

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6945786号
(P6945786)

(45) 発行日 令和3年10月6日 (2021. 10. 6)

(24) 登録日 令和3年9月17日 (2021. 9. 17)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 2 C 1/08 (2006. 01)	C 2 2 C 1/08 D
C 2 3 C 14/14 (2006. 01)	C 2 3 C 14/14 B
C 2 3 C 14/58 (2006. 01)	C 2 3 C 14/58 Z
H O 1 M 4/80 (2006. 01)	H O 1 M 4/80 C

請求項の数 9 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2020-543689 (P2020-543689)	(73) 特許権者	520150485
(86) (22) 出願日	平成31年3月14日 (2019. 3. 14)		江蘇中天科技股▲ふん▼有限公司
(65) 公表番号	特表2021-508784 (P2021-508784A)		中華人民共和国江蘇省南通市如東県河口鎮
(43) 公表日	令和3年3月11日 (2021. 3. 11)		中天路1号226463
(86) 国際出願番号	PCT/CN2019/078190		J I A N G S U Z H O N G T I A N T
(87) 国際公開番号	W02019/174621		E C H N O L O G Y C O . , L T D .
(87) 国際公開日	令和1年9月19日 (2019. 9. 19)	(73) 特許権者	521270616
審査請求日	令和2年4月28日 (2020. 4. 28)		中天超容科技有限公司
(31) 優先権主張番号	201810220747.6		中華人民共和国江蘇省南通市開発区中天路
(32) 優先日	平成30年3月16日 (2018. 3. 16)		5-1号
(33) 優先権主張国・地域又は機関	中国 (CN)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質アルミニウムマクロ、並びに、その製造システム及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

多孔質アルミニウムマクロの製造システムであって、前記多孔質アルミニウムマクロは、
中空アルミニウムワイヤーを接続して形成される3次元の完全な通孔の構造であり、

前記中空アルミニウムワイヤーの肉厚は、7～100μmであり、

多孔質アルミニウムマクロの総空隙率は、85～99%であり、

引張強度は、0.4～2MPaであり、

圧縮強度は、1～3.5MPaであり、

中空孔が閉じられて、外界と連通せず、

前記製造システムは、1つのマグネトロンスパッタリングサブシステム1、1つの高温
アルミニウム蒸気サブシステム2、1つの低温アルミニウム堆積サブシステム3、1つの
アルミニウム蒸気回収サブシステム4、及び1本の多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブ
システム5を備え、

前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム5は、マグネトロンスパッタリング
サブシステムサブシステム1と低温アルミニウム堆積サブシステム3と互いに接続して、
多孔質ポリウレタンフィルムの移動経路を形成し、前記高温アルミニウム蒸気サブシステ
ム2、前記低温アルミニウム堆積サブシステム3、及び前記アルミニウム蒸気回収サブシ
ステム4が互いに接続して、アルミニウム元素の供給、堆積、回収の経路を形成するこ
とを特徴とする製造システム。

【請求項 2】

10

20

前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の後端には、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の方向に近づいて酸素を含むガスを入れるための入り口が設けられ、アルミニウムが堆積するとともにアルミニウムの温度を利用して、前記多孔質ポリウレタンフィルムを完全に燃焼させ、前記多孔質ポリウレタンフィルムを前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出す場合、炭素元素を含まないことを特徴とする請求項 1 に記載の製造システム。

【請求項 3】

前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 は、複数のアルミニウム堆積通路を有して、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 が前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 に向かって移動する多孔質アルミニウムフィルムを、酸素を含むガスに接触させ、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 から前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に戻った前記多孔質アルミニウムフィルムを、酸素を含むガスに接触させないことを特徴とする請求項 1 に記載の製造システム。

【請求項 4】

前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 は、風誘発システムを備え、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 中の不活性ガス、ポリマーを燃焼した排気ガス及びアルミニウム蒸気を含む混合ガスを、前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入させ、冷却によりアルミニウム蒸気が結露して固体になって、他の気体と分離した後、それぞれ前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻ることとする請求項 1 に記載の製造システム。

【請求項 5】

前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 は、外界のアルミニウム及び前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 によって回収されたアルミニウムを、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 でアルミニウム蒸気に変更され、同時に前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入された混合ガスは、燃焼無害化処理されて排気ガスとなり、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 から送出されることを特徴とする請求項 1 に記載の製造システム。

【請求項 6】

多孔質アルミニウムマクロの製造方法であって、

前記多孔質アルミニウムマクロは、中空アルミニウムワイヤーを接続して形成される 3 次元の完全な通孔の構造であり、

前記中空アルミニウムワイヤーの肉厚は、7 ~ 100 μm であり、

多孔質アルミニウムマクロの総空隙率は、85 ~ 99 %であり、

引張強度は、0.4 ~ 2 MPaであり、

圧縮強度は、1 ~ 3.5 MPaであり、

中空孔が閉じられて、外界と連通せず、

前記製造方法は、

(1) 厚み 0.5 ~ 30 mm、幅 1 ~ 500 mm、アスペクト比 400 : 1 ~ 4000 : 1 の多孔質ポリウレタンフィルムを、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、1 ~ 20 cm/min の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、25 ~ 50 で 0.5 ~ 5 Pa の絶対圧力のアルゴン環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 2 ~ 10 W/cm² に制御し、前記多孔質ポリウレタンフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 1 ~ 500 nm の厚さになるまで連続的に堆積されるステップと、

(2) 高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の溶融プールでは常に 600 ~ 800 でアルミニウム粒子を溶融し、不活性ガス窒素或いはアルゴンの存在下で、分圧が 0.1 ~ 10 % であるアルミニウム蒸気になり、不活性ガスは、前記アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動するステップと、

(3) 前記マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的

に前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 200 ~ 300 に設定し、前記アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 1 ~ 30 分に制御するステップと、

(4) 前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及び前記マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、前記フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にするステップと、

(5) 前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の過剰なアルミニウム蒸気は、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 を介して、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻って、アルミニウムと不活性ガスの再利用を実現するステップと、

10

を備えることを特徴とする製造方法。

【請求項 7】

前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミニウムワイヤーは、中空構造であり、中空の孔は、全て外界の媒体に連通し、

前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 を介して前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 とマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に戻った後、アルミニウムワイヤーの直径が多くなり、全ての中空孔が閉じられて、外界と連通しないことを特徴とする請求項 6 に記載の製造方法。

【請求項 8】

20

前記多孔質ポリウレタンフィルムは、ポリウレタン、ポリオレフィン、P V D F フィルム、P T F E フィルムを備えることを特徴とする請求項 6 に記載の製造方法。

【請求項 9】

前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 は、外界のアルミニウム及びアルミニウム蒸気回収サブシステム 4 によって回収されたアルミニウムを、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 で高温熔融方法によってアルミニウム蒸気に変更することを特徴とする請求項 6 に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、電気化学エネルギー貯蔵、及び金属処理の技術分野に属し、特に、電気化学エネルギー貯蔵システムで使用される多孔質アルミニウム、並びに、その製造システムおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、スーパーキャパシタや各種二次電池は、世界でクリーン電気化学エネルギー貯蔵の重要な研究分野であり、可逆的な充電と放電の特性を持っており、例えば、車両、クレーン、風力発電ブレード、各種回路スイッチ、各種電源などであるさまざまな動力機器を駆動するためのエネルギーを蓄える。スーパーキャパシタ、さまざまな二次電池、またはそれらの混合製品の共同構造の特性は、活物質、正極、負極、セパレータ、集電体を有している。従来の加工方法では、非多孔質で、平坦で、機械的に強く、導電性の良い金属箔（例えば、アルミニウム箔など）が、集電体（電流の収集）としてよく使用される。そして、デバイス内の活物質の質量占有率を可能な限り増加させて、活物質及び接着剤などは、ミキシングおよびロール転動方式によってマクロ表面に固定される。この方法は大規模な工業化を達成した。

40

【0003】

しかし、スーパーキャパシタに使用される活物質は、多くの場合、さまざまな炭素または炭素材料である。二次電池用の活物質は、リチウムイオン電池を例にとると、多くの場合、さまざまな無機リチウム化合物である。同時に、セパレータ、電解質など、システムで使用される必要な要素の固有密度は、ほとんどが金属の固有密度よりも小さい。したが

50

って、デバイスの質量エネルギー密度と体積エネルギー密度を追求する前提の下で、デバイス内の質量において従来の非多孔質のマクロの占有比が大きく示し、エネルギーの不利に寄与しない。同時に、従来の活物質を非多孔質金属マクロ構造に接着して加工する方法には、分解して回収するのが難しいという欠点があり、デバイスが廃棄された後に分解して回収するのも難しく、コスト削減や環境保護にも不利である。

【 0 0 0 4 】

アルミニウム集電体の重要性を考慮して、先行者は様々な多孔質アルミニウムマクロの製造方法を提案し、この方法には、ポリウレタンテンプレートを使用した電気メッキまたは物理的スパッタリングが含まれる。テンプレートを取り外した後、これらの多孔質中空アルミニウムマクロの空隙率は97%に達して、導電率が非常に良好で、質量が非常に軽い。しかし、電気化学的アルミニウムめっき法は、アルミニウムイオンを含む液体などの高価な試薬を使用し、システムに何の水も含まないため、イオン液体の分解を避けて、 $AlCl_3$ などの強い腐食性物質とHClなどの酸性ミストが形成される。多孔質ポリウレタンフィルムの水を除去するのにコストが増加される。単純な物理的スパッタリング法は、電気化学アルミニウムめっきの欠点を克服するが、その設備の体積が限られて、大面積のサンプルを同時にスパッタリングできず、同時に、アルミニウムの堆積速度が遅すぎてしまう。さらに、高温物理蒸気アルミニウムの工業的な方法があるが、高温アルミニウム蒸気は直接多孔質ポリウレタンフィルムを溶融させるため、適切なサンプルを得ることができない。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

既存の方法の欠点を考慮して、本発明は、迅速な堆積を保証し、優れた電気化学の安定性、及び他の用途を維持する、多孔質アルミニウムマクロ、並びに、その製造システム及びその製造方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の技術的解決策を採用する。

【 0 0 0 7 】

多孔質アルミニウムマクロであって、前記多孔質アルミニウムマクロは、中空アルミニウムワイヤーを接続して形成される3次元の完全な通孔の構造であり、前記中空アルミニウムワイヤーの肉厚は、7~100 μm であり、多孔質アルミニウムマクロの総空隙率は、85~99%であり、引張強度は、0.4~2MPaであり、圧縮強度は、1~3.5MPaであり、中空孔が閉じられて、外界と連通しない。

【 0 0 0 8 】

前記多孔質アルミニウムマクロの製造システムであって、前記製造システムは、1つのマグネトロンスパッタリングサブシステム1、1つの高温アルミニウム蒸気サブシステム2、1つの低温アルミニウム堆積サブシステム3、1つのアルミニウム蒸気回収サブシステム4、及び1本の多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム5を備え、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム5は、マグネトロンスパッタリングサブシステム1と低温アルミニウム堆積サブシステム3と互いに接続して、前記多孔質ポリウレタンフィルムの移動経路を形成し、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム2、前記低温アルミニウム堆積サブシステム3、及び前記アルミニウム蒸気回収サブシステム4が互いに接続して、アルミニウム元素の供給、堆積、回収の経路を形成する。

【 0 0 0 9 】

前記低温アルミニウム堆積サブシステム3の後端には、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム5の方向に近づいて酸素を含むガスを入れるための入り口が設けられ、アルミニウムが堆積するとともにアルミニウムの温度を利用して、前記多孔質ポリウレタンフィルムを完全に燃焼させ、前記多孔質ポリウレタンフィルムを前記低温アルミニウム堆積サブシステム3から取り出す場合、炭素元素を含まない。

【 0 0 1 0 】

前記酸素を含むガスは、2 ~ 1 0 % の酸素を含む窒素またはアルゴンである。

【 0 0 1 1 】

前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 は、複数のアルミニウム堆積通路を有して、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 が前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 に向かって移動する前記多孔質アルミニウムフィルムを、酸素を含むガスに接触させ、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 から前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に戻った前記多孔質アルミニウムフィルムを、酸素を含むガスに接触させない。

【 0 0 1 2 】

前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 は、風誘発システムを備え、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 中の不活性ガス、ポリマーを燃焼した排気ガス及びアルミニウム蒸気を含む混合ガスを、前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入させ、冷却によりアルミニウム蒸気が結露して固体になって、他の気体と分離した後、それぞれ前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻る。

【 0 0 1 3 】

前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 は、外界のアルミニウム及び前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 によって回収されたアルミニウムを、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 でアルミニウム蒸気に変更され、同時に前記アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入された混合ガスは、燃焼無害化処理されて排気ガスとなり、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 から送出される。

【 0 0 1 4 】

前記多孔質アルミニウムマクロの製造方法であって、前記製造方法は、以下のステップを備える。

【 0 0 1 5 】

(1) 厚み 0 . 5 ~ 3 0 mm、幅 1 ~ 5 0 0 mm、アスペクト比 4 0 0 : 1 ~ 4 0 0 0 0 0 : 1 の多孔質ポリウレタンフィルムを、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、1 ~ 2 0 cm / min の速度で前記マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、2 5 ~ 5 0 で 0 . 5 ~ 5 Pa の絶対圧力のアルゴン環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 2 ~ 1 0 W / cm² に制御し、前記多孔質ポリウレタンフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 1 ~ 5 0 0 nm の厚さになるまで連続的に堆積される。

【 0 0 1 6 】

(2) 前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の溶融プールでは常に 6 0 0 ~ 8 0 0 でアルミニウム粒子を溶融し、不活性ガス窒素或いはアルゴンの存在下で、分圧が 0 . 1 ~ 1 0 % であるアルミニウム蒸気になり、不活性ガスは、前記アルミニウム蒸気を運んで、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動する。

【 0 0 1 7 】

(3) 前記マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的に前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 2 0 0 ~ 3 0 0 に設定し、前記アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 1 ~ 3 0 分に制御する。

【 0 0 1 8 】

(4) 前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及び前記マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、前記フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にする。

【 0 0 1 9 】

(5) 前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の過剰なアルミニウム蒸気は、前記ア

10

20

30

40

50

ルミニウム蒸気回収サブシステム 4 を介して、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻って、アルミニウムと不活性ガスの再利用を実現する。

【 0 0 2 0 】

前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミニウムワイヤーは、中空構造であり、中空の孔は、全て外界の媒体に連通する。前記多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 を介して前記低温アルミニウム堆積サブシステム 3 とマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に戻った後、アルミニウムワイヤーの直径が多くなり、全ての中空孔が閉じられて、外界と連通しない。

【 0 0 2 1 】

前記多孔質ポリウレタンフィルムは、ポリウレタン、ポリオレフィン、P V D F フィルム、P T F E フィルムを備えるが、それらに限定されない。

10

【 0 0 2 2 】

前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 は、外界のアルミニウム及びアルミニウム蒸気回収サブシステム 4 によって回収されたアルミニウムを、前記高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 で高温熔融方法によってアルミニウム蒸気に変更する。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明の有益な効果は、以下の通りである。

【 0 0 2 4 】

(1) 純粋な化学メッキでアルミニウムを堆積させる方法と比較して、この方法は 2 0 倍速く、コストは 9 0 % 低くなる。

20

【 0 0 2 5 】

(2) 単純なスパッタリング技術と比較して、堆積速度が 5 倍速く、コストが 5 0 % 削減される。得られた製品と単純なスパッタリング法で堆積したアルミニウムがポリマーテンプレートを除去して得られた製品と比較すると、引張強度が 5 0 ~ 8 0 % 向上させている。サンプルの酸素含有量は 5 0 % 減少している。製造した多孔質アルミニウムマクロは、高空隙率、高強度の特徴を有する。

【 0 0 2 6 】

(3) 単純な高温物理蒸着法と比較して、多孔質高分子ポリマーテンプレートに直接適用できないという問題を解決した。また、製品の表面仕上げは、単純な高温蒸着法よりも 1 0 ~ 2 0 % 高くなる。

30

【 0 0 2 7 】

(4) 高温アルミニウム蒸気発生サブシステムの熱源と設備が効果的に使用したため、ポリマーテンプレートを削除するステップが 2 0 % 削減され、コストが 5 0 % 削減され、環境保護に有益である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 8 】

【図 1】図 1 は、本発明による多孔質アルミニウムマクロの製造システムの概略図である。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 2 9 】

本発明は、図面および具体的な実施形態を参照して、以下でさらに詳細に説明される。

【 0 0 3 0 】

実施例 1 :

【 0 0 3 1 】

図 1 に示すように、厚み 0 . 5 m m、幅 1 m m、アスペクト比 4 0 0 0 0 0 : 1 の多孔質ポリウレタンフィルムをサブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、1 c m / m i n の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、2 5 ° C で 5 P a の絶対圧力の不活性ガス (アルゴン) 環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 2 W / c m ² に制御し、多孔質ポリマーフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 1 n m

50

の厚さになるまで連続的に堆積される。高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の溶融プールでは常に 600 でアルミニウム粒子を溶融し、不活性ガス（窒素）の存在下で、アルミニウム蒸気（分圧が 0.1% である）になる。不活性ガスは、アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 200 °C に設定し、マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的に低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 30 分に制御する。2% の酸素を含む窒素ガスが低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の出口端に導入されて、ポリマー酸化を燃焼して除去し、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 のガス中の酸素含有量が 1% 未満になるように除去する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及びマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にする。中空アルミニウムワイヤーの肉厚は 20 μm であり、マクロの空隙率は 95% であり、引張強度は 1 MPa であり、圧縮強度は 1.5 MPa である。

10

【0032】

低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の過剰なアルミニウム蒸気、活性なキャリアガス、及びポリマーを除去したガスを、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入されて、冷却と分離により、固体のアルミニウムとガス 2 つに分けられて、高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻り、回収されたアルミニウムは、原料アルミニウムとともに高温アルミニウム蒸気を生成する。ガスは処理により、排気ガスとして排出される。

20

【0033】

実施例 2 :

【0034】

図 1 に示すように、厚さ 30 mm、幅 500 mm、アスペクト比 400 : 1 の多孔質 PVDF フィルムを、サブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、20 cm/min の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、50 で 0.5 Pa の絶対圧力の不活性ガス（アルゴン）環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 10 W/cm² に制御し、多孔質ポリマーフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 500 nm の厚さになるまで連続的に堆積される。高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の溶融プールでは常に 800 でアルミニウム粒子を溶融し、不活性ガス（窒素）の存在下で、アルミニウム蒸気（分圧が 10% である）になる。不活性ガスは、アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 300 に設定し、マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的に低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 1 分に制御する。10% の酸素を含む窒素ガスが低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の出口端に導入されて、ポリマー酸化を燃焼して除去し、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 のガス中の酸素含有量が 1% 未満になるように除去する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及びマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にする。中空アルミニウムワイヤーの肉厚は 100 μm であり、マクロの空隙率は 85% であり、引張強度は 2 MPa であり、圧縮強度は 3.5 MPa である。

30

40

【0035】

低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の過剰なアルミニウム蒸気、活性なキャリアガス、及びポリマーを除去したガスを、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入されて、冷却と分離により、固体のアルミニウムとガス 2 つに分けられて、高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻り、回収されたアルミニウムは、原料アルミニウムとともに高温アルミニウム蒸気を生成する。ガスは処理により、排気ガスとして排出される。

50

【 0 0 3 6 】

実施例 3 :

【 0 0 3 7 】

図 1 に示すように、厚み 5 mm、幅 50 mm、アスペクト比 4000 : 1 の多孔質 PTFE フィルムをサブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、10 cm/min の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、38 で 2 Pa の絶対圧力の不活性ガス（アルゴン）環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 5 W/cm^2 に制御し、多孔質ポリマーフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 100 nm の厚さになるまで連続的に堆積される。高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の熔融プールでは常に 700 でアルミニウム粒子を熔融し、不活性ガス（窒素）の存在下で、アルミニウム蒸気（分圧が 3 % である）になる。不活性ガスは、アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 250 に設定し、マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的に低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 10 分に制御する。5 % の酸素を含む窒素ガスが低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の出口端に導入されて、ポリマー酸化を燃焼して除去し、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 のガス中の酸素含有量が 1 % 未満になるように除去する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及びマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にする。中空アルミニウムワイヤーの肉厚は $7 \mu\text{m}$ であり、マクロの空隙率は 99 % であり、引張強度は 0.8 MPa であり、圧縮強度は 1.2 MPa である。

【 0 0 3 8 】

低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の過剰なアルミニウム蒸気、活性なキャリアガス、及びポリマーを除去したガスを、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 に導入されて、冷却と分離により、固体のアルミニウムとガス 2 つに分けられて、高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 に戻り、回収されたアルミニウムは、原料アルミニウムとともに高温アルミニウム蒸気を生成する。ガスは処理により、排気ガスとして排出される。

【 0 0 3 9 】

実施例 4 :

【 0 0 4 0 】

図 1 に示すように、厚み 10 mm、幅 100 mm、アスペクト比 9000 : 1 の多孔質ポリプロピレンフィルムをサブシステム 5 の巻軸 a に巻かれて、10 cm/min の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 に送られ、40 で 3 Pa の絶対圧力の不活性ガス（アルゴン）環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 7 W/cm^2 に制御し、多孔質ポリマーフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 200 nm の厚さになるまで連続的に堆積される。高温アルミニウム蒸気サブシステム 2 が起動し、その内部の熔融プールでは常に 750 でアルミニウム粒子を熔融し、不活性ガス（窒素）の存在下で、アルミニウム蒸気（分圧が 8 % である）になる。不活性ガスは、アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に向かって移動する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の温度を 300 に設定し、マグネトロンスパッタリングサブシステム 1 から出したフィルムを、連続的に低温アルミニウム堆積サブシステム 3 に送り、アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を 2 分に制御する。10 % の酸素を含む窒素ガスが低温アルミニウム堆積サブシステム 3 の出口端に導入されて、ポリマー酸化を燃焼して除去し、アルミニウム蒸気回収サブシステム 4 のガス中の酸素含有量が 1 % 未満になるように除去する。低温アルミニウム堆積サブシステム 3 から取り出したアルミ蒸着フィルムは、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム 5 の巻軸 b に巻かれて、自動で裏返し、低温アルミニウム堆積サブシステム 3 及びマグネトロンスパッタリングサブシステム 1 へ順次に戻って、フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウム

の厚みを均一にする。中空アルミニウムワイヤーの肉厚は $70\text{ }\mu\text{m}$ であり、マクロの空隙率は 97% であり、引張強度は 1.4MPa であり、圧縮強度は 2.5MPa である。

【0041】

低温アルミニウム堆積サブシステム3の過剰なアルミニウム蒸気、活性なキャリアガス、及びポリマーを除去したガスを、アルミニウム蒸気回収サブシステム4に導入されて、冷却と分離により、固体のアルミニウムとガス2つに分けられて、高温アルミニウム蒸気サブシステム2に戻り、回収されたアルミニウムは、原料アルミニウムとともに高温アルミニウム蒸気を生成する。ガスは処理により、排気ガスとして排出される。

【0042】

実施例5：

10

【0043】

図1に示すように、厚み 20mm 、幅 300mm 、アスペクト比 $4000:1$ の多孔質ポリエチレンフィルムをサブシステム5の巻軸aに巻かれて、 2cm/min の速度でマグネトロンスパッタリングサブシステム1に送られ、 25°C で 1Pa の絶対圧力の不活性ガス（アルゴン）環境で、アルミニウムターゲットの表面電力を 4W/cm^2 に制御し、多孔質ポリマーフィルムの一表面に、スパッタリングによりアルミニウム層が 120nm の厚さになるまで連続的に堆積される。高温アルミニウム蒸気サブシステム2が起動し、その内部の熔融プールでは常に 780°C でアルミニウム粒子を熔融し、不活性ガス（窒素）の存在下で、アルミニウム蒸気（分圧が 0.4% である）になる。不活性ガスは、アルミニウム蒸気を運んで、低温アルミニウム堆積サブシステム3に向かって移動する。低温アルミニウム堆積サブシステム3の温度を 200°C に設定し、マグネトロンスパッタリングサブシステム1から出したフィルムを、連続的に低温アルミニウム堆積サブシステム3に送り、アルミニウム蒸気が直接フィルムに堆積され、堆積時間を2分に制御する。3.5%の酸素を含む窒素ガスが低温アルミニウム堆積サブシステム3の出口端に導入されて、ポリマー酸化を燃焼して除去し、アルミニウム蒸気回収サブシステム4のガス中の酸素含有量が 1% 未満になるように除去する。低温アルミニウム堆積サブシステム3から取り出したアルミ蒸着フィルムは、多孔質ポリウレタンフィルム伝送サブシステム5の巻軸bに巻かれて、自動で裏返し、低温アルミニウム堆積サブシステム3及びマグネトロンスパッタリングサブシステム1へ順次に戻って、フィルムの上下両面に蒸着されたアルミニウムの厚みを均一にする。中空アルミニウムワイヤーの肉厚は $35\text{ }\mu\text{m}$ であり、マクロの空隙率は 89% であり、引張強度は 1.5MPa であり、圧縮強度は 3MPa である。

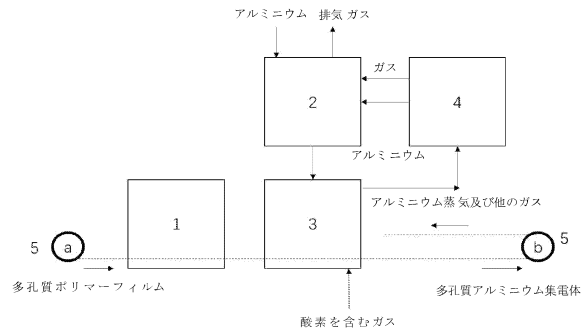
20

30

【0044】

低温アルミニウム堆積サブシステム3の過剰なアルミニウム蒸気、活性なキャリアガス、及びポリマーを除去したガスを、アルミニウム蒸気回収サブシステム4に導入されて、冷却と分離により、固体のアルミニウムとガス2つに分けられて、高温アルミニウム蒸気サブシステム2に戻り、回収されたアルミニウムは、原料アルミニウムとともに高温アルミニウム蒸気を生成する。ガスは処理により、排気ガスとして排出される。

【図 1】



フロントページの続き

(73)特許権者 502192546

清華大学

Tsinghua University

中華人民共和国北京市海淀区清華大学 郵編100084

Tsinghua University, Haidian District, Beijing
100084, P. R. China

(74)代理人 110002848

特許業務法人SBPJ国際特許事務所

(72)発明者 龔 偉中

中華人民共和国北京市海淀区清華園1号100084

(72)発明者 薛 濟萍

中華人民共和国江蘇省南通市如東県河口鎮中天路1号226463

(72)発明者 楊 周飛

中華人民共和国北京市海淀区清華園1号100084

(72)発明者 尤 偉任

中華人民共和国上海市閔行区春中路18号201100

(72)発明者 金 鷹

中華人民共和国江蘇省南通市如東県河口鎮中天路1号226463

(72)発明者 顧 孫望

中華人民共和国上海市閔行区春中路18号201100

審査官 中西 哲也

(56)参考文献 特開2011-236476(JP, A)

特開2018-016869(JP, A)

特開平06-010077(JP, A)

特開2011-049023(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 1/08 - 1/10

C23C 14/00 - 14/58