

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2022-512349
(P2022-512349A)

(43)公表日 令和4年2月3日(2022.2.3)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 M 4/04 (2006.01)	H 0 1 M 4/04	5 H 0 5 0
H 0 1 M 4/139(2010.01)	H 0 1 M 4/139	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全26頁)

(21)出願番号	特願2021-532886(P2021-532886)	(71)出願人	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS , INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア ヴェニュー 3 0 5 0
(86)(22)出願日	令和1年12月2日(2019.12.2)	(74)代理人	110002077 園田・小林特許業務法人
(85)翻訳文提出日	令和3年8月5日(2021.8.5)	(72)発明者	イシカワ , デーヴィッド マサユキ アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 0 5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア ヴェニュー 3 0 5 0 , エム / エス 1 2 6 9 , シー / オー アプライド マテ 最終頁に続く
(86)国際出願番号	PCT/US2019/063995		
(87)国際公開番号	WO2020/123174		
(87)国際公開日	令和2年6月18日(2020.6.18)		
(31)優先権主張番号	62/778,417		
(32)優先日	平成30年12月12日(2018.12.12)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA ,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, 最終頁に続く		

(54)【発明の名称】 フリースパン・コーティングシステムおよびその方法

(57)【要約】

リチウムイオン電池基板をプレリチオ化するための連続的なウェブ処理システムの方法および装置を提供する。このモジュール式処理システムは、移送容積を画定する共通の移送チャンバ本体を備える。このシステムはさらに、第1の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置される第1の垂直チャンバ本体を備える。移送容積は、第1の処理容積と流体連通している。このシステムはさらに、第2の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置される第2の垂直チャンバ本体をさらに備える。移送容積は、第2の処理容積と流体連通している。本システムはさらに、その上に形成された電極構造を有する連続的なフレキシブル基板を移送するために動作可能なリールツーリールシステムを備える。連続的なフレキシブル基板は、移送容積から第1の処理容積を経て移送容積に戻り、第2の処理容積を経て移送容積に戻る。

【選択図】図3

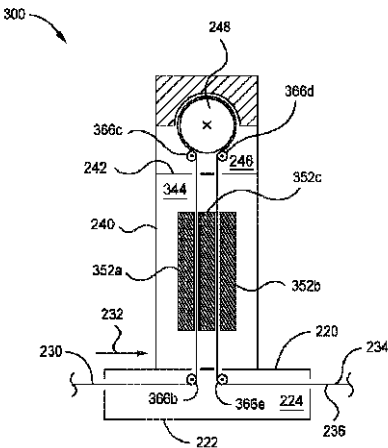


FIG. 3

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

モジュール式処理システムであって、
移送容積を画定する共通の移送チャンバ本体、
第 1 の処理容積を画定し、前記共通の移送チャンバ本体上に配置される第 1 の垂直チャンバ本体であって、前記移送容積が前記第 1 の処理容積と流体連通している、第 1 の垂直チャンバ本体、
第 2 の処理容積を画定し、前記共通の移送チャンバ本体上に配置される第 2 の垂直チャンバ本体であって、前記移送容積が前記第 2 の処理容積と流体連通している、第 2 の垂直チャンバ本体、および
その上に形成された電極構造を有する連続的なフレキシブル基板を移送するために動作可能なリールツーリールシステムであって、前記連続的なフレキシブル基板が、前記移送容積から前記第 1 の処理容積を経て、前記移送容積に戻り、前記第 2 の処理容積を経て、前記移送容積に戻る、リールツーリールシステム、
を備える、モジュール式処理システム。

10

【請求項 2】

その上に巻かれた前記連続的なフレキシブル基板を前記移送容積へと送る巻き出しリールをさらに備える、請求項 1 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 3】

表面処理された前記連続的なフレキシブル基板を、前記移送容積から受け入れて巻き取るように動作可能な巻き取りリールをさらに備える、請求項 2 に記載のモジュール式処理システム。

20

【請求項 4】

前記連続的なフレキシブル基板が、前記巻き出しリールから、前記移送容積を経て、前記第 1 の処理容積を経て前記移送容積に戻り、前記第 2 の処理容積を経て前記移送容積に、そして前記巻き取りリールに戻る、請求項 3 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 5】

前記移送容積内に配置されるとともに、前記連続的なフレキシブル基板の向きを水平方向から垂直方向に変えるように動作可能な第 1 のテンションリールをさらに備える、請求項 1 に記載のモジュール式処理システム。

30

【請求項 6】

前記第 1 の処理容積内に設置されるとともに、前記連続的なフレキシブル基板の移動方向と平行になるように垂直に配置された第 1 の蒸気拡散器をさらに備える、請求項 1 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 7】

第 2 の蒸気拡散器であって、前記第 1 の処理容積内に前記第 2 の蒸気拡散器に対向して設置されるとともに、前記連続的なフレキシブル基板の移動方向と平行になるように垂直に配置された第 2 の蒸気拡散器をさらに備える、請求項 6 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 8】

前記第 1 の蒸気拡散器と前記第 2 の蒸気拡散器の間に配置された冷却板をさらに備える、請求項 7 に記載のモジュール式処理システム。

40

【請求項 9】

前記第 1 の蒸気拡散器と前記第 2 の蒸気拡散器の間に配置された第 3 の蒸気拡散器をさらに備える、請求項 7 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 10】

前記第 1 の垂直チャンバ本体を横切って延在する第 1 の仕切り板をさらに備え、前記第 1 の仕切り板は、前記第 1 の垂直移送チャンバ本体を、前記第 1 の処理容積と第 1 の折り返し容積とに仕切るものである、請求項 1 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 11】

50

前記第 1 の折り返し容積内に配置され、前記連続的なフレキシブル基板の方向を垂直な上向き動きから垂直な下向き動きに変えるように動作可能な第 1 の折り返しローラをさらに備える、請求項 10 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 12】

前記第 1 の折り返しローラが温度制御される、請求項 11 に記載のモジュール式処理システム。

【請求項 13】

フレキシブル基板上にプレリチオ化された電極を形成する方法であって、電極構造を備える連続的なフレキシブル基板を、第 1 の垂直処理モジュールの第 1 の処理領域に移送すること、

10

前記連続的なフレキシブル基板を前記第 1 の処理領域を通して移送しながら、前記連続的なフレキシブル基板をフリースパン・プレリチオ化処理にさらすこと、

前記連続的なフレキシブル基板を、前記第 1 の処理領域から共通の移送容積を通して、第 2 の垂直処理チャンバの第 2 の処理領域に移送すること、および

前記連続的なフレキシブル基板を前記第 2 の処理領域を通して移送しながら、前記連続的なフレキシブル基板をフリースパン不動態化処理にさらすこと、

を含む、方法。

【請求項 14】

前記連続的なフレキシブル基板を、前記第 2 の処理領域から前記共通の移送容積を通して移送することをさらに含む、請求項 13 に記載の方法。

20

【請求項 15】

前記共通の移送容積が、不活性ガス雰囲気を含む、請求項 14 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001]

本明細書に記載されている実施形態は、一般的には連続的なウェブ処理システムに関し、より具体的には、リチウムイオン電池基板をプレリチオ化するための連続的なウェブ処理システムに関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

[0002]

充電可能な電気化学的蓄電システムは、日常生活においてますます重要になっている。リチウムイオン（ Li イオン）電池などの大容量の電気化学的エネルギー貯蔵デバイスは、携帯電子機器、医療、輸送、グリッドに接続された大規模エネルギー貯蔵、再生可能エネルギー貯蔵、無停電電源装置（UPS）など、ますます多くの用途に使用されている。

【0003】

[0003]

一般的にリチウム電池は、安全性を考慮して金属リチウムを含まず、代わりに黒鉛材料をアノードとして使用する。しかし、限界組成の LiC_6 まで充電可能な黒鉛を使用すると、シリコンがブレンドされた黒鉛を使用した場合と比較して、容量が大幅に低下してしまう。現在、業界では、エネルギー電池の密度を高めるために、黒鉛系のアノードからシリコンがブレンドされた黒鉛への移行が進んでいる。しかし、シリコンがブレンドされた黒鉛のアノードは、第 1 サイクルの不可逆的な容量低下（IRC）に悩まされている。リチウムイオン電池の比エネルギーとエネルギー密度は、第 1 サイクルの充電時に、カソードからのリチウムの約 5 ~ 20 % がアノードでの固体電解質中間相形成（「SEI」）によって消費される際の活性リチウム損失により、著しく低下する。

40

【0004】

[0004]

最初のサイクル充電の前にアノードをプレリチオ化することは、リチウムの活性損失を補

50

償するための一般的な戦略である。プレリチオ化はさらに、リチウムイオン電池のその他の性能と信頼性を向上させるという利点をもたらす。例えば、プレリチオ化によりリチウムイオン電池のインピーダンスを低下させることができ、これによってレート性能が向上する。さらにシリコン系のアノードでは、プレリチオ化によってシリコンを事前に膨張させてアノードの機械的安定性を向上させることで、シリコンの亀裂や微粉化を抑制することができる。

【 0 0 0 5 】

[0 0 0 5]

アノードをプレリチオ化するための方法には、化学的なプレリチオ化、電気化学的なプレリチオ化、リチウム金属への直接接触によるプレリチオ化、安定化リチウム金属粉末（S L M P）など、様々なものがある。しかし、こうしたアノードをプレリチオ化するための様々な方法は、反応時間が長く、本来的に安全性への懸念を伴うため、リチウムイオン電池の量産には適していない。

10

【 0 0 0 6 】

[0 0 0 6]

よって、第1サイクルの不可逆的な容量低下によって失われた様々な電極構造のリチウムを補うためのプレリチオ化装置および方法が必要とされている。

【 0 0 0 7 】

[発明の概要]

[0 0 0 7]

20

本明細書に記載されている実施形態は一般的に、連続的なウェブ処理システムに関し、より具体的には、リチウムイオン電池基板をプレリチオ化するための連続的なウェブ処理システムに関する。一実施形態では、モジュール式処理システムが提供される。このシステムは、移送容積を画定する共通の移送チャンバ本体を備える。このシステムはさらに、第1の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置された第1の垂直チャンバ本体を備えている。移送容積は、第1の処理容積と流体連通している。本システムはさらに、第2の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置される第2の垂直チャンバ本体を備える。移送容積は、第2の処理容積と流体連通している。本システムはさらに、その上に形成された電極構造を有する連続的なフレキシブル基板を移送するために動作可能なリールツーリールシステムを備える。連続的なフレキシブル基板は、移送容積から第1の処理容積を経て、移送容積に戻り、第2の処理容積を経て、移送容積に戻る。

30

【 0 0 0 8 】

[0 0 0 8]

別の実施形態では、モジュール式の処理システムが提供される。この処理システムは、その上に形成された電極構造を有する連続的なフレキシブル基板を移送するように動作可能なリールツーリールシステムを備える。リールツーリールシステムは、連続的なフレキシブル基板が処理前に巻かれるとともに、処理のために連続的なフレキシブル基板を巻き出して解放するように動作可能な巻き出しリールを備える。リールツーリールシステムはさらに、処理後の連続的なフレキシブル基板を受け取るように動作可能であるとともに、その上に連続的なフレキシブル基板を巻き取るように動作可能な巻き取りリールを備える。リールツーリールシステムはさらに、巻き出しリールと巻き取りリールとの間の経路上に配置されるとともに、連続的なフレキシブル基板をガイドするように動作可能な複数の補助テンションリールを備える。処理システムはさらに、移送容積を画定する共通の移送チャンバ本体を備える。処理システムはさらに、第1の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置される第1の垂直チャンバ本体を備える。移送容積は、第1の処理容積と流体連通している。処理システムはさらに、第2の処理容積を画定するとともに、共通の移送チャンバ本体上に配置される第2の垂直チャンバ本体を備える。移送容積は、第2の処理容積と流体連通している。連続的なフレキシブル基板は、移送容積から延在し、第1の処理容積を経て移送容積に戻り、第2の処理容積を経て移送容積に戻る。

40

50

【 0 0 0 9 】

[0 0 0 9]

さらに別の実施形態では、フレキシブル基板上にプレリチオ化された電極を形成する方法を提供する。この方法は、連続的なフレキシブル基板を、第 1 の垂直処理モジュールの第 1 の処理領域に移送することを含む。連続的なフレキシブル基板は、電極構造を備える。本方法はさらに、連続的なフレキシブル基板を第 1 の処理領域に移送しながら、連続的なフレキシブル基板をフリースパン・プレリチオ化にかけることを含む。本方法はさらに、連続的なフレキシブル基板を、第 1 の処理領域から出し、共通の移送容積を通して、第 2 の垂直処理チャンバの第 2 の処理領域に移送することを含む。本方法はさらに、第 2 の処理領域を通して連続的なフレキシブル基板を移送しながら、連続的なフレキシブル基板をフリースパン不動態化処理にさらすことを含む。

10

【 0 0 1 0 】

[0 0 1 0]

上述した本開示の特徴を詳細に理解できるように、先に簡単に要約した実施形態のより具体的な説明を、その一部を添付図面に図示した実施形態を参照して行うことがある。しかしながら、添付の図面は本開示の典型的な実施形態を示しているに過ぎず、その範囲を限定するものとはみなされないことに留意されたい。本開示には、他の同様に効果的な実施例も認められるからである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

20

【図 1】1 A は、本明細書に記載の実施形態に従って形成された、プレリチオ化された電極構造を含むエネルギー貯蔵デバイスの一実施形態の断面図を示す。1 B は、本明細書に記載された実施形態に従ってプレリチオ化された両面電極構造の断面図を示す。

【図 2】本開示の 1 つ以上の実施形態によるモジュール式基板処理システムの概略的な側面図である。

【図 3】図 2 のモジュール式処理システムで使用可能な垂直処理モジュールの概略的な側面図を示す。

【図 4】本開示の 1 つ以上の実施形態による、電極構造のプレリチオ化および不動態化の処理シーケンスの一実施形態を要約した処理フローチャートを示す。

【 0 0 1 2 】

30

[0 0 1 6]

理解を容易にするために、可能な場合には、図面に共通する同一の要素を示すために、同一の参照番号を使用する。ある実施形態の要素や特徴は、さらに言及せずとも、他の実施形態で有利に組み込み可能と考えられる。

【 0 0 1 3 】

[発明の詳細な説明]

[0 0 1 7]

以下の開示は、プレリチオ化された電極、前述のプレリチオ化された電極を含む高性能の電気化学セルおよび電池、それらを作製するための装置および方法を説明する。ある程度の詳細については、本開示の様々な実施形態の完全な理解を提供するために、以下の説明および図 1 A ~ 4 に記載されている。電気化学セルおよび電池にしばしば関連するよく知られた構造およびシステムを説明するその他の詳細については、様々な実施形態の説明を不必要に不明瞭にするのを避けるために、以下の開示には記載されない。

40

【 0 0 1 4 】

[0 0 1 8]

図面に示されている詳細、寸法、角度、およびその他の特徴の多くは、特定の実施形態の例示に過ぎない。よってその他の実施形態は、本開示の思想または範囲から逸脱することなく、他の詳細、構成要素、寸法、角度、および特徴を有することができる。さらに、本開示のさらなる実施形態は、以下に説明するいくつかの詳細がなくても実施可能である。

【 0 0 1 5 】

50

[0 0 1 9]

以下、本明細書に記載されている実施形態を、ロールツーロール・コーティングシステムを参照して説明する。本明細書で説明する装置の説明は例示的なものであり、本明細書で説明する実施形態の範囲を限定するものと解釈または理解されるべきではない。また、ロールツーロール・プロセスとして記載されているが、本明細書に記載されている実施形態は、別個の基板上で実行可能なことが理解されるべきである。

【 0 0 1 6 】

[0 0 2 0]

本明細書に記載する実施形態では、リチウムイオン電池デバイス用のウェブなどのフレキシブル基板のプレリチオ化に適したフリースパン・コーティングシステムについて述べる。特に、フリースパン・コーティングシステムは、巻き出しモジュールから巻き出されたウェブなどのフレキシブル基板を連続的に処理するのに適している。フリースパン・コーティングシステムは、モジュール設計で構成されており、例えば、適切な数のプロセスモジュールが処理ライン内で互いに隣接して配置されていてよく、フレキシブル基板が最初のプロセスモジュールに挿入され、ラインの最後のプロセスモジュールから排出されてもよい。さらに、個々の処理動作の変更が望まれる場合には、フリースパン・コーティングシステム全体を再構成してもよい。

10

【 0 0 1 7 】

[0 0 2 1]

本明細書に記載されているいくつかの実施形態を実施することができる特定の基板は限定されないことに留意すべきだが、例えばウェブベースの基板、パネル、別個のシートを含むフレキシブル基板で実施形態を実施することは、特に有益である。また基板は、箔、フィルム、または薄いプレートの形態であってもよい。

20

【 0 0 1 8 】

[0 0 2 2]

ここではまた、本明細書に記載されている実施形態で使用されるフレキシブル基板またはウェブは、典型的には、曲げられることが特徴であることに留意されたい。「ウェブ」という用語は、「ストリップ」という用語または「フレキシブル基板」という用語と同義で使用されることがある。例えば、本明細書の実施形態に記載されているウェブは、箔であってもよい。

30

【 0 0 1 9 】

[0 0 2 3]

さらに、基板が垂直方向に配向された基板であるいくつかの実施形態では、垂直方向に配向された基板は、垂直面に対して角度がついていてもよいことに留意されたい。例えば、いくつかの実施形態において基板は、垂直面から約1度から約20度の間で角度がつけられていてもよい。基板が水平方向に配向された基板であるいくつかの実施形態では、水平方向に配向された基板は、水平面に対して角度を付けられてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、基板は、水平面から約1度から約20度の間で角度が付けられてもよい。本明細書では、「垂直」という用語は、フレキシブルな導電性基板の主要面または堆積面が水平面に対して垂直であると定義される。本明細書では、「水平」という用語は、フレキシブルな導電性基板の主要な表面または堆積面が地平線に対して平行であることとして定義される。

40

【 0 0 2 0 】

[0 0 2 4]

また、フリースパン・コーティングとは、ウェブコーティングプロセスの一部で実際に成膜される間にウェブが表面に接触していないウェブコーティング装置またはプロセスを意味することに留意されたい。

【 0 0 2 1 】

[0 0 2 5]

基板材料のウェブは、相互に接続されたプロセスモジュールのラインを通じて連続的に進

50

んでもよい。各プロセスモジュールでは、プレリチオ化プロセスの一部が実行されてもよい。例えば、リチウムイオンデバイスがアノード構造を含む場合、1つ以上のプロセスモジュールがアノード構造をプレリチオ化するのに適していてもよく、1つ以上の後続のプロセスモジュールが、プレリチオ化されたアノード構造の上に保護コーティングまたは「パッシベーション（不動態化）コーティング」を形成するのに適していてもよい。

【0022】

[0026]

リチウムイオン電池の比エネルギーとエネルギー密度は、最初のサイクル充電時に活性リチウム損失によって著しく低下する。最初のサイクル充電の前にアノードをプレリチオ化することは、活性リチウム損失を補償するための一般的な戦略である。さらにプレリチオ化は、リチウムイオン電池のその他の性能と信頼性を向上させるという利点をもたらす。例えば、プレリチオ化によりリチウムイオン電池のインピーダンスが低下することによって、レート性能が向上する。さらに、シリコン（Si）をベースとしたアノードでは、プレリチオ化によってシリコンを事前に膨張させてアノードの機械的安定性を高めることで、シリコンの亀裂や微粉化を軽減することができる。

10

【0023】

[0027]

アノードをプレリチオ化するための方法には、化学的なプレリチオ化、電気化学的なプレリチオ化、リチウム金属への直接接触によるプレリチオ化、安定化リチウム金属粉末（SLMP）など、様々なものがある。これら既存の方法は、反応時間が長く、本来的に安全性への懸念を伴うといった欠点を共有しており、リチウムイオン電池の量産には適していない。

20

【0024】

[0028]

SLMPは、 Li_2CO_3 粉末のシェルが最大で30%、割れずに残っているため、不活性物質がセル材料に取り込まれ、これによりLiイオン電池のエネルギー密度が低下する。SLMPが広がる際に電解液中に押しやられた遊離粉末粒子には、本来的な安全性や信頼性に関わる危険性がある。電気化学的なプレリチオ化により、周囲の空気中に反応物質が生成され、窒素や酸素による汚染が原因でセルのインピーダンスが上昇することがある。幅60センチ、長さ20メートル以下の非連続的な薄いリチウム金属箔により妨害されるため、リチウム金属への直接接触は、不均一で収率の低いプロセスである。また、電気化学的なプレリチオ化を除き、前述のプレリチオ化法で製造されたリチウムイオン電池は、反応性リチウムイオンを伴う方法でプレリチオ化されたリチウムイオン電池よりも性能が劣ることがある。反応性リチウムイオンは、電極細孔に浸透してインターカレーションし、黒鉛複合材全体にリチウム合金を形成することができるため、金属リチウムよりも効果的である。

30

【0025】

[0029]

反応性リチウムイオンを伴うプレリチオ化アプローチの1つとして、真空熱蒸着法がある。熱蒸着では、リチウムを加熱してリチウム原子のクラスターから構成される蒸気を生成する。リチウムクラスター蒸気物質のフラックスと残留熱は、リチウム加熱モードによって制御される。溶融したリチウムのプールは、電子ビーム、プラズマ、または抵抗加熱源を用いて加熱し、制御することができる。電気化学的なプレリチオ化につれて、アノード内で合金を形成可能な反応性の高いリチウムイオンが、熱蒸着により供給される。電気化学的なプレリチオ化とは異なり、熱蒸着は真空プロセスであり、反応性材料は、アノードを汚染し得る酸素や他の種から隔離される。さらに、汚染を最小限に抑えるという点では、 $10\text{E}-04$ トル以下の圧力での真空処理には、通常は高圧で行われる炉内熱処理よりも効果的にアノードの残留水分を脱水できるという付随的な利点もある。

40

【0026】

[0030]

50

熱蒸着は、高品質で制御可能なプレリチオ化を容易にすると考えられている。しかし、従来の熱蒸着法を用いた戦略は、資本コスト、エネルギーコスト、メンテナンスコストを考えると、非常に高価なものだった。現在では先進的な電極活物質の需要が高まっており、真空熱蒸着法にメリットがある。コスト競争力のある熱蒸着法を実現するためには、電極の用途に応じたウェブコーティングシステムの設計と操作方法が必要である。活性リチウム損失を補うための最適なプレリチオ化プロセスは、SEI形成の間に消費されたリチウムを補うために、反応性のリチウムイオンを黒鉛、シリコンおよび/またはその他のアノード構成要素と合金化することである。生産に値する最適な製造方法は、幅1メートル以上、長さ数千メートル以上のアノード基板を、毎分約40メートル以上のウェブ速度でウェブ処理することである。

10

【0027】

[0031]

従来のウェブハンドリングシステムでは、安全なリチウム熱蒸着はもちろん、両面コーティングもできなかった。よって、デバイスの性能、歩留まり、処理量、およびコストに関してリチウムイオン電池の量産目標を満たすことが可能な真空熱蒸着プレリチオ化システムおよび方法が必要とされている。

【0028】

[0032]

本開示のいくつかの実施形態では、マルチパスでのリチウムイオン電池プレリチオ化を容易にする冷却ローラを備えたフリースパン・コーティングシステムが提供される。いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムは、堆積チャンバ、冷却折り返しチャンバ、および1つ以上のロードロックチャンバのうち少なくとも1つを含むモジュール要素を有する。したがって、各モジュール要素は、互いに影響を与えることなく、独立して配置、再配置、交換、または維持することができる。

20

【0029】

[0033]

フリースパン・コーティングシステムは、特定の用途に応じて、片面または両面のコーティングを生成するように設計されている。いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムは、異なる温度での複数の反応性材料の堆積を容易にするよう設計されている。いくつかの実施形態では、非接触パイロメーターと熱電対を使用して温度を測定し、ホットゾーンを監視する。いくつかの実施形態では、堆積速度を確認するために水晶モニターと残留ガス分析器が使用される。

30

【0030】

[0034]

いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムを空間的または時間的な変換モードで使用し、特定の用途に応じて処理時間または処理長さを調整することで、均一な厚さの膜を製造する。いくつかの実施形態では、ウェブにダメージを与える可能性のある温度上昇の代わりに、ウェブをより高速で処理するために、同様のプロセスキットを備えた追加のモジュール式処理チャンバが設置されている。いくつかの実施形態では、ガス分離は、堆積チャンバの下に配置された共通の移送チャンバによって達成される。いくつかの実施形態では、ウェブは堆積チャンバを出て共通の移送チャンバに入る前に冷却され、移送チャンバのローラ上でのウェブのシワを最小限に抑える。

40

【0031】

[0035]

いくつかの実施形態では、アルゴンやヘリウムなどの適切な結合ガスを介して結合された2つの流体冷却プレートの間にウェブを通過させることで、冷却が達成される。いくつかの実施形態では、冷却プレート、冷却ドラム、および/または冷却ローラを使用することによって冷却が達成される。

【0032】

[0036]

50

いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムは、効率的な実用性とメンテナンスのための機能を備えている。例えば、モジュール式の成膜チャンバ全体を移送チャンバから便利に取り外し可能にすることで、リチウムの安全な取り扱いが容易になる。

【 0 0 3 3 】

[0 0 3 7]

いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムは、電池電極の両面を同時にプレリチオ化するように動作可能である。2つの冷却ドラムの周りにシングルパスの両面コーティングを行う代替的なシステムは、コストが高く、ウェブのしわや表面欠陥が発生しやすく、スループットが低く、プレリチオ化の制御が困難である。さらに、冷却ドラムの設計によっては、寄生堆積が発生し、熱伝達率が変位する (drift) ことがある。いくつかの実施形態では、フリースパン・コーティングシステムは冷却ドラムなしで動作するため、寄生表面積を最小限に抑えることができる。

10

【 0 0 3 4 】

[0 0 3 8]

いくつかの実施形態では、本明細書に記載されているシステムを使用してコーティングされた電極をプレリチオ化することにより、(1) リチウムイオン電池のエネルギー密度 (kWh) を向上させることができ、(2) アノード/カソードのバランスをとるためのカソードコーティングのローディング量、特にコバルトおよびニッケルというコストの高い元素を削減することができる。このようにいくつかの実施形態では、本明細書に記載されているフリースパン・コーティングシステムは、リチウムイオン電池の製造で使用される主なメリットであるコスト / kWh の数値に直接影響を与える。本明細書に記載されているフリースパン・コーティングシステムは、負または正のいずれかのコーティングされた電極をプレリチオ化するのに適している。本明細書に記載されているフリースパン・システムは、電池製造業者にセルバランスにおける大きな柔軟性を提供し、例えば、可逆的なカソード/アノードの容量と非可逆的なカソード/アノードの容量を独立して一致させることができる。

20

【 0 0 3 5 】

[0 0 3 9]

いくつかの実施形態では、垂直的なフリースパン・コーティングを行うために、近接結合式ガス拡散器を使用する。

30

【 0 0 3 6 】

[0 0 4 0]

図 1 A は、本明細書に記載された実施形態に従って形成されたプレリチオ化電極構造を含むエネルギー貯蔵デバイス 100 の一実施形態を示す断面図である。エネルギー貯蔵デバイス 100 は、固体電解質を使用するリチウムイオンエネルギー貯蔵デバイス (例えば、固体電池) でも、液体またはポリマー電解質を使用するリチウムイオンエネルギー貯蔵デバイスでもよい。蓄電装置 100 は、正極集電体 110、正極構造体 120、セパレータ 130、負極構造体 140、および負極集電体 150 を有する。正極構造体 120 および負極構造体 140 の少なくとも一方は、本明細書に記載されている実施形態にしたがって、プレリチオ化されている。図 1 A では、集電体がスタックを超えて延びるように示されているが、集電体がスタックを超えて延びる必要はなく、スタックを超えて延びる部分をタブとして使用してもよいことに留意されたい。

40

【 0 0 3 7 】

[0 0 4 1]

正極構造体 120 および負極構造体 140 にそれぞれ設けられた集電体 110、150 は、同一または異なる電子伝導体であってもよい。集電体 110、150 を構成し得る金属の例としては、アルミニウム (Al)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ニッケル (Ni)、コバルト (Co)、スズ (Sn)、シリコン (Si)、マンガン (Mn)、マグネシウム (Mg)、それらの合金、およびそれらの組み合わせが挙げられる。いくつかの実施形態

50

では、集電体 110、150 は、ポリマー基板上に堆積された金属で構成されている。

【0038】

[0042]

負極構造体 140 またはアノードは、正極構造体 120 と互換性のある任意の材料であり得る。いくつかの実施形態では、負極構造 140 は、本明細書に記載された実施形態に従ってプレリチオ化されている。いくつかの実施形態では、負極構造体 140 は、372 mAh/g 以上、好ましくは 700 mAh/g 以上、最も好ましくは 1000 mAh/g 以上のエネルギー容量を有する。いくつかの実施形態では、負極構造体 140 は、炭素質材料（例えば、天然黒鉛または人造黒鉛）、ケイ素含有黒鉛、ケイ素、ニッケル、銅、スズ、インジウム、アルミニウム、ケイ素、それらの酸化物、それらの組み合わせ、または、リチウム金属および/またはリチウム合金と、炭素（例えば、コークス、黒鉛）、ニッケル、銅、スズ、インジウム、アルミニウム、ケイ素、それらの酸化物、またはそれらの組み合わせなどの材料との混合物から構成される。炭素質材料の好適な例としては、天然および人工の黒鉛、部分的に黒鉛化されたまたは非晶質の炭素、石油、コークス、ニードルコークス、および様々な中間相が挙げられる。いくつかの実施形態では、負極構造体 140 は、リチウム含有インターカレーション化合物、またはリチウム含有挿入化合物を含む。いくつかの実施形態では、負極構造体 140 は、シリコン黒鉛アノードである。

10

【0039】

[0043]

いくつかの実施形態では、負極構造体 140 を形成する材料は、粉末、繊維、またはフレークなどの分散した形態である。いくつかの実施形態では、負極構造体 140 は、炭素質粉末とバインダ剤とからスラリーを調製し、このスラリーを集電体の上/中に塗布し、乾燥させるなど、当技術分野で知られている任意の方法によって製造される。使用する場合、バインダ剤は、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、エチレンプロピレンジエンモノマー (EPDM)、エチレン酢酸ビニル共重合体 (EVA)、およびこれらの組み合わせを含む化合物から選択することができるが、これらに限定されることはない。

20

【0040】

[0044]

正極構造 120 またはカソードは、アノードに適合した任意の材料であってよく、インターカレーション化合物、挿入化合物、または電気化学的に活性なポリマーを含んでもよい。いくつかの実施形態では、正極構造 120 は、本明細書に記載された実施形態に従って、プレリチオ化されている。適切なインターカレーション材料には、例えば、リチウム含有金属酸化物、 MoS_2 、 FeS_2 、 MnO_2 、 TiS_2 、 NbSe_3 、 LiCoO_2 、 LiNiO_2 、 LiMnO_2 、 LiMn_2O_4 、 V_6O_{13} および V_2O_5 が含まれる。適切なリチウム含有酸化物は、リチウムコバルト酸化物 (LiCoO_2) などの層状であってもよく、 $\text{LiNi}_x\text{Co}_{1-2x}\text{MnO}_2$ 、 LiNiMnCoO_2 (「NMC」)、 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ 、 $\text{Li}(\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05})\text{O}_2$ 、 LiMn_2O_4 、およびドーブされたリチウム豊富な層状物質などの混合金属酸化物であってもよく、 x はゼロまたはゼロではない数である。適切なリン酸塩は、鉄オリビン (LiFePO_4) およびその変種 ($\text{LiFe}(1-x)\text{Mg}_x\text{PO}_4$ など)、 LiMoPO_4 、 LiCoPO_4 、 LiNiPO_4 、 $\text{Li}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ 、 LiVOPO_4 、 LiMP_2O_7 、または $\text{LiFe}_{1.5}\text{P}_2\text{O}_7$ であってもよく、ここで x はゼロまたはゼロではない数である。例示的なフルオロホスフェートは、 LiVPO_4F 、 LiAlPO_4F 、 $\text{Li}_5\text{V}(\text{PO}_4)_2\text{F}_2$ 、 $\text{Li}_5\text{Cr}(\text{PO}_4)_2\text{F}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{CoPO}_4\text{F}$ 、または $\text{Li}_2\text{NiPO}_4\text{F}$ であり得る。例示的なケイ酸塩は、 $\text{Li}_2\text{FeSiO}_4$ 、 $\text{Li}_2\text{MnSiO}_4$ 、または $\text{Li}_2\text{VO}_4\text{SiO}_4$ であり得る。例示的な非リチウム化合物は、 $\text{Na}_5\text{V}_2(\text{PO}_4)_2\text{F}_3$ である。

30

40

【0041】

[0045]

本開示によるリチウムイオン電池のいくつかの実施形態では、負極ではカーボングラファ

50

イト (LiC_6)、正極ではリチウムマンガン酸化物 (LiMnO_4) またはリチウムコバルト酸化物 (LiCoO_2) の結晶構造の原子層にリチウムが含まれている。いくつかの実施形態では、負極は、シリコンおよび / またはスズなどのリチウム吸蔵材を含むこともできる。またセルは、平面構造として示されていても、層のスタックを巻き取ることによってシリンダーに形成されてもよく、さらに、他のセル構成 (例えば、角柱型セル、ボタン型セル) が形成されてもよい。

【0042】

[0046]

ある実施形態では、セパレータ 130 は、多孔質のイオン導電性高分子基材である。ある実施形態では、多孔質高分子基材が、多層高分子基材である。ある実施形態では、セパレータ 130 は、任意の市販の高分子微孔性膜 (例えば単層または多層) を含み、例えば、ポリポア (Celgard (登録商標) LLC, Charlotte, North Carolina)、東レ東燃 (電池セパレータ膜 (BSF))、SK Energy (リチウムイオン電池セパレータ (LiBS))、Evonik industries (SEPARION (登録商標) セラミックセパレータ膜)、旭化成 (Hipore (商標) ポリオレフィン平坦フィルム膜)、DuPont (Energain (登録商標)) などの製品が挙げられる。

10

【0043】

[0047]

いくつかの実施形態では、セル構成要素 120、130、および 140 に注入される電解質は、液体 / ゲルまたは固体ポリマーで構成され、それぞれ異なってもよい。いくつかの実施形態では、電解質は、主に塩と媒体 (例えば、液体電解質では、媒体は溶媒と呼ばれることがあり、ゲル電解質では、媒体はポリマーマトリックスであり得る) を含む。塩は、リチウム塩であってもよい。リチウム塩は、例えば、 LiPF_6 、 LiAsF_6 、 LiCF_3SO_3 、 $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_3$ 、 LiBF_6 、および LiClO_4 、BETTE 電解質 (ミネソタ州ミネアポリスの 3M Corp. から市販されている)、およびそれらの組み合わせを含んでもよい。

20

【0044】

[0048]

図 1B は、本明細書に記載された実施形態に従ってプレリチオ化された両面電極構造 170 の断面図である。両面電極構造 170 は、両面電極構造として描かれているが、本明細書に記載された実施形態は、片面電極構造にも適用されることを理解すべきである。両面電極構造体 170 は、負極集電体 150 の両側の側面に形成された負極構造体 140a、140b (総称して 140) を有する負極集電体 150 を含む。負極構造体 140a、140b はそれぞれ、負極構造体 140 を周囲の酸化剤などの汚染物質から保護するために、その上にそれぞれ形成されたパッシベーション膜 160a、160b (総称して 160) を有する。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、リチウムイオンおよびリチウム原子の少なくとも一方に対して透過性を有する。パッシベーション膜 160 は、負極構造体 140 の表面保護を行うことで、ドライルームでの負極構造体 140 の取り扱いを可能にし、安定した SEI 形成に寄与することができる。パッシベーション膜 160 の形成に使用できる材料の例としては、フッ化リチウム (LiF) 膜、炭酸リチウム (Li_2CO_3) 膜、酸化リチウム膜、窒化リチウム (Li_3N) 膜、リン酸リチウム (Li_3PO_4) 膜、塩化リチウム (LiCl) 膜、リチウムアルキルシラノレート系膜、リチウムアルキルシロキサン系膜、ポリエチレン (PE) 膜、ポリプロピレン (PP) 膜、ポリスチレン (PS) 膜などのリチウムと反応しないポリマー膜、ポリ (アクリル酸) 膜、エチレンビニルアセテート膜などのリチウムと反応するポリマー膜、またはこれらの組み合わせが挙げられるが、これらに限定されるものではない。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、例えば、化学蒸着 (CVD)、原子層堆積 (ALD)、物理的蒸着 (PVD) などの蒸着法、例えば熱蒸着やスパッタリングなどによって、負極構造 140 上に形成することができる。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、化学結合を促進するために、リチウムの融点超で負極構造 140 上に堆積される

30

40

50

。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 をリチウムの融点未満で堆積させ、その後、負極構造体 140 をリチウムの融点以上まで熱処理することができる。

【0045】

[0049]

いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、共形コーティングまたは別個の膜であってよく、厚さが 1 ナノメートルから 2000 ナノメートルの範囲（例えば、10 ナノメートルから 600 ナノメートルの範囲；50 ナノメートルから 100 ナノメートルの範囲；50 ナノメートルから 200 ナノメートルの範囲；100 ナノメートルから 150 ナノメートルの範囲）のいずれかである。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、1 ミクロン～50 ミクロンの範囲（例えば、1 ミクロン～25 ミクロンの範囲）の厚さを有する別個の膜である。コーティングプロセスパラメータは、例えば機械的耐久性、疎水性、および粘着性を含むパッシベーション膜 160 の保護表面特性を制御する。パッシベーション膜 160 の特性は、空気との反応を最小限に抑えるように最適化することができ、コーティングされたウェブの使用可能な貯蔵寿命を延長し、ウェブの取り扱いを含む電池基板とデバイスの製造可能性を容易にし、電池の組み立ておよび充電中の安定した SEI 形成に貢献する。

10

【0046】

[0050]

図 2 は、本開示の 1 つ以上の実施形態によるモジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 の概略的な側面図を示す。モジュール式フリースパン・コーティングシステムは、フレキシブルなウェブの片面処理または両面処理のいずれかに対して動作可能であってもよい。いくつかの実施形態では、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 は、フレキシブル基板上に形成されたカソード構造またはアノード構造をプレリチオ化するために動作可能である。モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 は、上流側巻き出しモジュール 202、共通の移送チャンバ 220、複数の垂直処理モジュール 210a、210b・・・210n（総称して 210）、および下流側巻き取りモジュール 204 を含むロールツーロールシステムとして構成される。いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210a、210b・・・210n は、連続して配置されており、それぞれが連続的なフレキシブル基板 230 に対して 1 つの処理動作を行うように構成されている。各垂直処理モジュール 210 は、連続的なフレキシブル基板 230 に対してフリースパン・コーティング処理を行うように動作可能であり、フリースパン・コーティング処理の間、垂直処理モジュール 210 内で垂直方向に配向される。

20

30

【0047】

[0051]

図 2 に示すように、垂直処理モジュール 210a、210b・・・210n は、共通の移送チャンバ 220 上に配置されている。連続的なフレキシブル基板 230 は、最初の垂直処理モジュール 210a に挿入され、適切な処理操作または処理工程の後に、最後の垂直処理モジュール 210n から排出されるように示されている。したがって、各垂直処理モジュール 210a～210n は、基板がプロセスモジュールに挿入される側の上流側コンポーネントと、基板がそのプロセスモジュールから排出される側の下流側コンポーネントとを有し、それは例えば上流側巻き出しモジュール 202、および下流側巻き取りモジュール 204 である。いくつかの実施形態では、上流側巻き出しモジュール 202 と下流側巻き取りモジュール 204 は、別々のチャンバ（例えば、巻き取りチャンバと巻き出しチャンバ）に設置される。

40

【0048】

[0052]

いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、ロールに巻き取られるウェブとして提供され、15 cm～160 cm の範囲の幅を有し、典型的には、約 300 cm の幅を有する。いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、8 μm から 200 μm の範囲の厚さを有し、例えば、約 50 μm の厚さを有する。連続的なフレ

50

キシブル基板 230 は、前面 234 および背面 236 を有する。いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、その上に形成された電極構造を有する可撓性材料を含む。電極構造は、アノード構造またはカソード構造であってもよい。例えば、フレキシブル基板は、図 1 B に示すように、その上に形成された負極構造 140 を有する負極集電体 150 であってもよい。いくつかの実施形態では、フレキシブル基板の前面 234 のみが、その上に形成された電極構造を有する。いくつかの実施形態では、前面 234 および背面 236 の両方が、その上に形成された電極構造を有する。

【0049】

[0053]

共通の移送チャンバ 220 は、移送容積 224 を画定する共通の移送チャンバ本体 222 10
を含む。いくつかの実施形態では、共通の移送チャンバ本体 222 は、アルミニウム、石英、セラミック、またはステンレス鋼などの標準的な材料から製造される。共通の移送チャンバ本体 222 は、連続的なフレキシブル基板 230 を収容するための複数の貫通孔 226 a ~ 226 h (総称して 226) を含む。複数の貫通孔 226 は、典型的には、対応する各垂直処理チャンバ 210 の垂直チャンバ本体 240 の対応する貫通孔と位置合わせされている。共通の移送チャンバ本体 222 の各貫通孔 226 は、各垂直処理モジュール 210 の処理容積 244 a、244 b・・・244 n (総称して 244) と、移送容積 224 との間で差動排気を可能にしつつ、連続的なフレキシブル基板 230 を収容するような大きさである。処理容積 244 は、移送容積 224 と流体連通している。いくつかの実
20
実施形態では、処理容積 244 は、真空処理容積である。いくつかの実施形態では、移送容積 224 には不活性ガス環境が維持されている。移送容積 224 のこの不活性ガス環境は、各垂直処理モジュール 210 の処理容積 244 (真空処理容積であってもよい) を、共通の移送チャンバ 220 上に配置された他の垂直処理モジュール 210 の処理容積 244 から隔離する (例えば、ガス分離を提供する)。この隔離により、異なる垂直処理モジュール 210 において適合しない化学物質を使用することができる。不活性ガスは、隣接する垂直処理モジュールの間を流れ、隣接する垂直処理モジュールの間での前駆体気体混合物の拡散を防止する。いくつかの実施形態では、共通の移送チャンバ 220 は、必要に応じて共通の移送チャンバ 220 をポンプダウンおよびベントする圧力制御システム (図示せず) に結合され、1つの垂直処理チャンバの真空環境とモジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 の外部の実質的に周囲の (例えば大気) 環境との間で、連続的
30
なフレキシブル基板 230 を通過させることを容易にする。

【0050】

[0054]

いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210 a ~ 210 n は、各モジュール式処理チャンバが他のモジュール式処理チャンバおよび共通の移送チャンバ 220 から構造的に分離されている、独立型のモジュール式処理チャンバである。したがって、独立型の垂直処理モジュール 210 a ~ 210 n のそれぞれは、他の垂直処理モジュールに影響を与えることなく、独立して配置、再配置、交換、または維持することができる。3つの垂直処理モジュール 210 a、210 b、および 210 n が示されているが、任意の数の垂直処理モジュールが、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 に含まれて
40
もよいことを理解すべきである。例えば、いくつかの実施形態では、2、3、4、5、またはそれより多い垂直処理モジュール 210 がモ、ジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 に含まれる。

【0051】

[0055]

モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 の横方向の寸法、例えば基板移送方向 232 に延びる寸法は、個々の垂直処理モジュール 210 a ~ 210 n の処理チャンバを垂直方向に配置することによって低減される。さらに、本明細書に記載の実施形態によれば、1つのモジュールから次のモジュールへの連続的なフレキシブル基板 230 の水平移動、およびそれによる水平ウェブ制御を実現することができる。さらに、モジュール
50

ルシステムの配置によって、連続的なフレキシブル基板 230 上で電極構造をプレリチオ化する間に、連続的なフレキシブル基板 230 の垂直方向の移動を提供することができる。それにより、堆積領域で発生し得る堆積プロセスからの遊離グラファイトおよび寄生粒子（これにより例えば、粒子が剥がれ落ちることによる堆積層の損傷が発生し得る）が、連続的なフレキシブル基板 230 の前面に落下しにくくなる。

【0052】

[0056]

本開示のいくつかの実施形態では、2つの垂直処理モジュール 210 a、210 b のみが提示されているが、対象となるプレリチオ化プロセスに応じて、追加の垂直処理モジュール 210 n が含まれてもよい。例えば、2つの垂直処理モジュール 210 のみが存在するいくつかの実施形態では、第1の垂直処理モジュール 210 a は、熱蒸着プレリチオ化プロセスを実行するように動作可能であり、第2の垂直処理モジュール 210 b は、プレリチオ化された電極の上にパッシベーション膜を形成するように動作可能である。2つより多い垂直処理モジュール 210 が存在するいくつかの実施形態では、複数の垂直処理モジュール 210 が、プレリチオ化プロセスおよび/または不動態化プロセスのために専用であってもよい。いくつかの実施形態では、追加の垂直処理モジュール 210 が追加され、追加の垂直処理モジュール 210 は、コロナ表面処理プロセス、予備清浄化プロセス、またはポスト清浄化プロセスなどの追加の表面処理プロセスを実行するように動作可能である。

10

【0053】

20

[0057]

いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210 は、垂直チャンバ本体 240 a、240 b、・・・240 n（総称として 240）を含む。いくつかの実施形態では、垂直チャンバ本体 240 は、アルミニウム、石英、セラミック、またはステンレス鋼などの標準的な材料から製造される。仕切り板 242 a、242 b、・・・242 n（以下、総称して 242）は、垂直チャンバ本体 240 によって画定される内部容積を横切って延びる。仕切り板 242 は、内部容積を、連続的なフレキシブル基板 230 を処理するための処理容積 244 と、連続的なフレキシブル基板 230 の方向を反転させるための折り返し容積 246 a、246 b、・・・246 n（総称して 246）とに分離する。仕切り板 242 は、連続的なフレキシブル基板 230 を収容するための複数の貫通孔 243 a ~ 243 f（総称して 243）を含む。仕切り板 242 の各貫通孔 243 は、処理容積 244 と折り返し容積 246 との間の差動排気を可能にしつつ、連続的なフレキシブル基板 230 を収容する大きさになっている。

30

【0054】

[0058]

処理容積 244 および折り返し容積 246 は、共通のチャンバ本体を共有するものとして示されているが、いくつかの実施形態では、処理容積 244 および折り返し容積 246 は、折り返し容積 246 を画定するチャンバ本体が、処理容積 244 を画定するチャンバ本体に積層された、別々のチャンバ本体によって画定されていることを理解されたい。例えば、いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210 は、処理容積 244 を画定する堆積チャンバと、折り返し容積 246 を画定する別個の折り返しチャンバとを含む。堆積チャンバと折り返しチャンバは、折り返しチャンバが堆積チャンバの上に積層された、モジュール式で積層可能な別個の要素である。

40

【0055】

[0059]

垂直処理モジュール 210 a ~ 210 n は、本開示の実施形態に従って、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 が連続的なフレキシブル基板 230 上に形成された電極構造をプレリチオ化および/または不動態化することを可能にする任意の適切な構造、構成、配置、および/またはコンポーネントを含むことができる。例えば、いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210 a ~ 210 n は、熱蒸発源、蒸気拡散器、

50

電源、個別圧力制御、堆積制御システム、および温度制御コンポーネントを含む適切な堆積システムを含むが、これらに限定されない。いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210a ~ 210n は、それぞれ個別のガス供給部を備える。垂直処理モジュール 210a ~ 210n は、典型的には、良好なガス分離を提供するために、互いに分離されている。いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210a ~ 210n は、共通の移送チャンバ 220 によって互いに分離されている。モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 は、垂直処理モジュール 210a ~ 210n の数に制限されない。例えば、いくつかの実施形態において、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 は、2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、またはそれより多くの垂直処理モジュールを含んでもよい。

10

【0056】

[0060]

いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210a ~ 210n は、連続的なフレキシブル基板 230 の 1 つ以上の表面に表面改質処理を行うように動作可能な 1 つ以上の堆積ユニット 252a ~ 252f (総称して 252) を含む。1 つ以上の堆積ユニット 252 は、典型的には、連続的なフレキシブル基板 230 のフリースパン処理を行うために、処理容積 244 内に配置される。例えば、図 2 を参照すると、堆積ユニット 252a は、連続的なフレキシブル基板 230 が補助テンションリール 266b と補助テンションリール 266c との間を移動している間に、連続的なフレキシブル基板 230 を処理するように位置決めされる。いくつかの実施形態では、2 つの堆積ユニット 252a、252b が、連続的なフレキシブル基板 230 に対して処理容積 244 の反対側に配置され、堆積ユニット 252a、252b は、垂直に配向され、連続的なフレキシブル基板 230 の前面 234 に面している。いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニット 252 は、連続的なフレキシブル基板 230 の基板移送方向 232 に平行に処理容積 244 内に配置される。いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニット 252 は、連続的なフレキシブル基板 230 上に堆積される材料が、連続的なフレキシブル基板 230 の基板移送方向 232 に対して実質的に垂直な方向で送られるように配置される。

20

【0057】

[0061]

いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニット 252a ~ 252f は、蒸着源である。いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニットのうちの少なくとも 1 つは、蒸発したリチウムを連続的なフレキシブル基板 230 の表面に送るよう動作可能な垂直拡散器である。いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニットは、それぞれ、CVD 源、PECVD 源、およびスパッタリングまたは熱蒸発源などの PVD 源の群から個別に選択される。いくつかの実施形態では、1 つ以上の堆積ユニット 252a ~ 252f は、独立して、蒸発源、スパッタ源、例えば、マグネトロンスパッタ源、DC スパッタ源、AC スパッタ源、パルススパッタ源、無線周波数 (RF) スパッタリング、または中周波数 (MF) スパッタリングを含むことができ、これらを提供することができる。1 つ以上の堆積ユニットは、蒸発源を含むことができる。いくつかの実施形態において、蒸発源は、熱蒸発源または電子ビーム蒸発源のいずれかを含む。いくつかの実施形態では、蒸発源は、リチウム (Li) 源を含む。いくつかの実施形態では、蒸発源は、2 つ以上の金属の合金を含む。堆積される材料 (例えば、リチウム) は、るつばに提供することができる。いくつかの実施形態では、リチウムは、熱蒸着技術または電子ビーム蒸着技術によって蒸発される。

30

40

【0058】

[0062]

いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 210a ~ 210n は、1 つ以上の冷却源 254a、254b ... 254n (総称して 254) を含む。いくつかの実施形態では、冷却源 254 は、流体冷却されたプレートである。いくつかの実施形態では、冷却源 254 は、垂直処理モジュール 210 の処理容積 244 に配置される。いくつかの実施形態

50

では、図 2 に示すように、冷却源 2 5 4 は、デュアル堆積ユニット 2 5 2 の間に配置される。例えば、第 1 の垂直処理モジュール 2 1 0 a では、冷却源 2 5 4 a は、堆積ユニット 2 5 2 a、2 5 2 b の間に配置されている。冷却源 2 5 4 a を堆積ユニット 2 5 2 a、2 5 2 b の間に位置づけることにより、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が折り返し容積 2 4 6 に近づくと、折り返し容積 2 4 6 から移送容積 2 2 4 に近づいて戻ってくるときの両方で、冷却源 2 5 4 a が連続的なフレキシブル基板 2 3 0 を冷却することができる。

【 0 0 5 9 】

[0 0 6 3]

いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n のうちの 1 つ以上は、化学蒸着、原子レーザー堆積、またはパルスレーザー堆積などの他の方法による堆積を実行するように動作可能であるが、これらに限定されない。いくつかの実施形態では、垂直処理モジュールの 1 つ以上は、プラズマ酸化、またはプラズマ窒化プロセスなどのプラズマ処理プロセスを実行するように動作可能である。

10

【 0 0 6 0 】

[0 0 6 4]

いくつかの実施形態では、折り返し容積 2 4 6 は、中間折り返しローラ 2 4 8 a、2 4 8 b、...、2 4 8 n（総称として 2 4 8）を含む。中間折り返しローラ 2 4 8 は、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の方向を、垂直な上向きの動きから垂直な下向きの動きに変える。いくつかの実施形態では、中間折り返しローラ 2 4 8 が連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の裏面 2 3 6 に面している場合、中間折り返しローラは、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の裏面 2 3 6 に直接接触してもよく、ガスクッションローラとして設計されている必要はない。いくつかの実施形態では、中間折り返しローラ 2 4 8 は、ガスクッションローラとして設計される。いくつかの実施形態では、中間折り返しローラ 2 4 8 は、温度制御される。いくつかの実施形態では、中間折り返しローラ 2 4 8 は加熱される。中間折り返しローラ 2 4 8 の加熱は、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 に形成され得るしわを減少させると考えられる。いくつかの実施形態では、中間折り返しローラ 2 4 8 は冷却される。中間折り返しローラ 2 4 8 を冷却することは、処理容積 2 4 4 での処理後の連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の温度を下げるのに役立つ。処理後の連続的なフレキシブル基板 2 3 0 を冷却することは、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 への熱による損傷を低減すると考えられる。

20

30

【 0 0 6 1 】

[0 0 6 5]

いくつかの実施形態では、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 2 0 0 は、共通の移送アーキテクチャ 2 6 0 を含む。共通の移送アーキテクチャ 2 6 0 は、垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n のそれぞれの処理容積 2 4 4 を通して連続的なフレキシブル基板 2 3 0 を移動させることができる任意の移送機構を含むことができる。いくつかの実施形態では、共通の移送アーキテクチャ 2 6 0 は、下流側巻き取りモジュール 2 0 4 に配置された共通の巻き取りリール 2 6 4 と、折り返し容積 2 4 6 に配置された中間巻き取りローラ 2 4 8 と、上流側巻き出しモジュール 2 0 2 に配置された巻き出しリール 2 6 2 とを有する、リールツーリールシステムである。いくつかの実施形態では、下流側巻き取りモジュール 2 0 4、中間折り返しローラ 2 4 8、および巻き出しリール 2 6 2 は、目標とするプロセス条件に応じて、個別に加熱または冷却される。いくつかの実施形態では、下流側巻き取りモジュール 2 0 4、中間折り返しローラ 2 4 8、および巻き出しリール 2 6 2 は、各リール内に配置された内部熱源または外部熱源のいずれかを用いて個別に加熱される。いくつかの実施形態では、下流側巻線モジュール 2 0 4、中間折り返しローラ 2 4 8、および巻き出しリール 2 6 2 は、各リール内に配置された内部冷却源または外部冷却源のいずれかを使用して、個別に冷却される。

40

【 0 0 6 2 】

[0 0 6 6]

いくつかの実施形態では、共通の移送アーキテクチャ 2 6 0 は、巻き出しリール 2 6 2、

50

中間折り返しローラ 2 4 8、および共通の巻き取りリール 2 6 4 の間に配置された 1 つ以上の補助テンションリール 2 6 6 a ~ 2 6 6 n (総称して 2 6 6) をさらに含む。補助テンションリール 2 6 6 は、各垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n、巻き出しリール 2 6 2、および共通の巻き取りリール 2 6 4 の間で連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が運ばれる経路上に配置されており、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 に引張力を与えることができる。この引張力により、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 のサギングが防止されるとともに、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の移動方向が変わる。したがって、連続的に長い経路に沿って連続的なフレキシブル基板 2 3 0 を移動させても、一定の移動速度が常に維持される。いくつかの実施形態では、補助テンションリール 2 6 6 のいずれかをガスクッションローラに置き換えてもよい。別個の処理領域、モジュール、またはチャンバを有する実施形態の場合、共通の移送アーキテクチャは、各垂直処理モジュールまたは処理容積が、個別の巻き取りリールおよび供給リールと、巻き取りリールと供給リールとの間に配置された 1 つ以上の任意選択的な中間移送リールとを有するリールツーリールシステムであってもよい。

10

【 0 0 6 3 】

[0 0 6 7]

モジュール式フリースパン・コーティングシステム 2 0 0 を通り、個々の垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n を通る連続的なフレキシブル基板 2 3 0 の移送速度は、垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n の数に基づいている。いくつかの実施形態では、垂直処理モジュール 2 1 0 a ~ 2 1 0 n を通して連続的なフレキシブル基板 2 3 0 を移動させるために使用される移送速度は、0 . 1 m / 分 ~ 2 . 5 m / 分の範囲であり、典型的には 0 . 6 m / 分である。

20

【 0 0 6 4 】

[0 0 6 8]

動作時に、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、上流の巻き出しモジュール 2 0 2 から搬送され、貫通孔 2 2 6 a を通過して、共通の移送チャンバ 2 2 0 に進む。次に、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、第 1 の垂直処理モジュール 2 1 0 a の処理容積 2 4 4 a に進むように、貫通孔 2 2 6 b を通って垂直上方に移動される。処理容積 2 4 4 a では、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、堆積ユニット 2 5 2 a と冷却源 2 5 4 a との間を移動し、ここで連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、フリースパン・プレリチオ化プロセスのようなフリースパン表面改質プロセスにさらされる。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 4 3 a を通って垂直上方に移動し、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が垂直下方に移動するように向きを変える中間折り返しローラ 2 4 8 の周りの第 1 垂直処理モジュール 2 1 0 a の折り返し容積 2 4 6 に進む。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、処理容積 2 4 4 a に戻る貫通孔 2 4 3 b を通って、垂直方向に下向きに移動する。処理容積 2 4 4 a では、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、堆積ユニット 2 5 2 b と冷却源 2 5 4 a との間を移動し、ここで連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、追加のフリースパン・プレリチオ化プロセスまたはフリースパン不動態化プロセスなどの追加のフリースパン表面改質プロセスにさらされる。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 2 6 c を通って、共通の移送チャンバ 2 2 0 内に垂直下方に移動される。その後、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が第 2 の垂直処理モジュール 2 1 0 b の処理容積 2 4 4 b に進むように、貫通孔 2 2 6 d を通って垂直上方に向きを変えられるまで、共通の移送チャンバ 2 2 0 内を水平方向に移動する。処理容積 2 4 4 b では、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、フリースパン不動態化処理などのフリースパン表面改質処理にさらされる。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 4 3 c を通って垂直上方に移動し、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が垂直下方に移動するように向きを変える中間の折り返しローラ 2 4 8 b の周りで第 2 の垂直処理モジュール 2 1 0 b の折り返し容積 2 4 6 b に進む。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 4 3 d を通って垂直下方に移動し、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 がフリースパン不動態化プロセスなどの追加のフリースパン表面改質プロセスにさらされる処理容積 2 4 4 b に戻る。連続的なフレキシ

30

40

50

ブル基板 230 は、共通の移送チャンバ 220 に戻る貫通孔 226 e を通って垂直下方に移動される。いくつかの実施形態では、フレキシブル基板は、例えば、垂直処理モジュール 210 n などの追加の垂直処理モジュールで追加の処理を受ける。

【0065】

[0069]

一般に、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 は、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 の自動化された態様を制御するように構成されたシステムコントローラ 290 を含む。システムコントローラ 290 は、モジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 全体の制御および自動化を容易にするものであり、中央処理装置 (CPU) (図示せず)、メモリ (図示せず)、およびサポート回路 (または I/O) (図示せず) を含むことができる。ソフトウェアの命令やデータは、CPU に指示するためにコード化されてメモリ内に格納することができる。システムコントローラ 290 が読み取り可能なプログラム (またはコンピュータ命令) は、どのタスクが基板上で実行可能であるかを決定する。好ましくは、プログラムは、システムコントローラ 290 によって読取可能なソフトウェアであり、少なくとも基板の位置情報、様々な制御されたコンポーネントの動きの順序、およびそれらの任意の組み合わせを生成して格納するコードを含む。

【0066】

[0070]

図 3 は、図 2 のモジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 で使用可能な垂直処理モジュール 300 の概略的な側面図を示している。垂直処理モジュール 300 は、両面フリースパン・プレリチオ化プロセスおよび/または両面フリースパン不動態化プロセスなどの両側表面改質プロセスを実行するように動作可能である。両面フリースパン・プレリチオ化プロセスの間、連続的なフレキシブル基板 230 の両方の側面 (例えば、前面 234 および背面 236) は、フリースパン・プレリチオ化プロセスまたはフリースパン不動態化プロセスに同時にさらされる。垂直処理モジュール 300 は、垂直処理モジュール 300 が 3 つの堆積ユニット 352 a ~ 352 c (総称して 352) を有することを除いて、垂直処理モジュール 210 と同様である。1 つ以上の堆積ユニット 352 は、典型的には、連続的なフレキシブル基板 230 のフリースパン処理を行うために、処理容積 344 に配置される。例えば、図 3 を参照すると、堆積ユニット 352 a は、連続的なフレキシブル基板 230 が補助テンションリール 366 b と補助テンションリール 366 c との間を移動している間に、連続的なフレキシブル基板 230 を処理するように位置決めされている。堆積ユニット 352 b は、連続的なフレキシブル基板 230 が補助テンションリール 366 d と補助テンションリール 366 e との間を移動している間に、連続的なフレキシブル基板 230 を処理するように位置決めされる。堆積ユニット 352 a および 352 b は、連続的なフレキシブル基板 230 の前面 234 を処理するように位置決めされる。堆積ユニット 352 c は、堆積ユニット 352 a および 352 b の間に配置され、連続的なフレキシブル基板 230 の裏面 236 を処理するように動作可能である。いくつかの実施形態では、堆積ユニット 352 a ~ 352 c は、堆積ユニット 252 と同様に構成される。

【0067】

[0071]

図 4 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、電極構造のプレリチオ化および不動態化の処理シーケンス 400 の一実施形態を要約したプロセスフローチャートを示す。処理シーケンス 400 は、例えば、図 1 A に描かれた電極構造のような片面電極構造、または、例えば、図 1 B に描かれた電極構造のような両面電極構造をプレリチオ化するために使用することができる。処理シーケンス 400 は、例えば、図 2 に描かれたモジュール式フリースパン・コーティングシステム 200 を用いて実行されてもよい。

【0068】

[0072]

10

20

30

40

50

処理シーケンス 400 は、電極構造を含むフレキシブル基板を提供することにより、動作 410 で開始する。いくつかの実施形態では、フレキシブル基板は、連続的なフレキシブル基板 230 であり、これは例えば、図 1A に描かれているように、負極集電体 150 上に形成された負極構造 140 などの負極（アノード電極）、または、例えば、正極集電体 110 上に形成された正極構造 120 などの正極（カソード電極）を含む。いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、図 1B に示すように、負極集電体 150 の両面に形成された負極構造体 140a、140b（総称して 140）を備えた負極集電体 150 を含む両面電極構造体 170 などの両面電極構造体を含む。

【0069】

[0073]

10

動作 420 において、フレキシブル基板は、第 1 の垂直処理モジュールに移動する。図 2 を参照すると、いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、上流の巻き出しモジュール 202 から運ばれ、貫通孔 226a を通過して、共通の移送チャンバ 220 に進む。その後、連続的なフレキシブル基板 230 は、第 1 の垂直処理モジュール 210a の処理容積 244a に進むように、貫通孔 226b を通って垂直上方に移動する。

【0070】

[0074]

動作 430 では、フレキシブル基板を第 1 の垂直処理モジュールで処理する。いくつかの実施形態では、このプロセスは、反応性リチウムイオンが連続的なフレキシブル基板 230 上に凝縮し、負極構造 140 の粒界に沿ってインターカレーションするフリースパン・プレリチオ化プロセスである。図 2 を参照すると、いくつかの実施形態では、処理容積 244a において、連続的なフレキシブル基板 230 は、堆積ユニット 252a と冷却源 254a との間を移動し、この際に連続的なフレキシブル基板 230 は、フリースパン・プレリチオ化プロセスなどのフリースパン表面改質プロセスにさらされる。いくつかの実施形態では、堆積ユニット 252a は、蒸気拡散器である。フリースパン・プレリチオ化プロセスは、堆積ユニット 252a を介して気化したリチウムを連続的なフレキシブル基板 230 に向けて送ることを含む。気化したリチウムは、連続的なフレキシブル基板 230 の電極構造上で凝縮することにより、電極構造をプレリチオ化する。いくつかの実施形態では、プレリチオ化の程度は、堆積ユニット 252 によって放出される反応性リチウムイオンの温度および濃度を調整することによって制御される。また、プレリチオ化の程度は、連続的なフレキシブル基板 230 から冷却源 254 への熱伝達および移送速度によっても制御される。コーティングプロセスが完了した後も、負極の粒界に沿ってリチウムがインターカレートし続ける可能性があることに留意されたい。したがって、いくつかの実施形態では、プレリチオ化の程度が制御された材料を製造するために、フリースパン・プレリチオ化プロセスを、その後の材料のエージングおよび他の処理とともに利用する。

20

30

【0071】

[0075]

第 1 のプレリチオ化プロセスの後、連続的なフレキシブル基板 230 は、貫通孔 243a を通って垂直上方に移動し、連続的なフレキシブル基板 230 が垂直下方に移動するように向きを変える中間折り返しローラ 248a の周りの第 1 の垂直処理モジュール 210a の折り返し容積 246 に進む。中間折り返しローラ 248a が温度制御されているいくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、中間折り返しローラ 248a によって冷却または加熱される。連続的なフレキシブル基板 230 は、処理容積 244a に戻る貫通孔 243b を通って垂直下方に移動する。処理容積 244a では、連続フレキシブル基板 230 は、堆積ユニット 252b と冷却源 254a との間を移動し、ここで連続フレキシブル基板 230 は、連続フレキシブル基板 230 の電極構造に追加のリチウムを供給するための追加のフリースパン・プレリチオ化プロセスにさらされる。

40

【0072】

[0076]

動作 440 において、連続的なフレキシブル基板 230 は、第 1 の垂直処理モジュール 2

50

10 a から移動される。連続的なフレキシブル基板 230 は、貫通孔 226 c を通って共通の移送チャンバ 220 に垂直方向に移動される。その後、連続的なフレキシブル基板 230 は、動作 450 において、連続的なフレキシブル基板 230 が第 2 の垂直処理モジュール 210 b の処理容積 244 b に進むように、貫通孔 226 d を通って垂直上方に向きを変えられるまで、共通の移送チャンバ 220 を通って水平方向に移動する。

【0073】

[0077]

動作 460 では、第 2 の垂直処理モジュール 210 b の処理容積 244 b において、連続的なフレキシブル基板 230 が処理される。第 2 の垂直処理モジュール 210 b の処理容積 244 b において、連続的なフレキシブル基板 230 は、フリースパン不動態化プロセスなどのフリースパン表面改質プロセスにさらされる。いくつかの実施形態では、フリースパン不動態化プロセスは、パッシベーション膜 160 などのパッシベーション膜をプレリチオ化された電極構造上に形成する。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜は、蒸着法、例えば化学蒸着 (CVD)、エアロゾルアシスト化学蒸着 (AACVD)、原子層堆積 (ALD)、エレクトロスプレー堆積 (ESD)、または物理的蒸着 (PVD)、例えば蒸着やスパッタリングによって、電極構造上に形成することができる。

【0074】

[0078]

動作 470 では、連続的なフレキシブル基板 230 を第 2 の垂直処理モジュール 210 b から移動させる。連続的なフレキシブル基板 230 は、貫通孔 226 e を通って垂直方向に下向きに移動し、共通の移送チャンバ 220 に入る。連続的なフレキシブル基板 230 が追加の処理を受ける一実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 は、次に、連続的なフレキシブル基板 230 が垂直処理モジュール 210 n の処理容積 244 n に進むように、貫通孔 226 f を通って垂直上方に向きを変えられるまで、共通の移送チャンバ 220 を水平方向に移動する。別の実施形態では、連続的なフレキシブル基板 230 の処理が完了すると、連続的なフレキシブル基板 230 は、貫通孔 226 h を通って共通の移送チャンバ 220 から出る。共通の移送チャンバ 220 を出た後、連続フレキシブル基板 230 は、巻き取りリール 264 に巻き取られてもよい。

【0075】

[0079]

いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、リチウムの融点を上回るまたは下回る、リチウムと不活性もしくは反応性の気体または液体の前駆体を用いて形成することができる。例えば、パッシベーション膜 160 は、第 2 の垂直処理モジュール 210 b の処理容積 244 b の堆積ユニット 252 の間に無水二酸化炭素を導入して、第 1 の垂直処理モジュール 210 a の処理容積 244 a に形成されたプレリチオ化された表面に炭酸リチウム (Li_2CO_3) の保護層を形成することによって形成することができる。堆積ユニット 252 の動作温度および連続フレキシブル基板 230 の潜熱は、炭酸リチウムのピンホールフリー品質および総厚に影響を与える。いくつかの実施形態では、二酸化炭素の代わりにリン酸を使用して、リン酸リチウム (Li_3PO_4) の保護層を形成する。リン酸リチウムは炭酸リチウムよりも耐湿性が高いので、より長い期間にわたってコーティングされたウェブの空気反応性を低減するのにより効果的である。不動態化処理中に、プレリチオ化された負極構造 140 の加熱を回避することが望ましいいくつかの実施形態では、クロロシラン蒸気を使用して、塩化リチウム (LiCl) およびアルキルシラノール酸リチウム誘導体またはアルキルシロキサン of いくつかの薄層を生成し、炭酸リチウムまたはリン酸リチウムよりも熱安定性の高いパッシベーション膜、例えばパッシベーション膜 160 を生成する。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、空気反応性を最小限に抑える炭酸リチウム膜と、ウェブの耐久性を向上させ、電池の組み立てを容易にするワックスなどの有機層、例えば Luwax (登録商標) などのポリエチレンワックスなど、2 つ以上の層状の膜で構成される。いくつかの実施形態では、パッシベーション膜 160 は、安定性および貯蔵寿命を向上させるために、N-メチル-2-ピロリドン

10

20

30

40

50

(N M P) への溶解度が低いポリエチレンオキシド、エチレンビニルアセテート、または他のポリマーの 1 つ以上の層で構成される。共通の移送チャンバ 2 2 0 は、処理容積 2 4 4 a と処理容積 2 4 4 b との間に空間的な隔離を提供することで、不動態化プロセスで使用する反応性ガスまたは蒸気の前駆体が上流に移動してプレリチオ化プロセスを汚染することを防止する。

【 0 0 7 6 】

[0 0 8 0]

連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 4 3 c を通って垂直上方に移動し、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 が垂直下方に移動するように向きを変える中間折り返しローラ 2 4 8 b の周りの第 2 の垂直処理モジュール 2 1 0 b の折り返し容積 2 4 6 b に進む。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、貫通孔 2 4 3 d を通って垂直下方に移動し、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 がフリースパン不動態化プロセスなどの追加のフリースパン表面改質プロセスにさらされる処理容積 2 4 4 b に戻る。連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、共通の移送チャンバ 2 2 0 に戻る貫通孔 2 2 6 e を通って垂直方向に下向きに移動される。

10

【 0 0 7 7 】

[0 0 8 1]

いくつかの実施形態では、連続的なフレキシブル基板 2 3 0 は、例えば垂直処理モジュール 2 1 0 n などの追加の垂直処理モジュールにおいて追加の処理を受ける。いくつかの実施形態では、追加の処理は、セパレータ、電解質可溶性バインダの堆積を提供してもよく、または、いくつかの実施形態では、追加のチャンバは、正極構造の形成を提供してもよい。いくつかの実施形態では、追加のチャンバは、負極の切断をもたらす。パッシベーション膜は、負極の切断後に除去することができる。

20

【 0 0 7 8 】

[0 0 8 2]

要約すると、本開示の利点のいくつかは、プレリチオ化と不動態化をモジュール式フリースパン処理システムに効率的に統合することを含む。現在、リチウム金属の堆積は、ドライルームまたはアルゴンガスの雰囲気の中で行われている。リチウム金属は揮発性であるため、後続の処理工程もアルゴンガス雰囲気中で行う必要がある。アルゴンガス雰囲気の後続の処理工程を実行するには、現在の製造ツールを改造する必要がある。本発明者らは、後続の処理の前にリチウム金属に保護膜をコーティングすることで、後続の処理を真空下または大気圧下で行うことができることを見出した。保護膜を設けることで、不活性ガス雰囲気中の追加処理が不要となり、製造装置の複雑化を防ぐことができる。また、保護膜を用いることで、リチウム金属膜が形成された負極の輸送、保管、またはその両方が可能となる。さらに、電極構造に垂直方向にプレリチオ化と不動態化を行うことで、システムの設置面積を削減しながら、処理時間や処理長さを調節することができる。

30

【 0 0 7 9 】

[0 0 8 3]

また、フリースパン・コーティングにより、熱負荷の高い蒸気源付近でのウェブと冷却ドラムの接触がなくなる。容積内の堆積からウェブをハンドリングする必要性がなくなることで、シワなどの巻き取り不良を防ぐことができる。また、フリースパン・コーティングは、低水準の設備コストでウェブの高速化（例えば、毎分 1 メートル以上、最大で毎分 40 メートル）を可能にする。フリースパン・コーティングシステムは、シワを最小限に抑えるように設計されている。いくつかの実施形態では、コーティングシステムは、熱に敏感な基板を損傷することなくコーティングの厚さと均一性を最大化するために、異なる温度で動作する複数のチャンバを備えている。いくつかの実施形態では、コーティングシステムは、温度、処理長さ、およびウェブ速度を最適化することにより、コーティング速度を制御することができる。いくつかの実施形態では、寄生面を最小限に抑えることで、コーティングシステムは高いリチウム利用率を実現する。

40

【 0 0 8 0 】

50

[0 0 8 4]

本開示の要素またはその例示的な態様または実施形態を紹介する場合、冠詞「a」、「an」、「the」および「said」は、1つまたは複数の要素が存在することを意味することを意図している。

【 0 0 8 1 】

[0 0 8 5]

「含む (comprising)」、「含む (including)」および「有する (having)」という用語は、包括的であることを意図しており、列挙された要素以外のさらなる要素が存在する可能性があることを意味する。

【 0 0 8 2 】

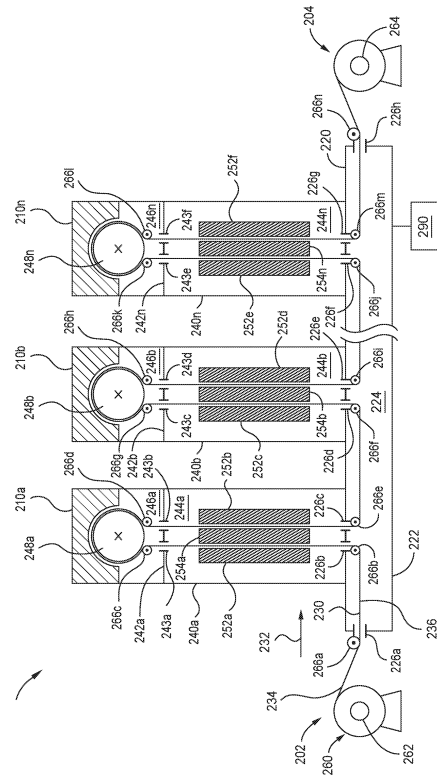
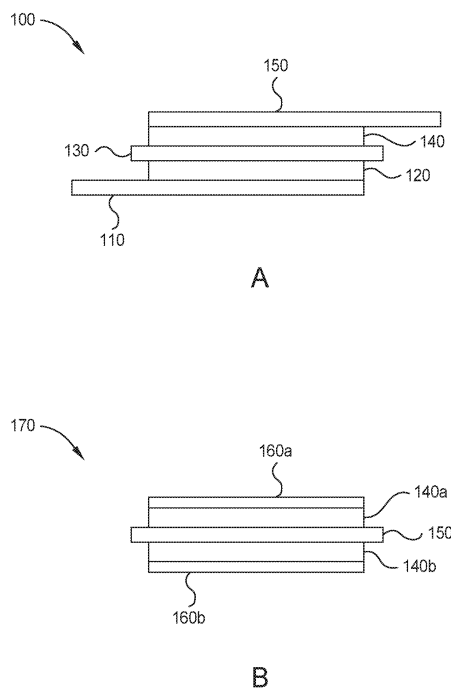
[0 0 8 6]

上述のことは本開示の実施形態に関するものであるが、本開示の他の実施形態およびさらなる実施形態は、その基本的な範囲から逸脱することなく工夫することができ、その範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

【 図 面 】

【 図 1 】

【 図 2 】



10

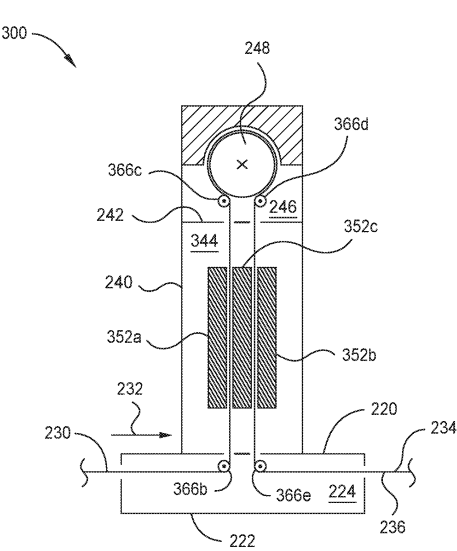
20

30

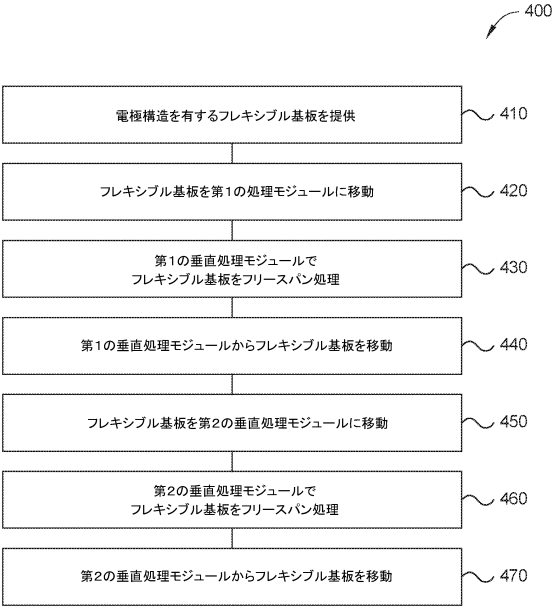
40

50

【 図 3 】



【 図 4 】



10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2019/063995
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 4/139(2010.01)i, H01M 4/04(2006.01)i, B65H 18/10(2006.01)i, B65H 23/26(2006.01)i, B65H 23/28(2006.01)i, H01M 10/052(2010.01)i 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 4/139; B32B 27/08; C23C 14/04; C23C 14/24; C23C 14/34; C23C 14/56; C23C 16/00; H01M 10/40; H01M 4/04; B65H 18/10; B65H 23/26; B65H 23/28; H01M 10/052		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: common transfer chamber, transfer volume, vertical chamber body, processing volume, reel-to-reel system, flexible substrate, electrode		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017-131997 A1 (APPLIED MATERIALS, INC.) 03 August 2017 claims 10, 15; paragraphs [0047], [0050], [0051], [0053]-[0057]; figure 2	1-15
Y	KR 10-2012-0046610 A (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 10 May 2012 paragraphs [0025], [0026], [0030]-[0034]; figure 1	1-15
A	US 2008-0202418 A1 (SAUER, P. et al.) 28 August 2008 claims 1, 3, 4, 13; paragraphs [0024], [0033], [0041], [0046]; figures 1A-1C, 5	1-15
A	US 2016-0340776 A1 (SAUER, A. et al.) 24 November 2016 claim 1; paragraphs [0031]-[0033], [0036], [0040], [0041]; figures 1B, 1C	1-15
A	JP 2007-214109 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND. CO., LTD.) 23 August 2007 the whole document	1-15
☐ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 19 March 2020 (19.03.2020)		Date of mailing of the international search report 20 March 2020 (20.03.2020)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer KWON, YONGKYONG Telephone No. +82-42-481-3371

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/US2019/063995

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2017-131997 A1	03/08/2017	CN 108604668 A JP 2019-507471 A KR 10-2018-0100706 A TW 201736132 A US 2019-0013516 A1	28/09/2018 14/03/2019 11/09/2018 16/10/2017 10/01/2019
KR 10-2012-0046610 A	10/05/2012	CN 102465252 A CN 102465252 B KR 10-1201755 B1	23/05/2012 21/01/2015 15/11/2012
US 2008-0202418 A1	28/08/2008	AT 445720 T CN 101284608 A EP 1964943 A1 EP 1964943 B1 JP 2008-218990 A KR 10-2008-0079996 A RU 2008103960 A TW 200906700 A	15/10/2009 15/10/2008 03/09/2008 14/10/2009 18/09/2008 02/09/2008 10/08/2009 16/02/2009
US 2016-0340776 A1	24/11/2016	CN 106414795 A EP 3097220 A1 JP 2017-506290 A KR 10-2016-0111481 A TW 201546310 A WO 2015-110154 A1	15/02/2017 30/11/2016 02/03/2017 26/09/2016 16/12/2015 30/07/2015
JP 2007-214109 A	23/08/2007	JP 5172134 B2 US 2007-0204457 A1 US 7914930 B2	27/03/2013 06/09/2007 29/03/2011

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JO,JP,KE,K
G,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,N
I,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

リアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

(72)発明者 ランガサミー, エジイルムルガン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 30
50, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド,
ロー デパートメント

(72)発明者 ゴイール, トーマス

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 30
50, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド,
ロー デパートメント

(72)発明者 ヘール, スプラマニヤ ピー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 30
50, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド,
ロー デパートメント

F ターム (参考) 5H050 AA15 AA19 BA16 BA17 CA01 CA02 CA05 CA08 CA09 CA11

CB02 CB07 CB08 CB09 CB11 CB12 GA02 GA09 GA16 GA27 GA29

HA12