

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6636612号  
(P6636612)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int.Cl.	F 1
C 2 5 D 11/18 (2006.01)	C 2 5 D 11/18 Z
C 2 5 D 11/24 (2006.01)	C 2 5 D 11/24 3 0 2
C 2 5 F 3/14 (2006.01)	C 2 5 F 3/14
H O 1 G 11/70 (2013.01)	H O 1 G 11/70
H O 1 G 11/06 (2013.01)	H O 1 G 11/06

請求項の数 6 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2018-507210 (P2018-507210)	(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(86) (22) 出願日 平成29年3月9日(2017.3.9)	(74) 代理人 100152984 弁理士 伊東 秀明
(86) 国際出願番号 PCT/JP2017/009560	(74) 代理人 100148080 弁理士 三橋 史生
(87) 国際公開番号 W02017/163913	(72) 発明者 糟谷 雄一 静岡県榛原郡吉田町川尻4000番地 富士フイルム株式会社内
(87) 国際公開日 平成29年9月28日(2017.9.28)	(72) 発明者 堀田 久 静岡県榛原郡吉田町川尻4000番地 富士フイルム株式会社内
審査請求日 平成30年9月19日(2018.9.19)	審査官 印出 亮太
(31) 優先権主張番号 特願2016-61799 (P2016-61799)	最終頁に続く
(32) 優先日 平成28年3月25日(2016.3.25)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	

(54) 【発明の名称】 アルミニウム板の製造方法、及び、アルミニウム板の製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板の製造方法であって、  
厚さ5～1000μmのアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する皮膜形成工程と、

前記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する部分的皮膜除去工程と、

前記部分的皮膜除去工程後のアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、前記アルミニウム基材に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、

前記貫通孔形成工程後に、前記皮膜を除去する皮膜除去工程と、を備えるアルミニウム板の製造方法。

【請求項2】

前記皮膜が、前記アルミニウム基材の表面に対して電気化学的処理を施すことによって形成される、請求項1に記載のアルミニウム板の製造方法。

【請求項3】

前記皮膜が、酸化アルミニウムの皮膜である、請求項1又は2に記載のアルミニウム板の製造方法。

【請求項4】

前記皮膜の厚みが、0.02～10μmである、請求項1～3のいずれか1項に記載のアルミニウム板の製造方法。

## 【請求項 5】

前記部分的皮膜除去工程において、レーザー加工により前記皮膜を除去する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のアルミニウム板の製造方法。

## 【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の製造方法に使用されるアルミニウム板の製造装置であって、

厚さ 5 ~ 1000  $\mu\text{m}$  のアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する手段と、

前記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する手段と、

前記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜が除去されたアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、前記アルミニウム基材に貫通孔を形成する手段と、

前記貫通孔が形成された前記アルミニウム基材から前記皮膜を除去する手段と、を備えるアルミニウム板の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、アルミニウム板の製造方法、及び、アルミニウム板の製造装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、パーソナルコンピュータ、携帯電話等のポータブル機器や、ハイブリッド自動車、電気自動車等の開発に伴い、その電源としての蓄電デバイス、特に、リチウムイオンキャパシタ、リチウムイオン二次電池、電気二重層キャパシタの需要が増大している。

このような蓄電デバイスの正極または負極に用いられる電極用集電体（以下、単に「集電体」という。）としては、リチウムイオンをブレードするための貫通孔が形成されたアルミニウム板を用いることが知られている（例えば、特許文献 1）。

## 【0003】

このようななか、集電体用アルミニウム板の製造方法としては、例えば、特許文献 1 の請求項 1 に、「厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム基材を有するアルミニウム板の製造方法であって、厚さ 5 ~ 1000  $\mu\text{m}$  のアルミニウム基材の表面に酸化膜形成処理を施し、酸化膜を形成する酸化膜形成工程と、前記酸化膜形成工程の後に、電気化学的溶解処理を施し、前記貫通孔を形成する貫通孔形成工程を有する、アルミニウム板の製造方法。」が開示されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2015 / 115531 号

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

昨今、蓄電デバイスの機能向上や小型化などに伴い、集電体に対する要求が高まってきている。例えば、特許文献 1 に記載の方法でアルミニウム板を製造した場合、貫通孔は表面にランダムに形成されるが、ブレードの効率化等の観点からは貫通孔が規則的に形成される（配列される）ことが望ましい。すなわち、貫通孔の位置の制御が求められている。また、フィルター、吸音材など、蓄電デバイス以外の用途においても、貫通孔の位置の制御が求められている。

## 【0006】

そこで、本発明は、上記実情に鑑みて、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板であって、貫通孔の位置が制御されたアルミニウム板を製造することができるアルミニウム板の製造方法、及び、上記アルミニウム板の製造方法に使用される製造装置を提供す

10

20

30

40

50

ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らは、上記課題について鋭意検討した結果、形成された皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去してから電気化学的溶解処理を施すことで、貫通孔の位置が制御されたアルミニウム板を製造することができることを見出した。

すなわち、本発明者らは、以下の構成により上記課題が解決できることを見出した。

【0008】

(1) 厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板の製造方法であって、

厚さ5～1000 $\mu$ mのアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する皮膜形成工程と、

上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する部分的皮膜除去工程と、

上記部分的皮膜除去工程後のアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、上記アルミニウム基材に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、を備えるアルミニウム板の製造方法。

(2) 上記皮膜が、上記アルミニウム基材の表面に対して電気化学的処理を施すことによって形成される、上記(1)に記載のアルミニウム板の製造方法。

(3) 上記皮膜が、酸化アルミニウムの皮膜である、上記(1)又は(2)に記載のアルミニウム板の製造方法。

(4) 上記皮膜の厚みが、0.02～10 $\mu$ mである、上記(1)～(3)のいずれかに記載のアルミニウム板の製造方法。

(5) 上記部分的皮膜除去工程において、レーザー加工により上記皮膜を除去する、上記(1)～(4)のいずれかに記載のアルミニウム板の製造方法。

(6) 上記貫通孔形成工程後に、さらに、上記皮膜を除去する皮膜除去工程を備える、上記(1)～(5)のいずれかに記載のアルミニウム板の製造方法。

(7) 上記(1)～(6)のいずれかに記載の製造方法に使用されるアルミニウム板の製造装置であって、

厚さ5～1000 $\mu$ mのアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する手段と、

上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する手段と、

上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜が除去されたアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、上記アルミニウム基材に貫通孔を形成する手段と、を備えるアルミニウム板の製造装置。

【発明の効果】

【0009】

以下に示すように、本発明によれば、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板であって、貫通孔の位置が制御されたアルミニウム板を製造することができるアルミニウム板の製造方法、及び、上記アルミニウム板の製造方法に使用される製造装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】図1Aは、本発明の製造方法の一実施態様で使用されるアルミニウム基材1の断面図である。

【図1B】図1Bは、本発明の製造方法の一実施態様における、皮膜形成工程後の断面図である。

【図1C】図1Cは、本発明の製造方法の一実施態様における、部分的皮膜除去工程後の断面図である。

【図1D】図1Dは、本発明の製造方法の一実施態様における、貫通孔形成工程後の断面図である。

【図 1 E】図 1 E は、本発明の製造方法の一実施態様における、皮膜除去工程後の断面図である。

【図 2】図 2 は、実施例 1 の製造方法で製造されたアルミニウム板の表面の S E M 写真である。

【図 3】図 3 は、比較例 1 の製造方法で製造されたアルミニウム板の表面の S E M 写真である。

【図 4】図 4 は、比較例 3 の製造方法で製造されたアルミニウム板の表面の S E M 写真である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

10

以下、本発明のアルミニウム板の製造方法、及び、本発明のアルミニウム板の製造装置について詳細に説明する。

以下に記載する構成要件の説明は、本発明の代表的な実施態様に基づいてなされることがあるが、本発明はそのような実施態様に限定されるものではない。

なお、本明細書において、「～」を用いて表される数値範囲は、「～」の前後に記載される数値を下限値および上限値として含む範囲を意味する。

【 0 0 1 2 】

[ アルミニウム板の製造方法 ]

本発明のアルミニウム板の製造方法（以下、単に「本発明の製造方法」とも言う）は、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板の製造方法であって、下記工程（ 1 ）～（ 3 ）を備える。

20

【 0 0 1 3 】

（ 1 ）皮膜形成工程

厚さ 5 ～ 1 0 0 0 μ m のアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する工程

（ 2 ）部分的皮膜除去工程

上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する工程

（ 3 ）貫通孔形成工程

上記部分的皮膜除去工程後のアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、上記アルミニウム基材に貫通孔を形成する工程

30

【 0 0 1 4 】

本発明の製造方法はこのような構成をとるため、所望の効果が得られるものと考えられる。すなわち、本発明の製造方法では、電気化学的溶解処理によって貫通孔を形成する前に貫通孔を形成したい部分の皮膜を除去しておくため、貫通孔形成工程において、皮膜が除去された部分のアルミニウム基材が選択的に溶解し、結果として、貫通孔の位置が制御されたアルミニウム板を製造することができるものと考えられる。

【 0 0 1 5 】

最初に図面を用いて本発明の製造方法について説明する。

図 1 A ～ E は、本発明の製造方法の一実施態様を工程順に示す模式図である。

【 0 0 1 6 】

40

図 1 A は、本発明の製造方法の一実施態様で使用されるアルミニウム基材 1 の断面図である。まず、皮膜形成工程において、アルミニウム基材 1 の表面に皮膜 2 を形成する（図 1 B）。次に、部分的皮膜除去工程において、皮膜 2 のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する。このようにして、皮膜 2 のうち貫通孔を形成したい部分に孔 5 が形成され、皮膜 2 は、貫通孔を形成したい部分に孔を有する皮膜 4 となる（図 1 C）。その後、貫通孔形成工程において、皮膜 4 が形成されたアルミニウム基材 1 に対して電気化学的溶解処理を行い、皮膜 4 が形成されたアルミニウム基材 1 に貫通孔 6 を形成して、貫通孔を有するアルミニウム基材 3 と貫通孔を有する皮膜 4 a からなるアルミニウム板（皮膜有り）10を得る。（図 1 D）。さらに、皮膜除去工程において、貫通孔を有する皮膜 4 a を除去して貫通孔を有するアルミニウム基材 3 からなるアルミニウム板（皮膜無し）

50

12を得る(図1E)。なお、皮膜除去工程は任意の工程である。

【0017】

以下、各工程について詳述する。

【0018】

〔皮膜形成工程〕

皮膜形成工程は、アルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する工程である。

形成される皮膜は、アルミニウム基材の表面に対して陽極酸化処理などの電気化学的処理を施すことによって形成される皮膜であることが好ましい。

形成される皮膜は、アルミニウムよりも電気抵抗が高い皮膜であることが好ましく、例えば、酸化アルミニウム皮膜、水酸化アルミニウム皮膜などが挙げられる。なかでも、本発明の効果がより優れる理由から、酸化アルミニウム皮膜であることが好ましい。

形成される皮膜の厚みは特に制限されないが、 $0.01 \sim 10 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $0.02 \sim 5 \mu\text{m}$ であることがより好ましい。

以下、皮膜形成工程で使用されるアルミニウム基材について述べ、その後、アルミニウム基材に皮膜を形成する方法について述べる。

【0019】

<アルミニウム基材>

上記アルミニウム基材は、特に限定はされず、例えば、JIS規格H4000に記載されている合金番号1085、1N30、3003等の公知のアルミニウム基材を用いることができる。なお、アルミニウム基材は、アルミニウムを主成分とし、微量の異元素を含む合金板である。

アルミニウム基材の厚みとしては、特に限定はないが、 $5 \sim 1000 \mu\text{m}$ が好ましく、 $5 \sim 100 \mu\text{m}$ がより好ましく、 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ が特に好ましい。

【0020】

<皮膜形成方法>

皮膜形成方法は特に制限されず、従来公知の方法を使用することができるが、陽極酸化処理などの電気化学的処理による方法が好ましい。皮膜の形成を電気学的処理によって行う場合、電極とアルミニウム基材との間の距離は特に制限されないが、本発明の効果がより優れる理由から、 $1 \sim 100 \text{mm}$ であることが好ましく、 $5 \sim 50 \text{mm}$ であることがより好ましい。

皮膜の形成は、電解液中の電極に沿ってアルミニウム基材を搬送しながら連続的に行ってもよいし(連続処理)、バッチ式で行ってもよい(バッチ処理)。なかでも、連続処理であることが好ましい。

【0021】

(水酸化アルミニウム皮膜)

皮膜形成工程において水酸化アルミニウム皮膜を形成する場合には、例えば、特開2011-201123号公報の[0013]~[0026]段落に記載された条件や装置を適宜採用することができる。

水酸化アルミニウム皮膜を形成するための条件は使用される電解液によって種々変化するので一概に決定され得ないが、一般的には電解液濃度 $1 \sim 80$ 質量%、液温 $5 \sim 70$ 、電流密度 $0.5 \sim 60 \text{A/dm}^2$ 、電圧 $1 \sim 100 \text{V}$ 、電解時間1秒~20分であるのが適当であり、所望の皮膜量となるように調整される。

電解液としては、硝酸、塩酸、硫酸、燐酸、シュウ酸、あるいは、これらの酸の2以上の混酸を用いて電気化学的処理を行うのが好ましい。

硝酸、塩酸を含む電解液中で電気化学的処理を行う場合には、アルミニウム基材と対極との間に直流を印加してもよく、交流を印加してもよい。アルミニウム基材に直流を印加する場合においては、電流密度は、 $1 \sim 60 \text{A/dm}^2$ であるのが好ましく、 $5 \sim 50 \text{A/dm}^2$ であるのがより好ましい。連続的に電気化学的処理を行う場合には、アルミニウム基材に、電解液を介して給電する液給電方式により行うのが好ましい。電気量は特に制

10

20

30

40

50

限されないが、 $100 \sim 1000 \text{ C} / \text{dm}^2$ であることが好ましい。

形成される水酸化アルミニウム皮膜の量は $0.05 \sim 50 \text{ g} / \text{m}^2$ であるのが好ましく、 $0.1 \sim 10 \text{ g} / \text{m}^2$ であるのがより好ましい。

#### 【0022】

(酸化アルミニウム皮膜)

酸化アルミニウム皮膜を形成する場合には、例えば、従来公知の陽極酸化処理と同様の処理を利用することができる。

陽極酸化処理としては、例えば、特開2012-216513号公報の[0063]～[0073]段落に記載された条件や装置を適宜採用することができる。

#### 【0023】

酸化アルミニウム皮膜を形成するための条件は使用される電解液によって種々変化するので一概に決定され得ないが、一般的な条件は上述した水酸化アルミニウム皮膜と同じである。

#### 【0024】

本発明においては、硫酸溶液中で施す陽極酸化処理が好ましい。

硫酸を含有する電解液中で陽極酸化処理を行う場合には、アルミニウム基材と対極との間に直流を印加してもよく、交流を印加してもよい。アルミニウム基材に直流を印加する場合においては、電流密度は、 $1 \sim 60 \text{ A} / \text{dm}^2$ であるのが好ましく、 $5 \sim 40 \text{ A} / \text{dm}^2$ であるのがより好ましい。連続的に高速で陽極酸化処理を行う場合には、アルミニウム基材の一部に電流が集中していわゆる「焼け」が生じないように、陽極酸化処理の開始当初は、 $5 \sim 10 \text{ A} / \text{dm}^2$ の低電流密度で電流を流し、陽極酸化処理が進行するにつれ、 $30 \sim 50 \text{ A} / \text{dm}^2$ またはそれ以上に電流密度を増加させるのが好ましい。連続的に陽極酸化処理を行う場合には、アルミニウム基材に、電解液を介して給電する液給電方式により行うのが好ましい。

陽極酸化処理により形成される酸化アルミニウム皮膜の量は $0.05 \sim 50 \text{ g} / \text{m}^2$ であるのが好ましく、 $0.1 \sim 10 \text{ g} / \text{m}^2$ であるのがより好ましい。

#### 【0025】

(部分的皮膜除去工程)

部分的皮膜除去工程は、上述した皮膜形成工程で形成された皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する工程である。貫通孔を形成したい部分は適宜選択できるが、例えば、後述する実施例のように規則的に並んだ略円形の領域などが挙げられる。なお、この場合、通常、上記領域の皮膜を貫通した孔が形成される。また、この場合、孔の形状は特に制限されないが、円筒状であることが好ましい。孔の直径は特に制限されないが、 $0.1 \sim 1000 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $1 \sim 100 \mu\text{m}$ であることが好ましい。

皮膜を除去する方法は特に制限されないが、電気化学的溶解処理以外の方法であることが好ましい。そのような方法としては、例えば、レーザー加工、放電加工、型押し付け加工、ドリル加工、リソグラフィ加工などが挙げられる。なかでも、本発明の効果がより優れる理由から、レーザー加工、放電加工、型押し付け加工が好ましく、レーザー加工がより好ましい。

#### 【0026】

<レーザー加工>

レーザー加工は従来公知の方法を適宜使用することができる。レーザーとしては、ファイバーレーザー、YAG(イットリウム-アルミニウム-ガーネット)レーザー、CO<sub>2</sub>レーザー、エキシマレーザーなどが好適に用いられる。なかでも、本発明の効果がより優れる理由から、ファイバーレーザーが好ましい。照射されるレーザーはレンズなどの光学系により焦点を調整させ皮膜を除去することができる。また、レーザーの照射面はフィルターを通すことなどにより真円状、楕円状や矩形状など所望の形状に調整させることもできる。

レーザー加工はレーザー照射装置自体を移動させてもよいし照射されるレーザーのみミ

10

20

30

40

50

ラーなどで走査して形成させることもできる。さらには、ステージを上下、左右種々に駆動させることにより所望の形状に皮膜を除去することができる。

【0027】

<放電加工>

放電加工は、放電現象を利用する方法であり、皮膜と電極棒などとの間でパルス性アーク放電を繰り返すことにより皮膜を除去する方法である。放電加工に用いられる電極形状によりワイヤ放電など種々のものが挙げられる。皮膜を除去する形状、大きさにより電極棒の材質をアルミニウム、銅、亜鉛やベリリウム銅など種々の合金を用いることができる。

【0028】

<型押し付け加工>

型押し付け加工は、所望の形状の型を皮膜に押し付ける方法である。型押し付け加工は、従来公知の方法を適宜使用することができる。

【0029】

〔貫通孔形成工程〕

貫通孔形成工程は、上述した部分的皮膜除去工程後のアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、アルミニウム基材に貫通孔を形成する工程である。電気化学的処理を施すことで、上述した部分的皮膜除去工程において皮膜が除去された部分が起点となり、アルミニウム基材が選択的に溶解するものと考えられる。

【0030】

<電気化学的溶解処理>

上記電気化学的溶解処理は、直流または交流を用い、酸性溶液を電解液に用いることができる。中でも、硝酸、塩酸の少なくとも1以上の酸を用いて電気化学的処理を行うのが好ましく、硝酸を用いて行うのがより好ましい。また、これらの酸に加えて硫酸、燐酸、シュウ酸の少なくとも1以上の混酸を用いて電気化学的溶解処理を行うのが更に好ましい。

【0031】

本発明においては、電解液である酸性溶液としては、上記酸のほかに、米国特許第4,671,859号、同第4,661,219号、同第4,618,405号、同第4,600,482号、同第4,566,960号、同第4,566,958号、同第4,566,959号、同第4,416,972号、同第4,374,710号、同第4,336,113号、同第4,184,932号の各明細書等に記載されている電解液を用いることもできる。

【0032】

酸性溶液の濃度は0.1~2.5質量%であるのが好ましく、0.2~2.0質量%であるのが特に好ましい。また、酸性溶液の液温は20~80であるのが好ましく、30~60であるのがより好ましい。

【0033】

また、上記酸を主体とする水溶液は、濃度1~100g/Lの酸の水溶液に、硝酸アルミニウム、硝酸ナトリウム、硝酸アンモニウム等の硝酸イオンを有する硝酸化合物または塩化アルミニウム、塩化ナトリウム、塩化アンモニウム等の塩酸イオンを有する塩酸化合物、硫酸アルミニウム、硫酸ナトリウム、硫酸アンモニウム等の硫酸イオンを有する硫酸化合物少なくとも一つを1g/Lから飽和するまでの範囲で添加して使用することができる。

また、上記酸を主体とする水溶液には、鉄、銅、マンガン、ニッケル、チタン、マグネシウム、シリカ等のアルミニウム合金中に含まれる金属が溶解していてもよい。好ましくは、酸の濃度0.1~2質量%の水溶液にアルミニウムイオンが1~100g/Lとなるように、塩化アルミニウム、硝酸アルミニウム、硫酸アルミニウム等を添加した液を用いることが好ましい。

【0034】

10

20

30

40

50

電気化学的溶解処理には、主に直流電流が用いられるが、交流電流を使用する場合にはその交流電源波は特に限定されず、サイン波、矩形波、台形波、三角波等が用いられ、中でも、矩形波または台形波が好ましく、台形波が特に好ましい。

【0035】

(硝酸溶解処理)

本発明においては、硝酸を主体とする電解液を用いた電気化学的溶解処理(以下、「硝酸溶解処理」とも略す。)により、容易に貫通孔を形成することができる。

ここで、硝酸溶解処理は、貫通孔形成の溶解ポイントをより制御しやすい理由から、直流電流を用い、平均電流密度を $5\text{ A/dm}^2$ 以上とし、かつ、電気量を $50\text{ C/dm}^2$ 以上とする条件で施す電解処理であるのが好ましい。なお、平均電流密度は $100\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、電気量は $10000\text{ C/dm}^2$ 以下であるのが好ましい。

10

また、硝酸溶解処理における電解液の濃度や温度は特に限定されず、高濃度、例えば、硝酸濃度 $15\sim 35$ 質量%の硝酸電解液を用いて $30\sim 60$ で電解を行ったり、硝酸濃度 $0.7\sim 2$ 質量%の硝酸電解液を用いて高温、例えば、 $80$ 以上で電解を行うことができる。

また、上記硝酸電解液に濃度 $0.1\sim 50$ 質量%の硫酸、シュウ酸、燐酸の少なくとも1つを混ぜた電解液を用いて電解を行うことができる。

【0036】

(塩酸溶解処理)

本発明においては、塩酸を主体とする電解液を用いた電気化学的溶解処理(以下、「塩酸溶解処理」とも略す。)によっても、容易に貫通孔を形成することができる。

20

ここで、塩酸溶解処理は、貫通孔形成の溶解ポイントをより制御しやすい理由から、直流電流を用い、平均電流密度を $5\text{ A/dm}^2$ 以上とし、かつ、電気量を $50\text{ C/dm}^2$ 以上とする条件で施す電解処理であるのが好ましい。なお、平均電流密度は $100\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、電気量は $10000\text{ C/dm}^2$ 以下であるのが好ましい。

また、塩酸溶解処理における電解液の濃度や温度は特に限定されず、高濃度、例えば、塩酸濃度 $10\sim 35$ 質量%の塩酸電解液を用いて $30\sim 60$ で電解を行ったり、塩酸濃度 $0.7\sim 2$ 質量%の塩酸電解液を用いて高温、例えば、 $80$ 以上で電解を行うことができる。

また、上記塩酸電解液に濃度 $0.1\sim 50$ 質量%の硫酸、シュウ酸、燐酸の少なくとも1つを混ぜた電解液を用いて電解を行うことができる。

30

【0037】

(皮膜除去工程)

本発明の製造方法は、上述した貫通孔形成工程の後に、さらに、皮膜を除去する皮膜除去工程を備えていてもよい。

皮膜の除去は、酸エッチング処理、又は、アルカリエッチング処理により行うのが好ましい。

【0038】

<酸エッチング処理>

酸エッチング処理は、アルミニウムよりも水酸化アルミニウムを優先的に溶解させる溶液(以下、「水酸化アルミニウム溶解液」とも言う。)を用いて水酸化アルミニウム皮膜を溶解させる処理、又は、アルミニウムよりも酸化アルミニウムを優先的に溶解させる溶液(以下、「アルミナ溶解液」とも言う)を用いて酸化アルミニウム皮膜を溶解させる処理であるのが好ましい。

40

【0039】

(水酸化アルミニウム溶解液)

水酸化アルミニウム溶解液としては、例えば、硝酸、塩酸、硫酸、燐酸、シュウ酸、クロム化合物、ジルコニウム系化合物、チタン系化合物、リチウム塩、セリウム塩、マグネシウム塩、ケイフ化ナトリウム、フッ化亜鉛、マンガン化合物、モリブデン化合物、マグネシウム化合物、バリウム化合物およびハロゲン単体からなる群から選択される少なく

50

とも1種を含有した水溶液が好ましい。

【0040】

具体的には、クロム化合物としては、例えば、酸化クロム(III)、無水クロム(VI)酸等が挙げられる。

ジルコニウム系化合物としては、例えば、フッ化ジルコンアンモニウム、フッ化ジルコニウム、塩化ジルコニウムが挙げられる。

チタン化合物としては、例えば、酸化チタン、硫化チタンが挙げられる。

リチウム塩としては、例えば、フッ化リチウム、塩化リチウムが挙げられる。

セリウム塩としては、例えば、フッ化セリウム、塩化セリウムが挙げられる。

マグネシウム塩としては、例えば、硫化マグネシウムが挙げられる。

マンガン化合物としては、例えば、過マンガン酸ナトリウム、過マンガン酸カルシウムが挙げられる。

モリブデン化合物としては、例えば、モリブデン酸ナトリウムが挙げられる。

マグネシウム化合物としては、例えば、フッ化マグネシウム・五水和物が挙げられる。

バリウム化合物としては、例えば、酸化バリウム、酢酸バリウム、炭酸バリウム、塩素酸バリウム、塩化バリウム、フッ化バリウム、ヨウ化バリウム、乳酸バリウム、シュウ酸バリウム、過塩素酸バリウム、セレン酸バリウム、亜セレン酸バリウム、ステアリン酸バリウム、亜硫酸バリウム、チタン酸バリウム、水酸化バリウム、硝酸バリウム、あるいはこれらの水和物等が挙げられる。

上記バリウム化合物の中でも、酸化バリウム、酢酸バリウム、炭酸バリウムが好ましく、酸化バリウムが特に好ましい。

ハロゲン単体としては、例えば、塩素、フッ素、臭素が挙げられる。

【0041】

中でも、上記水酸化アルミニウム溶解液が、酸を含有する水溶液であるのが好ましく、酸として、硝酸、塩酸、硫酸、燐酸、シュウ酸等が挙げられ、2種以上の酸の混合物であってもよい。

酸濃度としては、0.01 mol/L以上であるのが好ましく、0.05 mol/L以上であるのがより好ましく、0.1 mol/L以上であるのが更に好ましい。上限は特にないが、一般的には10 mol/L以下であるのが好ましく、5 mol/L以下であるのがより好ましい。

【0042】

(アルミナ溶解液)

アルミナ溶解液としては、例えば、クロム化合物、硝酸、硫酸、リン酸、ジルコニウム系化合物、チタン系化合物、リチウム塩、セリウム塩、マグネシウム塩、ケイフッ化ナトリウム、フッ化亜鉛、マンガン化合物、モリブデン化合物、マグネシウム化合物、バリウム化合物およびハロゲン単体からなる群から選ばれる少なくとも1種を含有した水溶液が好ましい。各化合物の具体例及び好適な態様は上述した水酸化アルミニウム溶解液と同じである。

【0043】

中でも、上記アルミナ溶解液が、酸を含有する水溶液であるのが好ましく、酸として、硫酸、リン酸、硝酸、塩酸等が挙げられ、2種以上の酸の混合物であってもよい。

酸濃度としては、0.01 mol/L以上であるのが好ましく、0.05 mol/L以上であるのがより好ましく、0.1 mol/L以上であるのが更に好ましい。上限は特にないが、一般的には10 mol/L以下であるのが好ましく、5 mol/L以下であるのがより好ましい。

【0044】

(酸エッチング処理方法)

酸エッチング処理は、皮膜が形成されたアルミニウム板を上述した溶解液に接触させることにより行うのが好ましい。接触させる方法は、特に限定されず、例えば、浸せき法、スプレー法が挙げられる。中でも、浸せき法が好ましい。

10

20

30

40

50

## 【0045】

浸せき法は、皮膜が形成されたアルミニウム板を上述した溶解液に浸せきさせる処理である。浸せき処理の際にかくはんを行うと、ムラのない処理が行われるため、好ましい。

浸せき処理の時間は、10分以上であるのが好ましく、1時間以上であるのがより好ましく、3時間以上、5時間以上であるのが更に好ましい。

## 【0046】

<アルカリエッチング処理>

アルカリエッチング処理は、上記皮膜をアルカリ溶液に接触させることにより、表層を溶解させる処理である。

## 【0047】

(アルカリ溶液)

アルカリ溶液に用いられるアルカリとしては、例えば、カセイアルカリ、アルカリ金属塩が挙げられる。具体的には、カセイアルカリとしては、例えば、水酸化ナトリウム(カセイソーダ)、カセイカリが挙げられる。また、アルカリ金属塩としては、例えば、メタケイ酸ソーダ、ケイ酸ソーダ、メタケイ酸カリ、ケイ酸カリ等のアルカリ金属ケイ酸塩；炭酸ソーダ、炭酸カリ等のアルカリ金属炭酸塩；アルミン酸ソーダ、アルミン酸カリ等のアルカリ金属アルミン酸塩；グルコン酸ソーダ、グルコン酸カリ等のアルカリ金属アルドロン酸塩；第二リン酸ソーダ、第二リン酸カリ、第三リン酸ソーダ、第三リン酸カリ等のアルカリ金属リン酸水素塩が挙げられる。中でも、エッチング速度が速い点および安価である点から、カセイアルカリの溶液、および、カセイアルカリとアルカリ金属アルミン酸塩との両者を含む溶液が好ましい。特に、水酸化ナトリウムの水溶液が好ましい。

## 【0048】

アルカリ溶液の濃度は、0.1~50質量%であるのが好ましく、0.2~10質量%であるのがより好ましい。アルカリ溶液中にアルミニウムイオンが溶解している場合には、アルミニウムイオンの濃度は、0.01~10質量%であるのが好ましく、0.1~3質量%であるのがより好ましい。アルカリ溶液の温度は10~90であるのが好ましい。処理時間は1~120秒であるのが好ましい。

## 【0049】

(アルカリエッチング処理方法)

皮膜をアルカリ溶液に接触させる方法としては、例えば、アルカリ溶液を入れた槽の中に皮膜が形成されたアルミニウム板を通過させる方法、アルカリ溶液を入れた槽の中に皮膜が形成されたアルミニウム板を浸せきさせる方法、アルカリ溶液を皮膜が形成されたアルミニウム板の表面に噴きかける方法が挙げられる。

## 【0050】

(粗面化処理工程)

本発明の製造方法は、上述した皮膜除去工程の後に、さらに、電気化学的粗面化処理(以下、「電解粗面化処理」とも言う)を施す粗面化処理工程を備えていてもよい。

電解粗面化処理を施し、皮膜除去工程後の表面を粗面化することにより、活物質を含む層との密着性が向上するとともに、表面積が増えることによって接触面積が増えるため、本発明の製造方法により得られるアルミニウム板を集電体として用いた場合、蓄電デバイスの容量維持率が高くなる。

上記電解粗面化処理としては、例えば、特開2012-216513号公報の[0041]~[0050]段落に記載された条件や装置を適宜採用することができる。

## 【0051】

<硝酸電解>

本発明においては、硝酸を主体とする電解液を用いた電気化学的粗面化処理(以下、「硝酸電解」とも略す。)により、容易に平均開口径(平均開孔径)0.5 $\mu\text{m}$ ~3.0 $\mu\text{m}$ の凹部を10個/100 $\mu\text{m}^2$ 以上の密度で形成することができる。

ここで、硝酸電解は、均一で密度の高い凹部形成が可能となる理由から、交流電流を用い、ピーク電流密度を30A/dm<sup>2</sup>以上とし、平均電流密度を13A/dm<sup>2</sup>以上とし、

10

20

30

40

50

かつ、電気量を  $150\text{ C/dm}^2$ 以上とする条件で施す電解処理であるのが好ましい。なお、ピーク電流密度は  $100\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、平均電流密度は  $40\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、電気量は  $400\text{ C/dm}^2$ 以下であるのが好ましい。

また、硝酸電解における電解液の濃度や温度は特に限定されず、高濃度、例えば、硝酸濃度  $15\sim 35$ 質量%の硝酸電解液を用いて  $30\sim 60$  で電解を行ったり、硝酸濃度  $0.7\sim 2$ 質量%の硝酸電解液を用いて高温、例えば、 $80$  以上で電解を行ったりすることができる。

【0052】

<塩酸電解>

本発明においては、塩酸を主体とする電解液を用いた電気化学的粗面化処理（以下、「塩酸電解」とも略す。）によっても、平均開口径（平均開孔径） $0.5\ \mu\text{m}\sim 3.0\ \mu\text{m}$ の凹部を  $10$ 個/ $100\ \mu\text{m}^2$ 以上の密度で形成することができる。

ここで、塩酸電解においては、均一で密度の高い凹部形成が可能となる理由から、交流電流を用い、ピーク電流密度を  $30\text{ A/dm}^2$ 以上とし、平均電流密度を  $13\text{ A/dm}^2$ 以上とし、かつ、電気量を  $150\text{ C/dm}^2$ 以上とする条件で施す電解処理であるのが好ましい。なお、ピーク電流密度は  $100\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、平均電流密度は  $40\text{ A/dm}^2$ 以下であるのが好ましく、電気量は  $400\text{ C/dm}^2$ 以下であるのが好ましい。

【0053】

〔金属被覆工程〕

本発明の製造方法は、上述した皮膜除去工程の後に、少なくとも貫通孔の内壁を含むアルミニウム板の表面の一部または全部をアルミニウム以外の金属で被覆する金属被覆工程を備えていてもよい。

ここで、「少なくとも貫通孔の内壁を含むアルミニウム板の表面の一部または全部をアルミニウム以外の金属で被覆する」とは、貫通孔の内壁を含むアルミニウム板の全表面のうち、少なくとも貫通孔の内壁については被覆されていることを意味しており、内壁以外の表面は、被覆されていなくてもよく、一部または全部が被覆されていてもよい。

【0054】

〔水洗処理〕

本発明においては、上述した各工程の終了後に水洗を行うのが好ましい。水洗には、純水、井水、水道水等を用いることができる。処理液の次工程への持ち込みを防ぐためにニップ装置を用いてもよい。

【0055】

〔用途〕

本発明の製造方法によって製造されたアルミニウム板（以下、単に「本発明のアルミニウム板」とも言う）は、蓄電デバイスの正極または負極に用いられる集電体に好適用いられる。また、他にも、耐熱微粒子フィルター、吸音材等に好適に利用可能である。

【0056】

〔蓄電デバイス用集電体〕

本発明の蓄電デバイス用集電体（以下、「本発明の集電体」とも略す。）は、上述した本発明の製造方法によって製造されたアルミニウム板で構成される蓄電デバイス用の集電体である。

本発明の集電体は、アルミニウム板が厚み方向に複数の貫通孔を高い密度で有していることにより、例えば、リチウムイオンキャパシタに用いた場合においては短時間でリチウムイオンのプレドープが可能となり、リチウムイオンをより均一に分散させることが可能となる。また、活物質層や活性炭との密着性が良好となり、サイクル特性や出力特性、塗布適性等の生産性に優れる蓄電デバイスを作製することができる。

【0057】

〔蓄電デバイス〕

本発明の蓄電デバイスは、正極と、負極と、電解液（電解質）とを有する蓄電デバイスであり、正極および負極の少なくとも一方に上述した本発明の集電体を用いた蓄電デバイスである。

ここで、蓄電デバイス（特に、二次電池）の具体的な構成や適用される用途については、特開2012-216513号公報の[0090]～[0123]段落に記載された材料や用途を適宜採用することができ、その内容は本明細書に参照として取り込まれる。

【0058】

〔正極〕

本発明の集電体を用いた正極は、本発明の集電体を正極に用いた正極集電体と、正極集電体の表面に形成される正極活物質を含む層（正極活物質層）とを有する正極である。

10

ここで、上記正極活物質や、上記正極活物質層に含有していてもよい導電材、結着剤、溶媒等については、特開2012-216513号公報の[0077]～[0088]段落に記載された材料を適宜採用することができ、その内容は本明細書に参照として取り込まれる。

【0059】

〔負極〕

本発明の集電体を用いた負極は、本発明の集電体を負極に用いた負極集電体と、負極集電体の表面に形成される負極活物質を含む層とを有する負極である。

ここで、上記負極活物質については、特開2012-216513号公報の[0089]段落に記載された材料を適宜採用することができ、その内容は本明細書に参照として取り込まれる。

20

【0060】

〔アルミニウム板の製造装置〕

本発明のアルミニウム板の製造装置は、上述した本発明の製造方法に使用されるアルミニウム板の製造装置であって、厚さ5～1000 $\mu\text{m}$ のアルミニウム基材の表面にアルミニウム化合物の皮膜を形成する手段と、上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜を除去する手段と、上記皮膜のうち貫通孔を形成したい部分に存在する皮膜が除去されたアルミニウム基材に対して電気化学的溶解処理を施すことで、上記アルミニウム基材に貫通孔を形成する手段と、を備える。各手段の具体例及び好適な態様は上述のとおりである。

30

【実施例】

【0061】

以下、実施例により、本発明についてさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0062】

〔アルミニウム板の製造〕

平均厚さ20 $\mu\text{m}$ 、大きさ200mm×300mmのアルミニウム基材（JIS H-4160、合金番号：1N30-H、アルミニウム純度：99.30%）を用いて、以下のとおり、アルミニウム板を製造した。

【0063】

<実施例1>

（皮膜形成工程）

硫酸濃度15%、アルミニウム濃度5%以下、液温度50の溶液を用いて、上記アルミニウム基材を陽極として電気化学的処理（電流密度：25A/dm<sup>2</sup>）を施すことで、アルミニウム基材の表面に酸化アルミニウム皮膜（厚み：1 $\mu\text{m}$ ）を形成した。

40

【0064】

（部分的皮膜除去工程）

その後、ファイバーレーザー加工（パルス幅：5ns、周波数：700kHz、出力：12W）により、形成された酸化アルミニウム皮膜のうち貫通孔を形成したい部分（約100 $\mu\text{m}$ の間隔で並んだ直径約20 $\mu\text{m}$ の略円形の領域）に存在する酸化アルミニウム皮

50

膜を除去した。

【0065】

(貫通孔形成工程)

次いで、硫酸1%、硝酸1%、アルミニウム濃度1%以下、液温度50の溶液を用いて、部分的皮膜除去工程後のアルミニウム基材を陽極として、電気化学的溶解処理(電流密度:  $20 \text{ A / dm}^2$ 、電気量総和:  $1000 \text{ c / dm}^2$ )を施すことで、上記アルミニウム基材に貫通孔を形成した。このようにして、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜有り)を製造した。

【0066】

(皮膜除去工程)

さらに、得られたアルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜有り)を水酸化ナトリウム濃度5質量%、アルミニウムイオン濃度0.5質量%の水溶液(液温: 35)中に3秒間浸漬させることにより、酸化アルミニウム皮膜を溶解し、除去した。

その後、スプレーによる水洗を行い、乾燥させることにより、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0067】

<実施例2>

皮膜形成工程において、形成する酸化アルミニウム皮膜の厚みを  $10 \mu\text{m}$  にした以外は、実施例1と同様の手順にしたがって、アルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0068】

<実施例3>

皮膜形成工程において、形成する酸化アルミニウム皮膜の厚みを  $0.02 \mu\text{m}$  にした以外は、実施例1と同様の手順に従って、アルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0069】

<実施例4>

皮膜形成工程及び皮膜除去工程を下記のとおり行った以外は、実施例1と同様の手順に従って、アルミニウム板(水酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0070】

(皮膜形成工程)

硫酸濃度1%、硝酸濃度1%、アルミニウム濃度1%以下、液温度50の溶液を用いて、上記アルミニウム基材を陰極として電気化学的処理(電流密度:  $25 \text{ A / dm}^2$ )を施すことで、アルミニウム基材の表面に水酸化アルミニウム皮膜(厚み:  $1 \mu\text{m}$ )を形成した。

【0071】

(皮膜除去工程)

得られたアルミニウム板(水酸化アルミニウム皮膜有り)を水酸化ナトリウム濃度5質量%、アルミニウムイオン濃度0.5質量%の水溶液(液温35)中に30秒間浸漬させた後、硫酸濃度30%、アルミイオン濃度0.5質量%の水溶液(液温50)中に20秒間浸漬させることにより、水酸化アルミニウム皮膜を溶解し、除去した。

その後、スプレーによる水洗を行い、乾燥させることにより、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板(水酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0072】

<実施例5>

部分的皮膜除去工程において、ファイバーレーザー加工の代わりに放電加工を用いた以外は、実施例1と同様の手順に従って、アルミニウム板(酸化アルミニウム皮膜無し)を製造した。

【0073】

<実施例6>

10

20

30

40

50

部分的皮膜除去工程において、ファイバーレーザー加工の代わりに型押し付け加工（インプリント加工）を用いた以外は、実施例 1 と同様の手順に従って、アルミニウム板（酸化アルミニウム皮膜無し）を製造した。

【 0 0 7 4 】

< 比較例 1 >

皮膜形成工程後に、部分的皮膜除去工程を行わずに貫通孔形成工程を行った以外は、実施例 1 と同様の手順に従って、アルミニウム板（酸化アルミニウム皮膜無し）を製造した。

【 0 0 7 5 】

< 比較例 2 >

皮膜形成工程後に、部分的皮膜除去工程を行わずに貫通孔形成工程を行った以外は、実施例 4 と同様の手順に従って、アルミニウム板（水酸化アルミニウム皮膜無し）を製造した。

【 0 0 7 6 】

< 比較例 3 >

皮膜形成工程を行わずに、ファイバーレーザー加工（パルス幅：5 ns、周波数：700 kHz、出力：12 W）により、上記アルミニウム基材に貫通孔（約 100 μm の間隔で並んだ直径約 20 μm の貫通孔）を形成した。このようにして、厚み方向に複数の貫通孔を有するアルミニウム板を製造した。

【 0 0 7 7 】

〔 評価 〕

< 位置制御性 >

得られたアルミニウム板（皮膜無し）の表面の SEM（走査型電子顕微鏡）観察（200 倍）を行い、貫通孔の位置が制御されているかを調べた。具体的には、貫通孔が約 100 μm の間隔で規則的に並んでいるかを調べた。そして、以下の基準に従って評価した。結果を表 1 に示す。A 又は B であることが好ましく、A であることがより好ましい。

A：貫通孔の位置が制御されている

B：一部の貫通孔の位置が制御されていない

C：貫通孔の位置が制御されていない

【 0 0 7 8 】

< 表面バリ有無 >

得られたアルミニウム板（皮膜無し）の表面の SEM（走査型電子顕微鏡）観察（200 倍）を行い、表面にバリがあるかを調べた。そして、以下の基準に従って評価した。結果を表 1 に示す。A であることが好ましい。

A：バリが観察されない

B：バリが観察される

【 0 0 7 9 】

図 2 に実施例 1 の SEM 写真、図 3 に比較例 1 の SEM 写真、図 4 に比較例 3 の SEM 写真を示す。SEM 写真から分かるように、実施例 1 の製造方法から得られたアルミニウム板は貫通孔の位置が制御されていた。また、バリが観察されなかった。一方、比較例 1 の製造方法から得られたアルミニウム板は貫通孔の位置が制御されていなかった。また、比較例 3 の製造方法から得られたアルミニウム板は貫通孔の位置は制御されていたが、バリが観察された。

【 0 0 8 0 】

10

20

30

40

【表 1】

表1	皮膜形成工程		部分的皮膜 除去工程	貫通孔 形成工程	評価	
	皮膜の種類	厚み [ $\mu\text{m}$ ]			位置 制御性	表面バリ 有無
実施例1	酸化アルミニウム 皮膜	1	レーザー 加工	電気化学的 溶解処理	A	A
実施例2	酸化アルミニウム 皮膜	10	レーザー 加工	電気化学的 溶解処理	A	A
実施例3	酸化アルミニウム 皮膜	0.02	レーザー 加工	電気化学的 溶解処理	A	A
実施例4	水酸化アルミニウム 皮膜	1	レーザー 加工	電気化学的 溶解処理	B	A
実施例5	酸化アルミニウム 皮膜	1	放電 加工	電気化学的 溶解処理	B	A
実施例6	酸化アルミニウム 皮膜	1	型押し付け 加工	電気化学的 溶解処理	B	A
比較例1	酸化アルミニウム 皮膜	1	無し	電気化学的 溶解処理	C	A
比較例2	水酸化アルミニウム 皮膜	1	無し	電気化学的 溶解処理	C	A
比較例3	無し	無し	無し	レーザー 加工	A	B

10

20

## 【0081】

表1から分かるように、部分的皮膜除去工程を行ってから貫通孔形成工程を行った実施例1～6の製造方法によって製造されたアルミニウム板は、貫通孔の位置が制御されていた（規則的に配列されていた）。

実施例1～4の対比から、皮膜形成工程において形成される皮膜が酸化アルミニウム皮膜である実施例1～3の製造方法によって製造されたアルミニウム板は、貫通孔の位置がより制御されていた。

また、実施例1と5と6との対比から、部分的皮膜除去工程においてレーザー加工により皮膜を除去した実施例1は、貫通孔の位置がより制御されていた。

## 【0082】

一方、部分的皮膜除去工程を行わずに貫通孔形成工程を行った比較例1～2の製造方法によって製造されたアルミニウム板は、貫通孔の位置が制御されていなかった。また、比較例3の製造方法によって製造されたアルミニウム板は貫通孔の位置は制御されていたが、バリが観察された。

30

## 【0083】

なお、実施例1～6の製造方法によって製造されたアルミニウム板をリチウムイオンキャパシタ用の集電体として用いるために、製造されたアルミニウム板に対してリチウムイオンのプレドープを行ったところ、短時間で（効率的に）リチウムイオンをドープすることができた。貫通孔が規則的に配列されていることに起因するものと推測される。

## 【符号の説明】

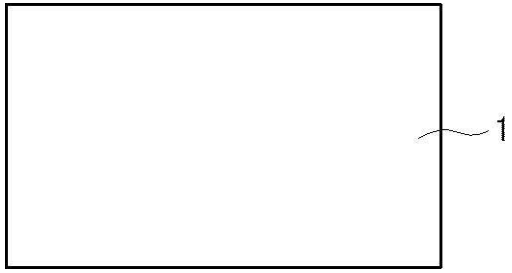
40

## 【0084】

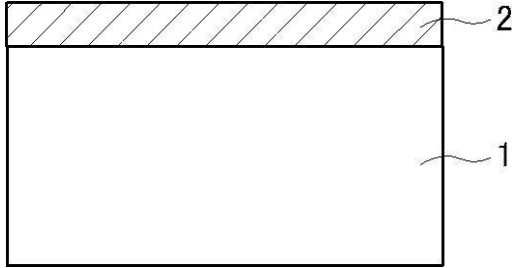
- 1 アルミニウム基材
- 2 皮膜
- 3 貫通孔を有するアルミニウム基材
- 4 貫通孔を形成したい部分に孔を有する皮膜
- 4 a 貫通孔を有する皮膜
- 5 孔
- 6 貫通孔
- 10 アルミニウム板（皮膜有り）
- 12 アルミニウム板（皮膜無し）

50

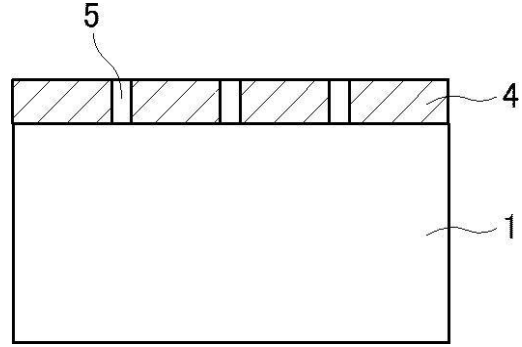
【図1A】



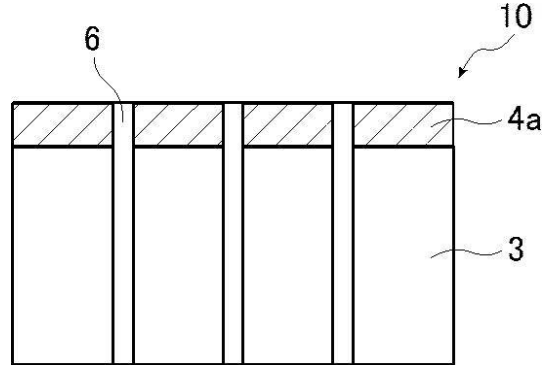
【図1B】



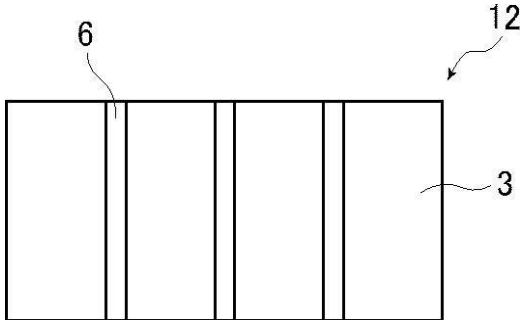
【図1C】



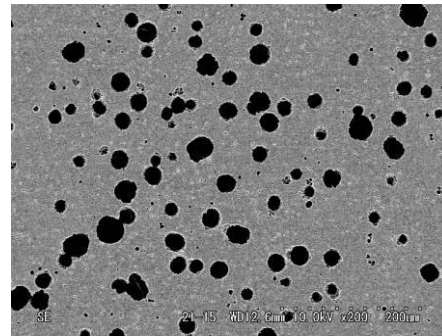
【図1D】



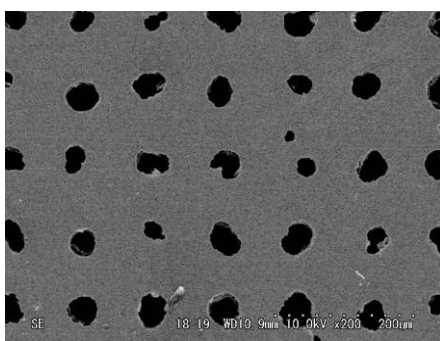
【図1E】



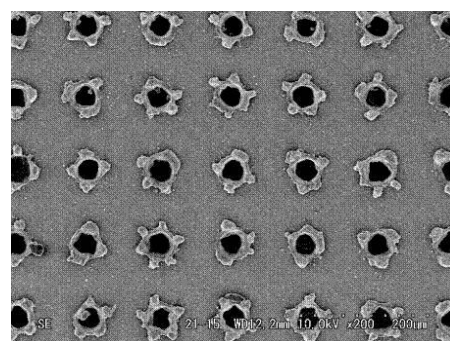
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 M 4/70 (2006.01) H 0 1 M 4/70 A

(56)参考文献 国際公開第2015/115531(WO, A1)  
特開2007-123433(JP, A)  
特開2015-079913(JP, A)  
特開2014-072267(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C 2 5 D 1 1 / 0 0  
C 2 5 F 3 / 0 0