含まない。

30

【0073】

代替の実施形態では、負極電流コレクタ層 47 および負極活物質層の位置は図 3 および図 6 に図示するそれぞれの位置に対して逆転される。換言するといくつかの実施形態では、負極電流コレクタ層 47 は負極基幹部 51 と負極活物質層 49 との間に配置される。係る実施形態では、負極電流コレクタ層は、例えば炭素、コバルト、クロム、銅、ニッケル、チタン、またはこれらの一つもしくは複数の合金などの負極のための電流コレクタとして従来使用される任意の金属または他の導体を含み得る。唯一の電流コレクタとして。加えて係る代替の実施形態では、補助負極電流コレクタ層 47A および 47B のうちの一方または両方が負極群の各要素 21 から省略され得、負極基幹部 51 が負極電流コレクタを構成する。

40

【0074】

再び図 2 および図 3 を参照すると、ミクロ多孔性セパレータ層 43 は負極群の各要素 21 と正極群の各要素 22 との間に配置される。ミクロ多孔性セパレータ層 43 は、例えばミクロ多孔性ポリエチレン、ポリプロピレン、TiO₂ ポリマー複合材料、SiO₂、Al₂O₃ などを含む、2 次電池セパレータとして従来使用される多孔性物質のうちのいずれかを含み得る (P. Arora and J. Zhang, "Battery Separators" Chemical Reviews 2004, 104, 4419 - 4462

50

)。係る物質は例えば、粒子状セパレータ物質の電気泳動堆積、粒子状セパレータ物質のスラリー堆積（スピンまたはスプレーコーティングを含む）、イオン伝導性粒子状セパレータ物質のスパッタコーティングにより、堆積され得る。ミクロ多孔性セパレータ層43は例えば、約5～100マイクロメートルの肉厚（負極群および正極群の隣接する要素を隔てる最短距離）と、約0.25～約0.75の空隙率と、を有し得る。

【0075】

動作時、ミクロ多孔性セパレータ層43は好適には、非水電解質2次電池に対して従来使用される任意の非水電解質を含む非水電解質で浸透される。典型的には、非水電解質は有機溶媒中に溶解されたりチウム塩を含む。代表的なリチウム塩は、 LiClO_4 、 LiBF_4 、 LiPF_6 、 LiAsF_6 、 LiCl 、および LiBr などの無機リチウム塩と、 $\text{LiB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2$ 、 $\text{LiN}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{CF}_3$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{CF}_5$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_4\text{F}_9$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_5\text{F}_{11}$ 、 $\text{LiNSO}_2\text{C}_6\text{F}_{13}$ 、および $\text{LiNSO}_2\text{C}_7\text{F}_{15}$ などの有機リチウム塩と、を含む。リチウム塩を溶解するための代表的な有機溶媒としては環状エステル、鎖状エステル、環状エーテル、および鎖状エーテルが挙げられる。環状エステルの具体例としてはプロピレンカルボナート、ブチレンカルボナート、 γ -ブチロラクトン、ピニレンカルボナート、2-メチル- γ -ブチロラクトン、アセチル- γ -ブチロラクトン、および γ -バレロラクトンが挙げられる。鎖状エステルの具体例としてはジメチルカルボナート、ジエチルカルボナート、ジブチルカルボナート、ジプロピルカルボナート、メチルエチルカルボナート、メチルブチルカルボナート、メチルプロピルカルボナート、エチルブチルカルボナート、エチルプロピルカルボナート、ブチルプロピルカルボナート、アルキルプロピオナート、ジアルキルマロナート、およびアルキルアセテートが挙げられる。環状エーテルの具体例としてはテトラヒドロフラン、アルキルテトラヒドロフラン、ジアルキルテトラヒドロフラン、アルコキシテトラヒドロフラン、ジアルコキシテトラヒドロフラン、1,3-ジオキソラン、アルキル-1,3-ジオキソラン、および1,4-ジオキソランが挙げられる。鎖状エーテルの具体例としては1,2-ジメトキシエタン、1,2-ジエトキシタン、ジエチルエーテル、エチレングリコールジアルキルエーテル、ジエチレングリコールジアルキルエーテル、トリエチレングリコールジアルキルエーテル、およびテトラエチレングリコールジアルキルエーテルが挙げられる。

【0076】

ここで図3および図7を参照すると、正極基幹部52は、負極（単数または複数）に対向する正極基幹部52の横方向表面上に配置された正極活物質層50と、正極電流コレクタ層48と、に対して機械的安定性を提供する。典型的には、正極基幹部52は少なくとも1マイクロメートルの肉厚（正極の幅 W_{PE} と同一方向に測定された場合）を有するであろう。正極基幹部52は、大幅により大きい肉厚を有し得るが、通常は100マイクロメートルを越える肉厚を有することはないであろう。例えば1つの実施形態では、正極基幹部52は約1～約50マイクロメートルの肉厚を有するであろう。一般に、正極基幹部52は少なくとも約50マイクロメートルの、さらに典型的には少なくとも約100マイクロメートルの高さ H_{PE} （負極の高さ H_{NE} と同一方向に測定された場合）を有するであろう。しかし一般に、正極基幹部52は典型的には約10,000マイクロメートルを越えない高さを、さらに典型的には約5,000マイクロメートルを越えない高さを、有するであろう。例として1つの実施形態では、正極基幹部52は約5～約50マイクロメートルの肉厚と、約50～約5,000マイクロメートルの高さと、を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、正極基幹部52は約5～約20マイクロメートルの肉厚と、約100～約1,000マイクロメートルの高さと、を有するであろう。さらなる例として1つの実施形態では、正極基幹部52は約5～約20マイクロメートルの肉厚と、約100～約2,000マイクロメートルの高さと、を有するであろう。

【0077】

用途に応じて、正極基幹部52は導電性または電気絶縁性を有し得る。例えば1つの実施形態では、正極基幹部52は導電性を有し、正極活物質層50に対する電流コレクタを

10

20

30

40

50

含み得る。1つの係る実施形態では正極基幹部は少なくとも約 10^3 ジーメンス/cmの伝導性を有する電流コレクタを含む。さらなる例として1つの係る実施形態では、正極基幹部は少なくとも約 10^4 ジーメンス/cmの伝導性を有する電流コレクタを含む。さらなる例として1つの係る実施形態では、正極基幹部は少なくとも約 10^5 ジーメンス/cmの伝導性を有する電流コレクタを含む。他の実施形態では正極基幹部アノード基幹部52は比較的非伝導性である。例えば1つの実施形態では、正極基幹部52は 10 ジーメンス/cm未満の電気伝導性を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極基幹部52は 1 ジーメンス/cm未満の電気伝導性を有する。さらなる例として1つの実施形態では、正極基幹部52は 10^{-1} ジーメンス/cm未満の電気伝導性を有する。

【0078】

正極基幹部52は金属、半導体、有機物、セラミック、およびガラスなどの成形され得る任意の物質を含み得る。現在、好適には、物質は、シリコンおよびゲルマニウムなどの半導体物質を含む。しかし代替的には、炭素ベースの有機物質または金属（例えばアルミニウム、銅、ニッケル、コバルト、チタン、およびタンゲステンなど）も正極基幹部に組み込まれ得る。1つの代表的な実施形態では正極基幹部52はシリコンを含む。例えばシリコンは単結晶シリコン、多結晶シリコン、非晶質シリコン、またはこれらの組み合わせであり得る。

【0079】

正極活物質層50は、カソード活物質の混合物を含む、多様なカソード活物質のいずれかを含み得る。例えばリチウムイオン電池に対して、正極活物質層50は、遷移金属酸化物、遷移金属硫化物、遷移金属窒化物、リチウム-遷移金属酸化物、リチウム-遷移金属硫化物、およびリチウム-遷移金属窒化物から選択されるカソード物質を含み得る。これらの遷移金属酸化物、遷移金属硫化物、および遷移金属窒化物の遷移金属元素は、d殻またはf殻を有する金属元素を含み得る。係る金属元素の具体例としてはSc、Y、ランタノイド、アクチノイド、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Mn、Tc、Re、Fe、Ru、Os、Co、Rh、Ir、Ni、Pb、Pt、Cu、Ag、およびAuが挙げられる。追加的なカソード活物質としては $LiCoO_2$ 、 $LiNi_{0.5}Mn_{1.5}O_4$ 、 $Li(Ni_xCo_yAl_2)O_2$ 、 $LiFePO_4$ 、 Li_2MnO_4 、 V_2O_5 、モリブデンオキシ硫化物、およびこれらの組み合わせが挙げられる。正極活物質層を、例えば電気泳動堆積、電気溶着、共析出、またはスラリー堆積を含む一定範囲の技法のいずれかにより、堆積させ、正極構造体が形成され得る。1つの代表的な実施形態では、粒子形態における前述の正極活物質のうちの1つ、またはこれらの組み合わせは、電気泳動により堆積される。他の代表的な実施形態では、 V_2O_5 などの正極活物質が電着される。他の代表的な実施形態では、前述の正極活物質のうちの1つ、またはこれらの組み合わせは、粒子形態で、ポリアニリンなどの導電性マトリックスにおいて共堆積される。他の代表的な実施形態では、粒子形態における前述の正極活物質のうちの1つ、またはこれらの組み合わせは、スラリー堆積される。

【0080】

正極群の各要素22は正極電流コレクタ層48をさらに含み、この正極電流コレクタ層48は図3に図示する実施形態では、正極基幹部52上に覆い被さる（すなわち正極基幹部52と正極活物質層50との間に配置される）。正極電流コレクタ48は、負極電流コレクタに対して前に特定した金属のいずれかを含み得る。例えば1つの実施形態では、正極電流コレクタ48は、アルミニウム、炭素、クロム、金、ニッケル、NiP、パラジウム、白金、ロジウム、ルテニウム、シリコンおよびニッケルの合金、チタン、またはこれらの組み合わせを含む（A.H.WhiteheadおよびM.Schreiberによる“Current collectors for positive electrodes of lithium-based batteries”, Journal of the Electrochemical Society, 152(11) A2105-A2113 (2005)参照）。さらなる例として1つの実施形態では、正極電流コレクタ48は金、または金の合金（例えば金シリサイドなど）を含む。さらなる例として

10

20

30

40

50

1つの実施形態では、正極電流コレクタ48はニッケル、またはニッケルの合金（例えばニッケルシリサイドなど）を含む。

【0081】

補助負極電流コレクタ層48Aおよび48Bは、正極電流コレクタ層48との関連で前に特定した物質のいずれかを含み得る。加えて1つの実施形態では、補助正極電流コレクタ層48Aおよび48Bのうちの少なくとも1つは、正極電流コレクタ層48の電気伝導性を越える電気伝導性を有する。例えば1つの実施形態では、補助正極電流コレクタ層48Aおよび48Bのうちの少なくとも1つは、正極電流コレクタ層の電気伝導性の少なくとも200~1,000%である電気伝導性を有する。

【0082】

代替の実施形態では、正極電流コレクタ層48Aおよび48Bのうち的一方または両方は正極群の各要素22から省略される。例えば1つの係る実施形態では、正極群の各要素22は正極電流コレクタ層48および補助正極電流コレクタ層48Aを含むが、補助正極電流コレクタ層48Bは含まない。さらなる例として1つの係る実施形態では、正極群の各要素22は正極電流コレクタ層48および補助正極電流コレクタ層48Bを含むが、補助正極電流コレクタ層48Aは含まない。さらなる例として1つの係る実施形態では、正極群の各要素22は正極電流コレクタ層48を含むが、補助正極電流コレクタ層48Aも補助正極電流コレクタ層48Bも含まない。

【0083】

代替の実施形態では、正極電流コレクタ層および正極活物質層の位置は図3および図6に図示するそれぞれの位置に対して逆転される。換言するといくつかの実施形態では、正極電流コレクタ層はセパレータ層と正極活物質層との間に配置される。係る実施形態では、直接的に隣接する正極活物質層に対する正極電流コレクタは、負極電流コレクタ層に関連して説明した組成および構造を有するイオン透過性導体を含む。すなわち正極電流コレクタ層は、イオン伝導性および導電性の両方を有するイオン透過性の伝導性物質の層を含む。この実施形態では、正極電流コレクタ層は、電気化学的スタックにおいて正極電流コレクタ層の一方の側部に接する直接的に隣接する正極活物質層と、正極電流コレクタ層の他方の側部に接する直接的に隣接するセパレータ層と、の間のキャリアイオンの移動を支援する、肉厚と、電気伝導性と、キャリアイオンに対するイオン伝導性と、を有する。相対的に、この実施形態では、正極電流コレクタ層は、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、そのイオン伝導性よりも大きい電気伝導性を有する。例えば、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、正極電流コレクタ層の電気伝導性のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は通常、それぞれ少なくとも1,000:1となるであろう。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、正極電流コレクタ層の電気伝導性のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも5,000:1である。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、正極電流コレクタ層の電気伝導性のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも10,000:1である。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、正極電流コレクタ層の電気伝導性のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも50,000:1である。さらなる例として1つの係る実施形態では、電流が印加されてデバイスにエネルギーが貯蔵される時、または負荷が印加されてデバイスが放電される時、正極電流コレクタ層の電気伝導性のイオン伝導性（キャリアイオンに対する）との比は、それぞれ少なくとも100,000:1である。

【0084】

再び図2および図4を参照すると、負極バス23および正極バス24は、広範な導電性

10

20

30

40

50

物質からなり得る。例えば負極バス 2 3 および正極バス 2 4 は、負極群および正極群の要素をそれぞれ負極導電性経路 2 5 および正極導電性経路 2 6 に電氣的に接続するために、導電性セラミック、ガラス、ポリマー、半導体、または金属を独立的に含み得る。さらなる例として 1 つの実施形態では、負極バス 2 3 および正極バス 2 4 のそれぞれは、シリコン、炭素、炭素複合材、金属シリサイドなどの導電性物質を独立的に含む。正極バスのための代表的な物質としては、アルミニウム、炭素、クロム、金、ニッケル、NiP、パラジウム、白金、ロジウム、ルテニウム、シリコンならびにニッケルの合金、チタン、これらのうちの 1 つまたは複数の合金、およびこれらの組み合わせが挙げられる。負極バスのための代表的な物質としては、銅、ニッケル、クロム、チタン、タングステン、コバルト、炭素、これらのうちの 1 つまたは複数の合金、およびこれらの組み合わせが挙げられる。正極バスおよび負極バスのための物質は、蒸着、スパッタリング、無電解メッキ、浸漬メッキ、電気メッキなどの、一定範囲の周知の金属堆積処理のいずれかにより、堆積され得る。ある特定の実施形態では、正極バスおよび負極バスの伝導性部分は同一物質を含み得る。他の実施形態では、正極バスおよび負極バスの伝導性部分は組成的に異なる物質を含み得る。ある特定の実施形態では、正極バスおよび/または負極バスは、伝導性物質殻により部分的にまたは完全に覆われた非伝導性コア部を含む。加えて、正極バスおよび負極バスが伝導性物質殻により部分的にまたは完全に覆われた非伝導性コア部を含む係る実施形態では、正極バスおよび負極バスの非伝導性コア部は、伝導性殻が組成的に異なる一方で、同一組成を有し得る。

10

【0085】

20

負極タブ 4 1 および負極タブ伸張部分 2 5 と、正極タブ 4 2 および正極タブ伸張部分 4 2 と、は広範な導電性物質のいずれかを含み得る。例えば 1 つの実施形態では、負極タブ 4 1、負極タブ伸張部分 2 5、正極タブ 4 2、および正極タブ伸張部分 4 2 は、シリコン、炭素、炭素複合材、金属シリサイドなどの導電性物質を独立的に含む。正極タブおよび正極タブ伸張部分のための代表的な物質としては、正極バスに対して特定されたものと同じの物質が挙げられ、負極タブおよび負極タブ伸張部分のための代表的な物質としては、負極バスに対して特定されたものと同じの物質が挙げられる。

【0086】

多様な技法により、負極タブ 4 1 および負極タブ伸張部分 2 5 は負極バス 2 3 に取り付けられ得、正極タブ 4 2 および正極タブ伸張部分 2 6 は正極バス 2 4 に取り付けられ得る。タブ、タブ伸張部分、およびバスの取り付け方法は、接着、はんだ付け、接合、焼結、圧着接続、ブレージング、溶射接合、圧締め、またはこれらの組み合わせを含み得る。接着は、伝導性エポキシ、伝導性エラストマー、伝導性金属で充填された絶縁性有機接着剤（例えばニッケルで充填されたエポキシ、炭素で充填されたエポキシ、その他）の混合物などの伝導性物質を用いて物質を接合することを含み得る。伝導性ペーストが、物質と一緒に接合するために使用され得、接合強度は、温度（焼結）、光（UV 硬化、架橋）、化学硬化（触媒ベースの架橋）により調節され得る。接合処理はワイヤ接合、リボン接合、超音波接合を含み得る。溶射処理は超音波溶射、抵抗溶射、レーザービーム溶射、電子ビーム溶射、誘導溶射、および冷間溶射を含み得る。これらの物質を接合することとは、物質と一緒に接合するために、熱溶射コーティング（例えばプラズマ溶射、フレイム溶射、アーク溶射）などのコーティング処理を使用して実行され得る。例としてニッケルまたは銅メッシュが、接着剤としてニッケルの溶射を使用してニッケルバス上に接合され得る。

30

40

【0087】

図 2 および図 3 を再び参照して、負極基幹部 5 1 および正極基幹部 5 2 は、3 次元構造体を製作するための当該技術分野で周知の任意の方法で製作され得る。例えば正極（カソード）のためのシリコン基幹部、および負極（アノード）のためのシリコン基幹部は、一時的、永久多的、または半永久的接合により基部に接合されたウェーハを使用することにより同時に製造され得る。基部をウェーハに接合する非網羅的な方法としては、無機接着剤または有機接着剤を使用する接着、アノード酸化接合、圧着、熱接合など挙げられる。シリコン・オン・インシュレータ・ウェーハ、アノードガラス接合されたウェーハ、一時

50

的キャリアが取り付けられたウェーハが、活基板上に接合された基部の例である。次いでウェーハはパターン形成され、シリコンは、不要な部分において除去され、それにより、電極のための基幹部として機能し得る構造体が残される。いくつかの実施形態では基幹部は、レーザ加工、放電加工、高精度加工、アブレーション、および穿孔により、不要なエリアにおいて平坦な基板から物質を除去することにより、消極的な様式で製造され得る。他の実施形態では、各基幹部は、焼結、マイクロ形成、電鍍法、その他を用いてまたは用いることなく、3D印刷、ステンシル印刷および積層化、グラビア印刷、射出成形、プレス成形および焼結、ゲルキャストおよび焼結、スラリーキャスト、テープキャストなどの方法を使用して層を構築することにより、個別的にまたは別個に、積極的な様式で作られ得る。基幹部を作るために使用され得る他の代表的プロセスは、マスクを通してのスパッタリング、蒸着などの真空ベースの堆積処理を使用して、支柱、棒状体、波形、その他を成長することを含み得る。さらなる代表的な製造方法は、パターン形成された基部材料上でのナノワイヤ成長またはナノ構造成長の使用を含む。

【0088】

図2および図3を再び参照して、負極電流コレクタ47および正極電流コレクタ48は、電気溶着、無電解堆積、浸漬堆積、物理気相成長、化学気相成長などの処理により製作され得る。正極（カソード）および負極（アノード）電流コレクタは、周知のパターン形成および金属堆積の技法を使用して、同時に堆積されてもよく、または逐次的に製作されてもよい。

【0089】

補助負極電流コレクタ層47Aおよび47Bおよび/または補助正極電流コレクタ層48Aおよび48Bは、ある特定の実施形態において改善された速度特性（rate performance）を提供し得る。補助正極電流コレクタおよび/または負極電流コレクタは、正極電流コレクタおよび負極電流コレクタの形成に関連して説明したものと同等の方法を使用して、電極構造体上に形成され得る。マスキングおよびパターン形成の周知の方法が、補助電流コレクタを所望の部分に選択的に堆積するために、基幹部を準備するために使用され得る。いくつかの事例では、電流コレクタの堆積は、イオン透過性電流収集方式を提供するために、活電極が堆積された後に行われるであろう。

【0090】

図3を参照すると、負極物質層49は、電気溶着、電気泳動堆積、蒸着、蒸気-液体-固体堆積などの触媒ベースの成長、ゲルキャスト、テープキャスト、パターン形成およびスラリー堆積の後に、焼結、結合などの方法による高密度化などの方法を使用して、形成または別様に組み立てられ得る。いくつかの実施形態では、負極物質層および負極基幹部は、シリコン、アルミニウム、およびスズなどの同一物質を含み得、負極物質層および負極基幹部は同時に製作され得る。同様に正極物質層50も、電気溶着、電気泳動堆積、蒸着、蒸気-液体-固体堆積などの触媒ベースの成長、ゲルキャスト、テープキャスト、パターン形成およびスラリー堆積の後に、焼結、結合などの方法による高密度化などの方法を使用して、組み立てられ得る。

【0091】

依然として図3を参照して、ミクロ多孔性セパレータ層43は多様な従来の方法のいずれかにより形成され得る。代表的な方法としては、電気泳動堆積、蒸着、浸漬コーティング、ゲルキャスト、テープキャスト、パターン形成およびスラリー堆積の後に、圧縮、焼結、結合、硬化などの方法による高密度化が挙げられる。

【0092】

ここで図11を参照すると1つの実施形態では、本発明に係る3次元電池70は、電池筐体72、電極スタック74、電極スタック74を外部のエネルギー供給または消費者（図示せず）に電氣的に接続するための負極タブ41、および正極タブ42を含む。電極スタック74は、各電極構造体20内で互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して垂直な方向に積まれた6つの電極構造体20（図2参照）を含む。再び図2を参照すると、この実施形態における6つの電極構造体の積む方向は、図2に図示するX-Y-Z座

10

20

30

40

50

標系に対する「Z」方向であり、方向Dに対して垂直である。電極スタック74内の電極構造体の個数は決定的ではなく、例えば1～50の範囲内であり得る。2個～20個の電極構造体が通常、電極スタック内に存在する。電池筐体を非水電解質で充填した後、電池筐体72は、蓋部72Aをヒンジ72Bにおいて折り曲げて蓋部72Aを上方表面72Cに接着することにより、密閉され得る。

【0093】

有利に、負極タブ伸張部分25は、スタック74内の各電極構造体20の負極バス23に電氣的に接続され（例えば導電性接着剤を使用して）、正極バス26は、スタック74内の各電極構造体20の正極バス24に電氣的に接続される（例えば導電性接着剤を使用して）。図示のように、負極タブ伸張部分25は6つの電極構造体20の負極バス23に電氣的に接続され、正極タブ伸張部分26は正極バス24に電氣的に接続される。他の実施形態では、負極タブ伸張部分25および正極タブ伸張部分26は、電極スタック74内のより少数のまたはより多数の負極タブ伸張部分および正極タブ伸張部分に接続され得、例えば1～50個の範囲であり得、通常は2～20個であり得る。1つの代替の実施形態では、スタック内の電極構造体の個数に対して独立的に、スタック74は、2つ以上の負極タブ伸張部分25と、2つ以上の正極タブ伸張部分26と、を含み得る。

10

【0094】

タブ41は例えば導電性接着剤を使用して負極タブ伸張部分25に電氣的に接続され得、タブ42は例えば導電性接着剤を使用して正極タブ伸張部分26に電氣的に接続され得る。代替的にタブ41および42は、それぞれ負極タブ伸張部分25および正極タブ伸張部分26の折り曲げられた端部であり得る。

20

【0095】

ここで図12を参照すると、電池筐体72は非水電解質（図示せず）で充填され、蓋部72Aは上方表面（図11参照）上に折り曲げられ、上方表面に密閉され、それにより電極スタック74が封入される。エネルギー供給または消費者（図示せず）に対する接続を可能にするために、タブ41および42は、密閉された筐体から、電極スタック74内の個々の電極構造体20のスタックの方向に対して垂直であり且つ電極スタック74内の各電極構造体20内の互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して平行な方向に延長する。

【0096】

ある特定の実施形態では、電池筐体は、互いに対して垂直に、水平または垂直に、水平にスタックされた、2つ以上の電極構造体（ダイと呼称されることもある）を含み得、タブ伸張部分は、電池外部の環境に対する電気接続を提供するために、電極のそれぞれに対して接続される。ダイが垂直にスタックされる場合、異なる電極構造体（または負極バス、いずれにせよ存在するバス）における負極群の底部は、互いに対して垂直に配置され、異なる電極構造体（または正極バス、いずれにせよ存在するバス）における正極群の底部は、互いに対して垂直に配置される。ある特定の実施形態では、スタック内の各電極構造体は、図2に図示するようにセパレータ物質の上部および底部コーティングを有する。しかし他の実施形態では、セパレータ物質の上部、底部または上部、および底部コーティングは省略され得、自立型のセパレータ層が、電氣的絶縁を提供するために、電極構造体（ダイ）間に挿入され得る。市販の電池セパレータが所望のサイズに切断され、この目的のために使用され得る。ダイがスタックされると、いくつかの実施形態では、電極構造体内の正極群および負極群のタブ伸張部分（単数または複数）は、接着、プラズマ溶射、溶接、その他により、電極バス（存在する場合）の端部に、またはそれぞれの群の電極端部に、電氣的に接続される。意図される用途に応じて、各タブ伸張部分は電極スタック内の個々の電極構造体（ダイ）に接続され得る。代替的に、単一のタブ伸張部分がスタック内の2つ以上の電極構造体（ダイ）に電氣的に接続され得る。1つの係る実施形態では、タブ伸張部分は、スタックの高さ（例えば図11における26）にわたって延長し、スタック内の全電極構造体（ダイ）に対して電氣的に接続する。

30

40

【0097】

50

ここで図 13 ~ 図 15 を参照すると、タブ 41 および 42 に対する代替の構成が図示される。図 13 では、タブ 41 および 42 は、それぞれ負極タブ伸張部分 25 および正極タブ伸張部分 26 の折り曲げられた端部であり、45 度の角度で折り曲げられる。この実施形態では、タブ 41 および 42 は、密閉された筐体から、電極スタック 74 内の個々の電極構造体 20 のスタックの方向に対して垂直であり且つ電極スタック 74 内の各電極構造体 20 内の互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して平行な方向に延長する。図 14 では、負極タブ伸張部分 25 および正極タブ伸張部分 26 は、電極構造体のスタックの上部上に折り曲げられ、タブ 41 および 42 は負極タブ伸張部分 25 の 1 つの端部から、および正極タブ伸張部分 26 の 1 つの端部から延長する。この実施形態では、タブ 41 および 42 は、密閉された筐体から、電極スタック 74 内の個々の電極構造体 20 のスタックの方向に対して垂直であり且つ電極スタック 74 内の各電極構造体 20 内の互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して平行な方向に延長する。図 15 では、タブ 41 および 42 は、負極タブ伸張部分 25 の端部のうちの 1 つおよび正極タブ伸張部分 26 の端部のうちの 1 つには配置されず、むしろ 2 つの端部の中間点から延長する。この実施形態では、タブ 41 および 42 は、密閉された筐体から、電極スタック 74 内の個々の電極構造体 20 のスタックの方向に対して垂直であり且つ電極スタック 74 内の各電極構造体 20 内の互いに入り込んだ電極のシリーズの進行方向に対して垂直な方向に延長する。

【0098】

ダイを積み上げて垂直にスタックすることに代わり、1 つの実施形態ではダイは、X 平面において隣同士に並べられ得る。並べることは、1 つの軸に沿ってのみ（例えば X 軸のみ）、または両方の軸に沿って、生じ得る。1 つの係る実施形態では、各ダイ上の電極バスの極性は、1 つのダイからのカソードバスが次のダイからのカソードバスに隣接し、1 つのダイのアノードバスが次のダイのアノードバスに隣接するよう、交替して反転される。このようにして、共通のタブが、2 つの隣接するダイに接続するために使用され得、これにより重量および体積が節約されることとなる。XY 平面において並べる際、複数のアノードタブおよび/またはカソードタブが、一緒に接続されて、単一のアノード接点および単一のカソード接点を形成することが必要となり得る。これは、電池筐体内部で、または電池筐体外部で、達成され得る。ある特定の実施形態では、複数のアノードタブおよび/または複数のカソードタブは、未接続状態に保持され、電池筐体から出てき得る。代替的に、単一のアノードおよびカソード接点が、電池筐体から引き出され得る。この実施形態では、カソードタブは最初、T 字構成で成形される。T の上部は 2 つの隣接するカソードバスに接続される。T の底部は 90 度で折り曲げられ、並べられたダイの底部に沿って延長する。複数のカソードタブの底部分は、並べられたダイの底部に沿って、重ねられる。次に、これらの複数のタブは、抵抗溶接、レーザ溶接、スポット溶接により一緒に接続されてもよく、または伝導性接着剤を用いて接続されてもよい。次に、これらのカソードタブのうちのただ 1 つが、電池筐体の外部に引き出される。同様に、複数のアノードタブは最初、T 字構成で成形される。T の上部は 2 つの隣接するアノードバスに接続される。T の底部は 90 度で折り曲げられ、並べられたダイの底部に沿って延長する。複数のアノードタブの底部分は、傾斜されたダイの底部に沿って、重ねられる。次に、これらの複数のタブは、抵抗溶接、レーザ溶接、スポット溶接により一緒に接続されてもよく、または伝導性接着剤を用いて接続されてもよい。次に、これらのアノードタブのうちのただ 1 つが、電池筐体の外部に引き出される。XY 平面において並べることは、Z 平面においてダイを積むことと組み合わせられ得る。このようにして、それぞれの個々のダイよりも遥かに大きい電池が製造され得る。

【0099】

携帯電話およびコンピュータなどの携帯型電子機器のためのリチウムイオン電池に対して、例えばポーチまたは他の従来の電池筐体が、電池筐体 72 に対して代用され得る。

【0100】

図 7 および図 8 に図示する長方形の断面形状に代わって、負極群および正極群の要素は、多様な代替の断面プロファイルを独立的に有し得る。負極群および正極群の例えば要素

21および要素22は、多角形の断面形状（例えば三角形、四辺形、五角形、または六角形の断面）もしくは滑らかに湾曲した断面（例えば楕円形または円形）またはこれらの組み合わせを有し得る。したがって一般に、負極群および正極群の要素は、一定範囲の多面体、円錐形、または円筒形（例えば長円状円筒、放物線状円筒形、または双曲線状円筒形）の形状を独立的に有し得る。図18A～図18Eはいくつかの係る代替の断面形状を図示する。

【実施例】

【0101】

以下の非限定的な実施例は、本発明をさらに示すために提供されるものである。

【0102】

実施例1:3D単一セルの製作

構造体の作製

200 μm / 3 μm / 675 μmの層肉厚（デバイス層 / 絶縁層 / バッキング層）を有するシリコン・オン・インシュレータ（SOI）ウェーハが試料として使用された。1000 のPdがデバイス層の上部にスパッタ堆積され、その後、2000 のシリコンジオキシドの硬質マスク層が堆積された。

【0103】

次に、このウェーハは、5 μmのレジストでスピコートされ、マスクを用いてパターン形成され、それにより、2つの互いに入り込んだ が互いから分離され、それぞれが電気接点を作るのに好適なランディングパッドで終端する状態の、 形状の構造体が獲得された。次にこのパターンにおけるフォトレジストは、イオンミリングによりシリコンジオキシドおよびパラジウムを除去するためのフォトマスクとして使用された。

【0104】

シリコンジオキシド、フォトレジスト、およびPdの組み合わせが、フッ化物プラズマにおける深堀り反応性イオンエッチング（DRIE）を使用してシリコンを除去するためのマスクとして使用された。DRIEは、マスク間隙におけるデバイス層を構成するシリコンが完全に除去され、オキシド層上で停止するまで、実行された。使用されたオーバーエッチング時間は、トレンチフロアのシリコンのアイランドを除去するためにDRIE時間全体の10%であった。あらゆる上部フォトレジストが、アセトンにおいてストリップすることにより除去され、それによりDRIEにより互いから電氣的に絶縁された2つの が残された。

【0105】

引き続き、上部マスクングオキシド層が、希釈（5：1）緩衝酸化物エッチング（BOE）溶液中で試料を1分間浸漬することにより、除去された。なお溶解時間は、トレンチの底部における絶縁オキシド層がエッチングで完全に除去されないよう、調節された。

【0106】

分離されたアノード およびカソード を有する 構造体は、電流コレクタおよび電極の製作のための基部構造として基部構造体として使用された。

【0107】

2. アノード電流コレクタおよびアノード電極の製作

分離されたペアの 状構造体（以後、アノード基幹部 と呼称する）がパラジウム導体を通して電氣的に接続され、銅メッキ槽内で浸漬された。銅メッキ槽条件は、堆積が、パラジウムおよびシリコン層の両方の上で生じて 構造体が構成され、それによりアノード電流コレクタとして機能するCu層が形成されるよう、調節された。

【0108】

他の 構造体（ここではカソード基幹部 と呼称される）が引き続き電気泳動レジスト槽内に浸漬された。市販の電気泳動レジスト槽が使用され（Shipley EAGLE）、 は、Pd導体を使用して50Vで120秒間にわたり電気泳動により堆積され、それによりレジストコーティングが形成された。ダイは120 で30分間にわたり焼成され、それによりレジストが硬化された。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 9 】

次に、シリコン試料が蒸着チャンバ内に挿入され、20 の Au が試料表面上に堆積された。この Au 堆積プロセスにより、ハニカム状構造の上部、その側壁部、および底部オキサイド層上に、Au が生成された。カソード基幹部 上に存在するフォトレジストにより、Au はアノード基幹部 構造体上の銅のみと接触した。シリコンバッキング層はこの時、接着テープマスクにより保護され、試料は15分にわたりアセトン内で浸漬され、それにより、電気泳動レジストと、電気泳動レジストの上部上に蒸着された Au と、が除去された。これにより、Au ナノクラスタはアノード基幹部 のみに対して分離された。

【 0 1 1 0 】

次に、シリコンナノワイヤが、化学気相成長 (CVD) によりアノード基幹部 構造体 10 の上部上に成長された。試料はCVDチャンバ内に挿入され、550 に加熱された。シランガスがチャンバ内に導入され、反応器圧力は10トールに保持された。堆積速度は毎時4 μmであった。堆積は、20 μmの目的ナノワイヤ肉厚までなされた。アノード基幹部 の上部上のこれらのナノワイヤは、リチウムイオン電池に対するアノードとして機能した。

【 0 1 1 1 】

3 . カソード電流コレクタおよびカソード電極の製作

次に、カソード基幹部 はパラジウム導体を通して電氣的に接続され、金をパラジウムおよびシリコン層上にメッキし、それにより 構造体が構成されるよう、金電気メッキ槽内で浸漬された。カソード基幹部 を包囲するこの Au 層はカソード電流コレクタとして 20 機能した。

【 0 1 1 2 】

カソード基幹部 はリチウムイオン電池のカソード物質で電気泳動により堆積された。電気泳動堆積溶液はアセトンの溶液中にカソード物質 (LiCoO₂)、15重量%のカーボンプラック、150 ppmのヨウ素を含んだ。溶液混合物は、粒子を均一に分散させるために、終夜攪拌された。Pd接点パッドがカソード堆積のための電気接続部のための端子として使用された。Pt対電極が使用された。試料は3分間にわたり100Vの電圧で堆積され、それにより40 μm肉厚のカソード構造体が堆積された。

【 0 1 1 3 】

4 . セパレータの製作

試料はスピコーターに送られ、スピコーターにおいて、ミクロ多孔性セパレータが電池上に加えられた。この場合におけるミクロ多孔性セパレータは、2体積パーセントのPVDF結合剤と、アセトン中に分散された微細ガラス粉末(2 μm未満の直径)と、の組み合わせであった。このスラリーはダイ上にコーティングされ、過剰なスラリーは、セパレータ層を充填および平坦化するために、スピオフされた。乾燥プロセスにより溶媒が蒸発し、微孔性セパレータ層が形成された。

【 0 1 1 4 】

5 . 構造的層の除去

引き続き、ダイの上側部は、UV剥離ダイシングテープの助けにより犠牲ガラス基板に結合された。この構成は、従来のウェーハラッピング技法を使用してバッキングシリコン層を機械的に除去するために使用された。このラッピングプロセスは、バッキングウェーハが除去されて中間酸化層が露出されるまで、実行された。UV剥離が、犠牲ガラス基板から能動ダイを除去するために使用された。それにより後続の電流収集および包装プロセスのためにダイの準備が整った。

【 0 1 1 5 】

実施例 2 : 3 D 単一セルの製作

1 . 構造体の製作

この実施例に対する 構造体は、実施例 1 で説明したように製作された。

【 0 1 1 6 】

2 . アノード電流コレクタおよびアノード電極の製作

10

20

30

40

50

分離されたペアの 状構造体（以後、アノード基幹部 と呼称する）がパラジウム導体を通して電氣的に接続され、銅メッキ槽内で浸漬された。銅メッキ槽条件は、堆積が、パラジウムおよびシリコン層の両方の上で生じ、それにより 構造体が構成されるよう、調整された。このCu層はアノード電流コレクタとして機能した。

【0117】

アノード基幹部 は非水性電気泳動体積スラリーを使用して電気泳動により黒鉛粒子を表面上に堆積するために使用された。堆積スラリーは、黒鉛粒子（メソカーボンマイクロビーズ、95重量%）と、電荷剤として25ppmのヨウ素とともにアセトン中に分散されたカーボンブラック（5重量%）と、からなつた。電気泳動堆積は60μmの平均薄膜肉厚を堆積するために100Vで180秒にわたって白金対向電極を用いてなされた。

10

【0118】

3. カソード電流コレクタおよびカソード電極の製作

引き続き、カソード基幹部 層はパラジウム導体を通して電氣的に接続され、金をパラジウムおよびシリコン層上にメッキし、それにより 構造体が構成されるよう、金メッキ槽内で浸漬された。カソード基幹部 を包囲するこのAu層はカソード電流コレクタとして機能した。

【0119】

アノード基幹部 はアノード電極とともに電気泳動レジスト槽内に浸漬された。市販の電気泳動レジスト槽が使用され（Shipley EAGLE）、 は、Pd/Cu導体を使用して75Vで180秒間にわたり電気泳動により堆積され、それによりレジストコーティングが形成された。ダイは120 で30分間にわたり焼成され、それによりレジストが硬化された。

20

【0120】

引き続き、ダイは以下の組成のリチウムイオンカソード物質のスラリーでコーティングされた。リチウムコバルト酸化物80g、黒鉛5g、カーボンブラック5g、およびPDVF10gの全部が、1:2の体積比のN-メチルピロリドンおよび速乾溶媒としてのアセトン中で混合された。スラリーは乾燥され、溶媒は蒸発されて、伝導性カソード物質が残された。次に、この物質は、アノード 上に電気泳動により堆積されたレジストを露出するために、 表面にラッピングされた。このレジストは、セパレータ充填のための空隙を残すために、PGMEA内でストリッピングすることにより、除去された。

30

【0121】

4. セパレータの製作

セパレータは実施例1で説明したように製作された。

【0122】

5. 構造的層の除去

構造的層は実施例1で説明したように除去された。

【0123】

実施例3:3D単一セルの製作

1. 構造体の製作

構造体は、実施例1で説明したように準備された。

40

【0124】

2. アノード電流コレクタおよびアノード電極の製作

分離された 構造体（ここではカソード基幹部 と呼称される）の1つが電気泳動レジスト槽内に浸漬された。市販の電気泳動レジスト槽が使用され（Shipley EAGLE）、カソード基幹部 は、Pd導体を使用して50Vで120秒間にわたり電気泳動により堆積され、それによりレジストコーティングが形成された。ダイは120 で30分間にわたり焼成され、それによりレジストが硬化された。

【0125】

次に、シリコン試料が蒸着チャンバ内に挿入され、100 のAuが試料表面上に堆積された。このAu堆積プロセスにより、 の上部、その側壁部、および底部オキサイド層

50

上に、Auが生成された。しかし 上に存在するフォトレジストにより、Auは2つの構造体のうちのただ1つの上のシリコンと接触した。シリコンバック層もこの時、接着テープマスクにより保護された。引き続きこの試料は、フッ化水素酸(49%)および過酸化水素(30%)の体積比で1:1の溶液中に30分で浸漬され、それにより多孔性シリコン層が形成された。多孔性シリコンの深さはエッチング時間を変化させることにより調整された。多孔性シリコンの形成速度はおよそ750~1000nm/分であった。当該部分は除去され、30μmの目的細孔深さが到達されたとき、乾燥された。

【0126】

多孔性シリコンは、電気泳動レジストがその上部にパターン形成されなかったセット上にのみ形成された。多孔性シリコンセットは、リチウムイオン電池内のアノードとして 10の使用に好適であった。引き続き、電気泳動レジストは15分にわたりアセトン中で除去された。

【0127】

引き続き、アノード基幹部はパラジウム導体を通して電氣的に接続され、非常に希薄な(10mM)硫酸銅および硫酸を含む銅メッキ槽内で浸漬された。銅メッキ槽条件は、堆積が、パラジウムおよび多孔性シリコンの両方の上で生じるよう、調整された。銅濃度は、銅堆積物が多孔性シリコンの外側層に沿って輸送制限(transport limited)され多孔性となるよう、低い値に保持された。このCu層は、その多孔性のためにイオン透過性も有するアノード電流コレクタとして機能し得る。しかしPd層上の銅は、アノードに対する2次的バッシングコレクタ(bussing collector) 20として機能するために、肉厚がより大きく非多孔性であった。

【0128】

3. カソード電流コレクタおよびカソード電極の製作

カソード電流コレクタおよびカソード電極は、実施例2で説明したように準備された。

【0129】

4. セパレータの製作

セパレータは実施例2で説明したように準備された。

【0130】

5. 構造的層の除去

構造的層は実施例2で説明したように除去された。 30

【0131】

実施例4:3D単一電池の製作

1. 単一ダイの準備

実施例1~実施例3においてダイを処理するために使用された接点パッドは、ダイシングソーを使用するダイシングにより除去され、その一方で、アノードバスおよびカソードバスの接点は完全な状態のまま残された。ダイの縁部を覆いバス線に張り出すいかなるセパレータ物質も、電流コレクタ物質(アノードの場合にはCu、カソードの場合にはAu)を除去および露出するために、清掃された。

【0132】

2. タブ伸張体の接続:

タブ伸張部分は、電流コレクタの露出の後、アノードバスおよびカソードバスに接続された。金バス線が、市販の炭素接着剤(DAG-T-502)を使用してアルミニウムタブに接続された。炭素の薄層がタブ伸張部分上にコーティングされ、金バスの側部に接着された。ニッケルタブ伸張部分が、同じく市販の炭素接着剤を使用して銅電流コレクタに接着された。接着剤は120分で1時間にわたり焼成されて硬化された。タブ伸張部分は、パッケージから出るタブも含んだ。このタブ伸張部分は、曲げられて水平方向に平坦化され、パッケージされる準備が整った。 40

【0133】

電池のパッケージおよび電解質の充填:

2つのタブ伸張部分を有するダイが市販の電池ポーチパッケージ物質内に挿入された。 50

ポーチ物質はタブを通してタブ側部上に密閉された。他の3つの側部のうちの1つは、電解質充填のためのポートを提供するために、開放状態で残された。真空が加えられ、1 : 1 : 3の比率のプロピレンカルボナート、エチレンカルボナート、およびエチルメチルカルボナートと、リチウムヘキサフルオロリン酸塩(1M)と、を含む従来の電解質が、グローブボックス内にある間にセルに加えられた。引き続き、ダイがグローブボックス内に入ったとき、ポーチの最後の側部も、湿気および酸素がポーチ内に侵入することと、図12に示す概略図に対応する組み立てられたパッケージの電池寿命が喪失することと、を防ぐために密閉された。次に電池は市販の電池サイクラーを使用して充放電された。

【0134】

実施例5:3D単一電池の製作

1. 単一ダイの準備

ダイの準備は実施例4におけるように実施された。

【0135】

2. タブ伸張体の接続:

タブ伸張部分は、電流コレクタの露出の後、アノードバスおよびカソードバスに接続された。アルミニウムタブ伸張部分(150 μ m肉厚)は、タブ伸張部分をバス線に良好に接着するために、バス線に沿って複数のスポットにおいてバス表面上に超音波溶接された。引き続き、200 μ mのニッケルタブ伸張部分が、抵抗溶接を使用して銅バス線に接続された。再び複数の接点が、タブ伸張部分をバス線に良好に接着するために、作られた。タブ伸張部分は、パッケージから出るタブも含んだ。このタブ伸張部分は、曲げられて水平方向に平坦化され(図12に図示するように)、パッケージされる準備が整った。

【0136】

3. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0137】

実施例6:3D単一電池の製作

1. 単一ダイの準備

実施例1~実施例3においてダイを処理するために使用された接点パッドは、ダイシングソーを使用するダイシングにより除去された。加えてカソードバス接点およびアノードバス接点もダイシングされ、アノード基幹部の端部およびカソード基幹部の端部が側部上で露出された状態で残された。

【0138】

2. タブ伸張体の接続:

バス層への接続に代わってアノード基幹部およびカソード基幹部のそれぞれに直接的に接続されることを除き、タブ伸張部分は実施例4と同様に接続された。この場合、タブ伸張部分と、タブ伸張部分を接続するために使用された接着層と、は各電極に対するバッシング層(bussing layer)としても機能した。

【0139】

3. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0140】

実施例7:3D単一電池の製作

1. 単一ダイの準備

単一ダイ準備プロセスは実施例6において説明したように実行された。

【0141】

2. バスの形成

アルミニウムの50 μ m肉厚の層が、ダイの上部および底部をマスキングし、溶射層がダイの断面のみに沿うことを確保した後に、カソード端部の側部上に溶射された。この溶射層は、露出された個々のカソード基幹部および電流コレクタのそれぞれに接触し、それらをバス接続した。それによりカソードバスが作られた。同様のプロセスがニッケル溶射

10

20

30

40

50

でアノード側部において使用され、溶射アノードバスが作られた。

【0142】

3. タブ伸張体の接続：

接続が、溶射されたアノードバス層およびカソードバス層に対してなされたことを除き、タブ伸張部分は実施例4と同様に接続された。

【0143】

4. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0144】

実施例8:3D単一電池の製作

1. 単一ダイの準備

実施例6と同様の単一ダイ準備プロセスが実行された。

【0145】

2. バスの形成：

実施例7と同様のバス形成プロセスが実行された。

【0146】

3. タブの接続：

タブは溶射されたバス層（カソード上のAlおよびアノード上のNi）の上部に溶接された。タブは短い寸法の電池から直接的に出された。

【0147】

4. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0148】

実施例9:3D積層電池の製作

1. 単一ダイの準備

実施例7と同様の単一ダイ準備プロセスが、3つの異なるダイ上で別々に実行された点を除き、実行された。

【0149】

2. バスの形成：

アルミニウムバス層およびニッケルバス層をそれぞれカソード端部およびアノード端部に溶射堆積する以前に、ダイは互いの上部に垂直に積み重ねられた。溶射されたアルミニウムは、ダイの全部に対して単一カソードバスを作ることに加えて、ダイのそれぞれに対して電極バスを作った。同様に、溶射されたNiは全部のダイに対してアノードバスを作った。

【0150】

3. タブの接続：

タブは溶射されたバス層（カソード上のAlおよびアノード上のNi）の上部に溶接された。タブは短い寸法の電池から直接的に出された。

【0151】

4. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0152】

実施例10:3Dの並べられた電池の製作

1. 単一ダイの準備

単一ダイ準備プロセスが、3つの異なるダイ上で別々に実行された点を除き、実施例7におけるように実行された。

【0153】

2. バスの形成：

実施例7と同様の溶射によるバス形成が個々に全部のダイ上で行われた。

【0154】

10

20

30

40

50

3. タブ伸張体の接続：

タブ伸張部分が実施例7と同様の伝導性接着剤を用いて接続された。しかしダイは、ダイ間を単一タブ伸張部分により接続されて、カソードバス接点が互いに当接する状態で並べられた。

【0155】

4. 電池のパッケージおよび電解質の充填

電池のパッケージおよび電解質の充填は実施例4におけるように実施された。

【0156】

上記を鑑みて、本発明のいくつかの目的が達成され、他の有利な結果が獲得されることが見られるであろう。

10

【0157】

本発明の、または本発明の好適な実施形態（単数または複数）の要素を導入するとき、冠詞「a」、「an」、「the」、および「said」（前記）は1つまたは複数の当該要素の存在を意味することを意図する。「～を含む」、「～を包含する」、および「～を有する」という用語は、包含的であることを意図し、列挙された要素の他に追加的な要素が存在し得ることを意味するものである。

【0158】

本発明の範囲から逸脱することなく様々な変更が上述の項目、組成、および方法においてなされることが可能であるため、上記の説明に含まれ、添付の図面で図示される全部の事項は例示として解釈されるべきであり、限定的な意味で解釈されるべきでないことが本明細書の意図するところである。

20

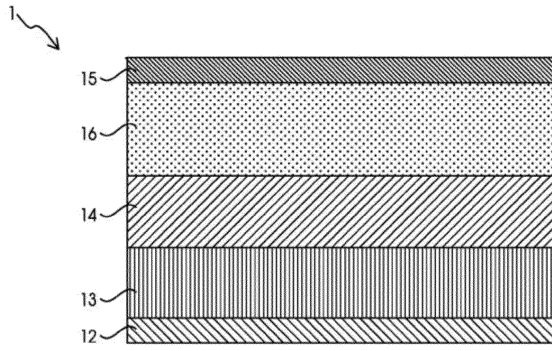
30

40

50

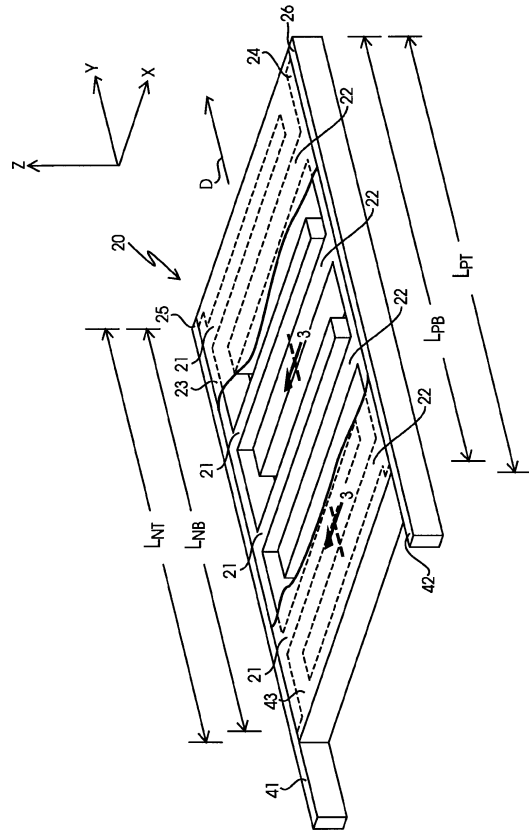
【図面】

【図 1】



(先行技術)

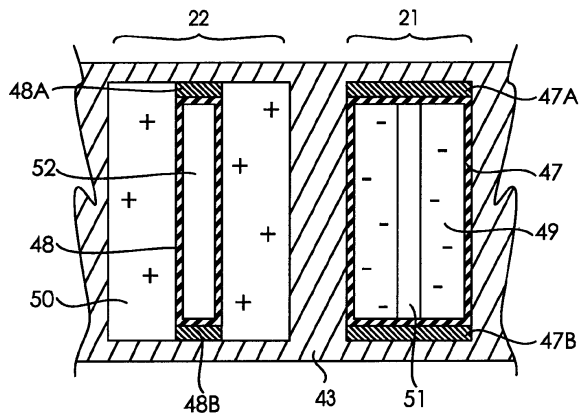
【図 2】



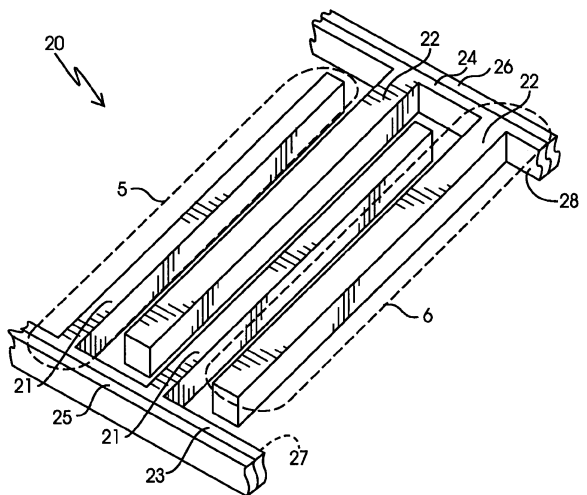
10

20

【図 3】



【図 4】

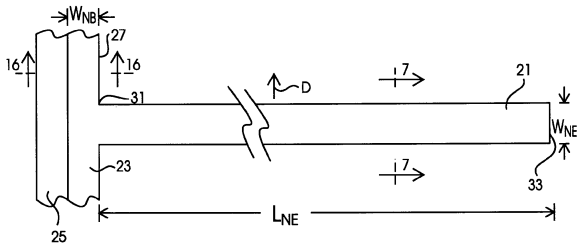


30

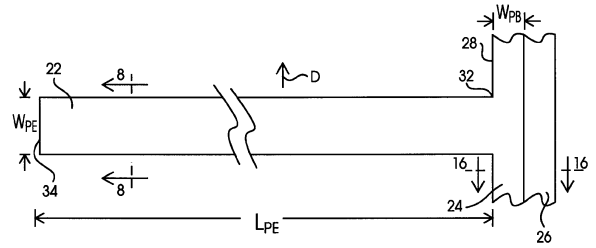
40

50

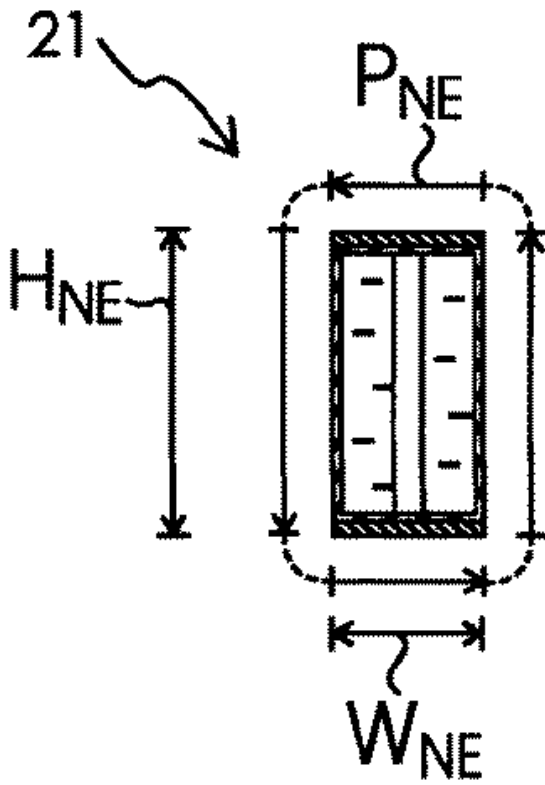
【図5】



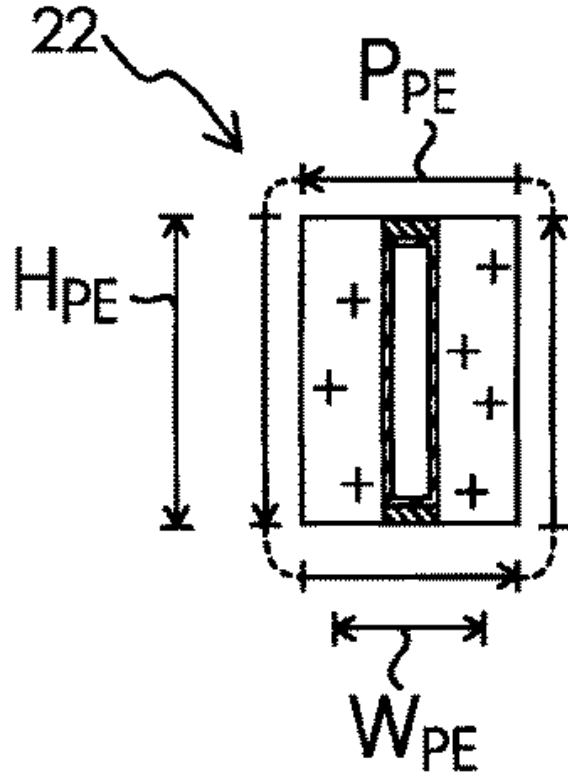
【図6】



【図7】



【図8】



10

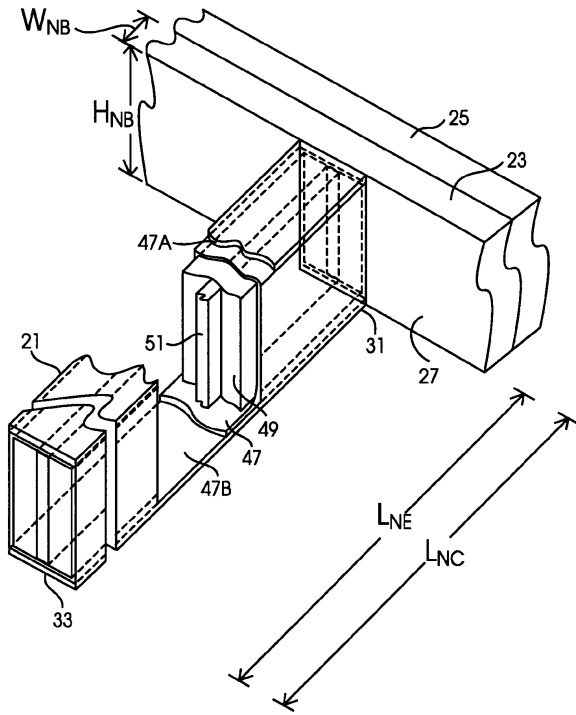
20

30

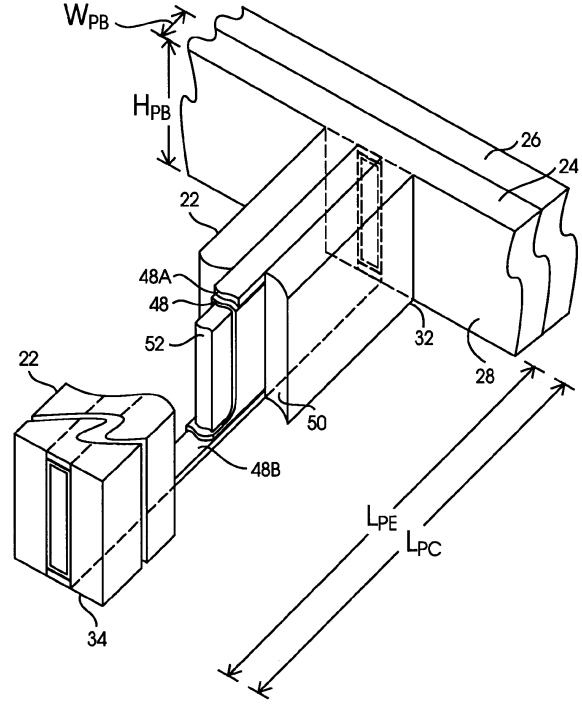
40

50

【 図 9 】



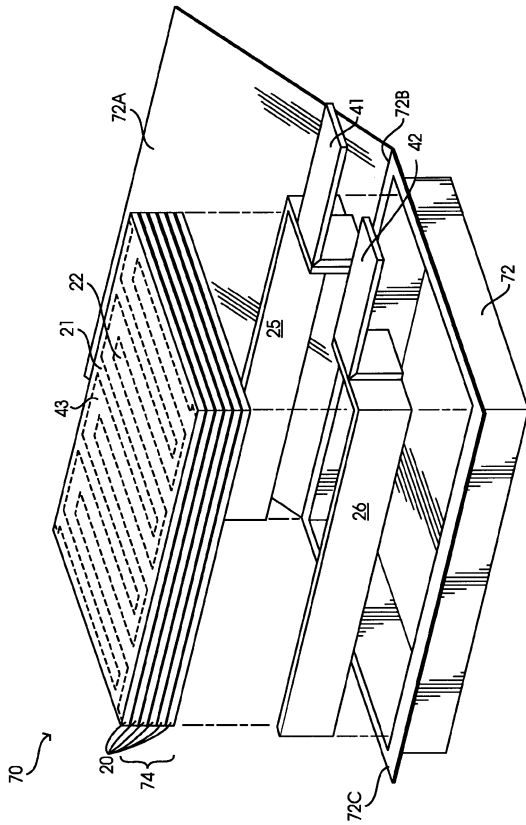
【 図 1 0 】



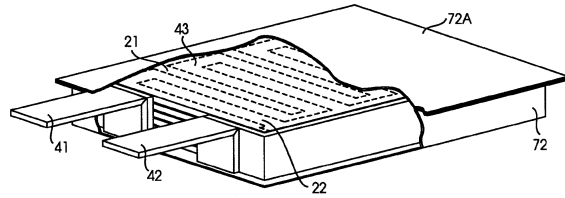
10

20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

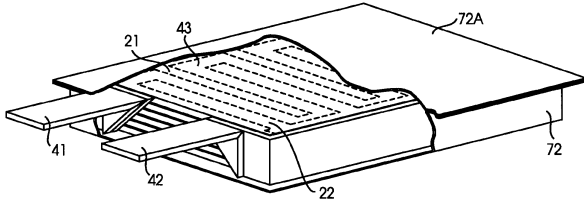


30

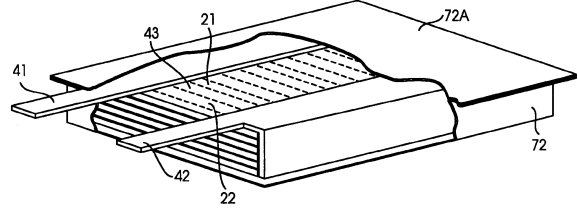
40

50

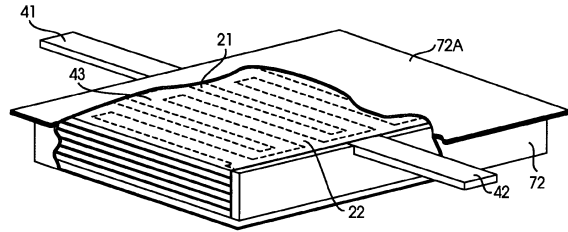
【図 13】



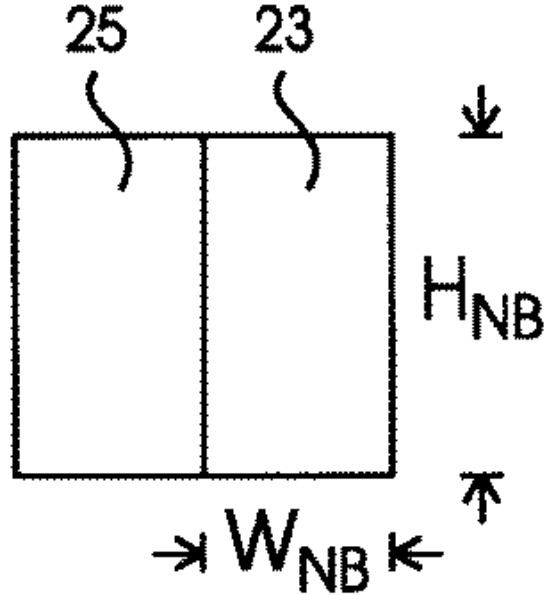
【図 14】



【図 15】



【図 16】



10

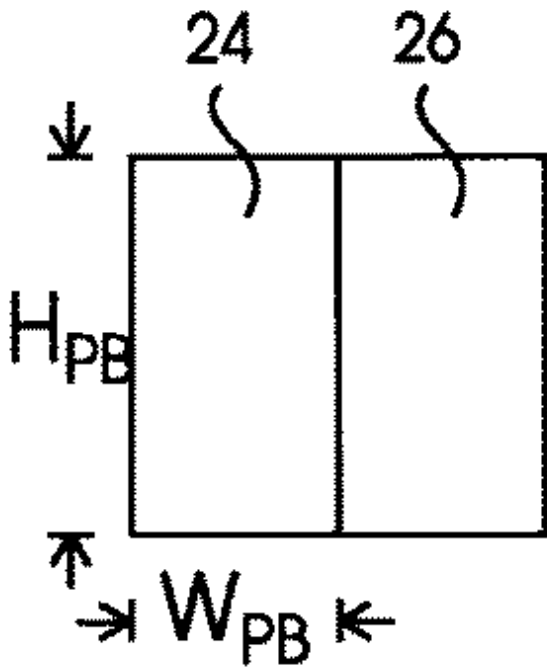
20

30

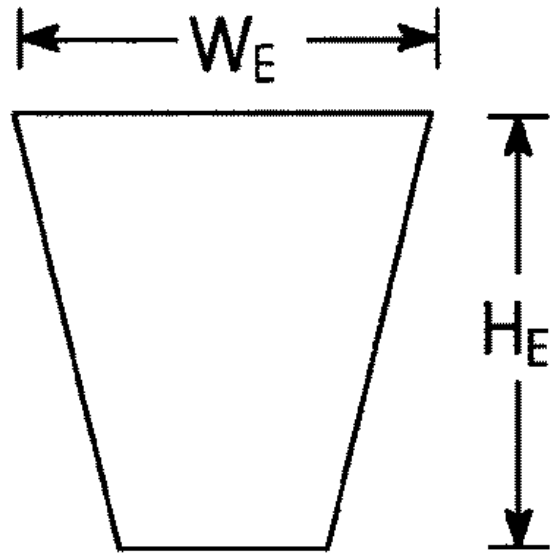
40

50

【図 17】



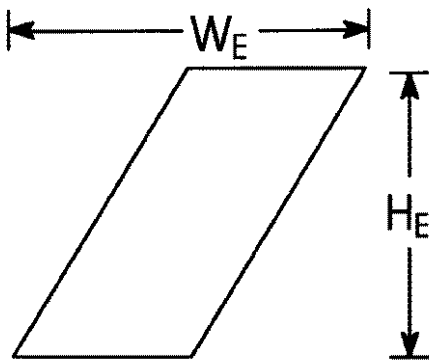
【図 18 A】



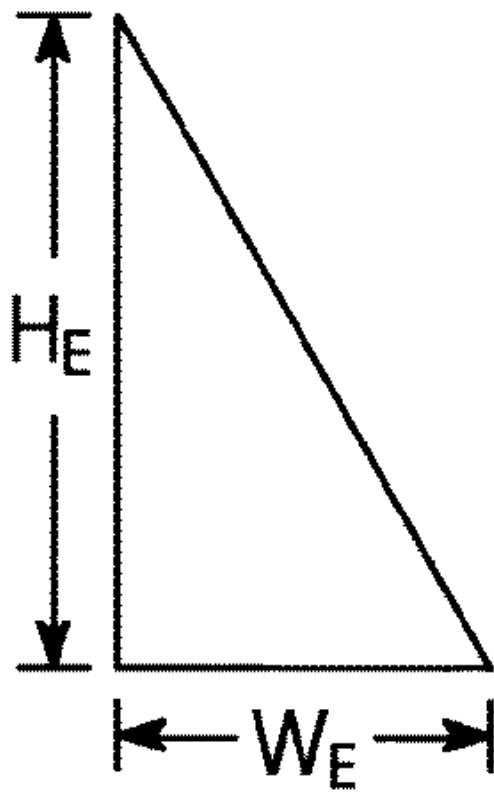
10

20

【図 18 B】




【図 18 C】

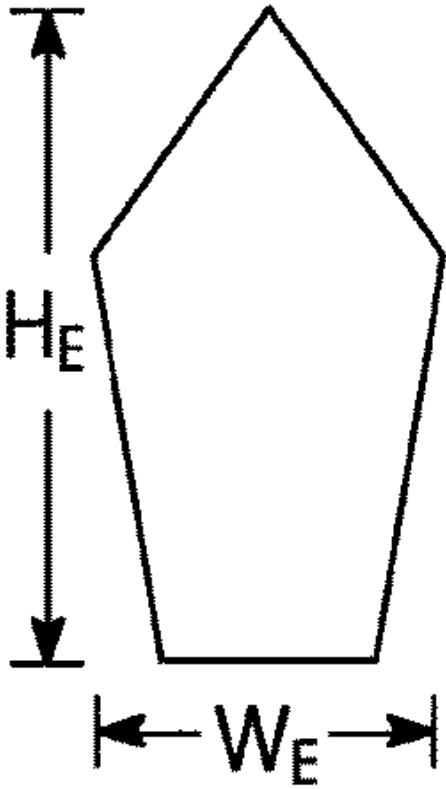



30

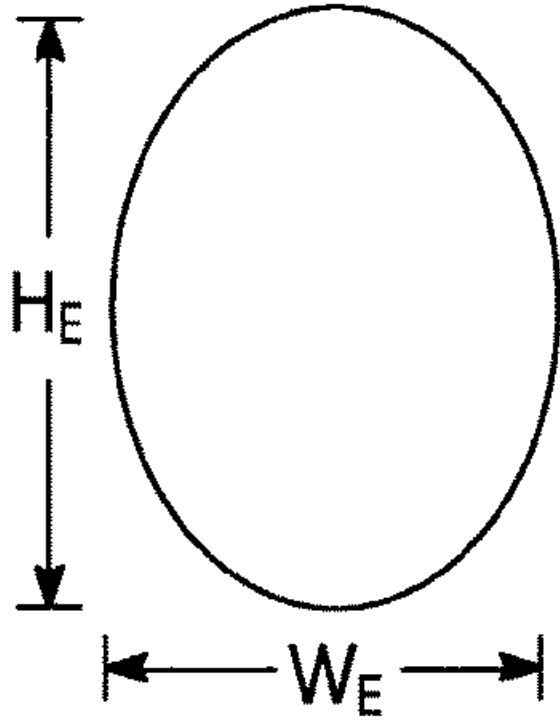
40

50

【 1 8 D】



【 1 8 E】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 M	4/13 (2010.01)	H 0 1 M	4/13	
H 0 1 M	4/38 (2006.01)	H 0 1 M	4/38	Z
H 0 1 M	4/587(2010.01)	H 0 1 M	4/587	
H 0 1 G	11/26 (2013.01)	H 0 1 G	11/26	
H 0 1 G	11/30 (2013.01)	H 0 1 G	11/30	
H 0 1 G	11/68 (2013.01)	H 0 1 G	11/68	
H 0 1 G	11/70 (2013.01)	H 0 1 G	11/70	

ア州アラモ、アラモ・カントリー・サークル2 5 2 8番

(72)発明者

アショク・ラヒリ

アメリカ合衆国9 5 0 1 4カリフォルニア州クーパーティーン、プレイサー・スプリング・コート
1 1 8 4 2番

(72)発明者

ムラリ・ラマサブ라마ニアン

アメリカ合衆国9 4 5 3 9カリフォルニア州フレモント、サウス・モレイ・ストリート4 3 9 7 0
番

(72)発明者

ロバート・エム・スポットニッツ

アメリカ合衆国9 4 5 8 8カリフォルニア州ブレザントン、デルッキ・ドライブ2 2 7 7番

(72)発明者

ロバート・エイ・コール

アメリカ合衆国9 5 1 4 0カリフォルニア州サンノゼ、スリー・スプリングス・ロード3 0 8 0番

(72)発明者

ギンター・コーブルミラー

アメリカ合衆国9 4 5 6 1カリフォルニア州オークリー、パインナット・ストリート4 0 0番

(72)発明者

ニラブ・シャー

アメリカ合衆国9 4 5 6 6カリフォルニア州ブレザントン、アーリーン・プレイス4 7 2 6番

(72)発明者

ブライアン・イー・プラスカ

アメリカ合衆国9 5 3 7 7カリフォルニア州トレイシー、ジャクソン・アベニュー2 7 4 9番

(72)発明者

クリストファー・ジー・キャッスルダイン

アメリカ合衆国9 4 0 8 9カリフォルニア州サニーベイル、トゥーソン・アベニュー1 2 5 0番

(72)発明者

ローリー・ジェイ・ロー克蘭

アメリカ合衆国9 5 0 7 0カリフォルニア州サラトガ、ラドイカ・ドライブ1 2 5 0 8番

(72)発明者

ジェイムズ・ディ・ウィルコックス

アメリカ合衆国9 4 5 6 6カリフォルニア州ブレザントン、カミーノ・ブラソス2 2 2 0番

審査官 井原 純

(56)参考文献

特表2 0 1 5 - 5 2 4 9 9 4 (J P , A)

特開2 0 1 0 - 2 6 2 7 5 2 (J P , A)

特開2 0 0 8 - 1 7 6 9 6 2 (J P , A)

特開2 0 0 6 - 1 4 7 2 1 0 (J P , A)

特開2 0 0 5 - 1 4 9 8 9 1 (J P , A)

特開2 0 0 1 - 2 3 6 9 9 4 (J P , A)

特開平0 6 - 2 3 6 7 6 8 (J P , A)

特開平0 5 - 1 2 9 0 3 6 (J P , A)

特開平0 6 - 0 2 0 6 7 8 (J P , A)

米国特許出願公開第2 0 1 2 / 0 1 0 0 4 3 8 (U S , A 1)

米国特許出願公開第2 0 1 1 / 0 1 1 1 2 8 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野

(Int.Cl., D B名)

H 0 1 M 1 0 / 0 5 - 1 0 / 0 5 8 7

H 0 1 M 1 0 / 3 6 - 1 0 / 3 9

H 0 1 M 4 / 0 0 - 4 / 6 2

H 0 1 G 1 1 / 2 6

H 0 1 G 1 1 / 3 0

H 0 1 G 1 1 / 7 0

H 0 1 G 1 1 / 6 8