



(10) **DE 11 2012 000 897 T5** 2013.11.21

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/111585**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 000 897.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2012/053218**
(86) PCT-Anmeldetag: **13.02.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **23.08.2012**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **21.11.2013**

(51) Int Cl.: **C25D 1/08 (2013.01)**

C22C 1/08 (2013.01)
C25D 3/66 (2013.01)
C25D 5/56 (2013.01)
C25D 7/00 (2013.01)
H01M 4/66 (2013.01)
H01M 4/80 (2013.01)
C22C 21/00 (2013.01)

(30) Unionspriorität:

2011-032785 **18.02.2011** **JP**
2011-111025 **18.05.2011** **JP**

(71) Anmelder:

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD., Osaka-shi, Osaka, JP

(74) Vertreter:

HOFFMANN - EITLE, 81925, München, DE

(72) Erfinder:

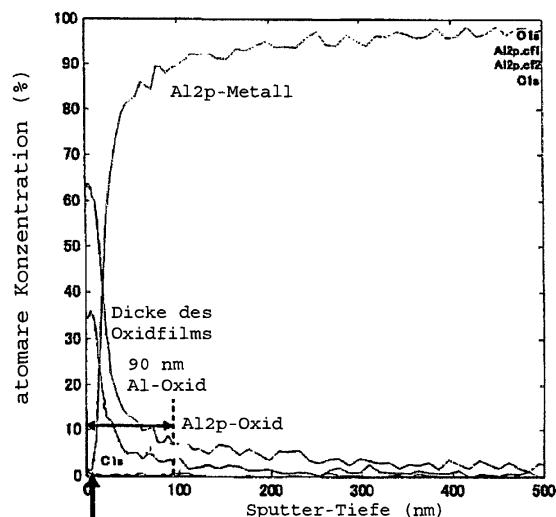
Kimura, Koutarou, Osaka-shi, Osaka, JP; Hosoe, Akihisa, Osaka-shi, Osaka, JP; Goto, Kengo, Osaka-shi, Osaka, JP; Okuno, Kazuki, Osaka-shi, Osaka, JP; Ohta, Hajime, Osaka-shi, Osaka, JP; Nishimura, Junichi, Osaka-shi, Osaka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Poröser Aluminiumkörper und Verfahren zur Herstellung desselben**

(57) Zusammenfassung: Bereitgestellt wird ein Verfahren zur leichten Entfernung von Urethanharz, ohne die Oxidation von Aluminium zu verursachen, von einer Aluminiumstruktur, in der ein Aluminiumfilm auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur gebildet ist: ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, enthaltend die Bildung eines Aluminiumfilms mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr auf einer Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur zur Bereitstellung einer Aluminiumstruktur, die den porösen Urethanharzkörper und den Aluminiumfilm einschließt, und das Unterziehen der Aluminiumstruktur einer Wärmebehandlung bei 370°C oder mehr und weniger als 660°C an Luft zur Entfernung des Urethanharzes und Bereitstellung eines porösen Aluminiumkörpers.

Behandlung der Al-Plattierung/Al050
bei 520°C für 5 Minuten an Luft



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, in dem der poröse Aluminiumkörper durch Entfernen von Urethanharz von einer Aluminiumstruktur hergestellt wird, die durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur hergestellt wurde, und den porösen Aluminiumkörper.

Stand der Technik

[0002] Poröse Metallkörper mit dreidimensionalen Netzwerkstrukturen werden in breit gefächerten Gebieten einschließlich verschiedenartigen Filtern, Katalysatorträgern und Batterieelektroden verwendet. Beispielsweise wird Celmet (eingetragene Handelsmarke, hergestellt von Sumitomo Electric Industries, Ltd.), das aus Nickel zusammengesetzt ist, als Elektrodenmaterial für Batterien einschließlich Nickel-Wasserstoff-Batterien und Nickel-Cadmium-Batterien verwendet. Celmet ist ein poröser Metallkörper mit kontinuierlichen Poren und weist das Merkmal auf, dass er eine hohe Porosität (90% oder mehr), verglichen mit anderen porösen Körpern, wie Metallvliesen, aufweist. Celmet wird durch Bildung einer Nickelschicht auf der Oberfläche des Skeletts aus einem porösen Harzkörper mit kontinuierlichen Poren, wie einem Urethanschaum, und anschließende Zersetzung des Harzschaumkörpers durch Wärmebehandlung und ferner Unterziehen des Nickels einer Reduktionsbehandlung hergestellt. Die Nickelschicht wird durch Beschichten der Oberfläche auf dem Skelett aus dem Harzschaumkörper mit einem Kohlenstoffpulver oder dergleichen zur Durchführung einer Leitfähigkeitsbehandlung und anschließende Nickelabscheidung durch Elektroplattierung gebildet.

[0003] Genauso wie Nickel ist Aluminium hinsichtlich der Leitfähigkeitseigenschaft, der Korrosionsbeständigkeit und der Leichtgewichtigkeit und dergleichen ausgezeichnet. In Batterieanwendungen wird beispielsweise eine Aluminiumfolie, dessen Oberflächen mit einem aktiven Material, wie Lithiumkobaltoxid, beschichtet ist, als positive Elektrode einer Lithiumbatterie verwendet. Zur Erhöhung der Kapazität der positiven Elektrode kann ein poröser Aluminiumkörper eingesetzt werden, um eine größere Oberfläche bereitzustellen, und mit einem aktiven Material gefüllt werden. In diesem Fall ist das aktive Material, selbst wenn die Elektrode eine große Dicke aufweist, verfügbar und ein hoher Verfügbarkeitsanteil des aktiven Materials pro Flächeneinheit wird erzielt.

[0004] Patentliteratur 1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, in dem ein Kunststoffsubstrat mit dreidimensionalem Netzwerk, das innere kontinuierliche Räume aufweist, einem Aluminium-Gasphasenabscheidungsverfahren mittels eines Lichtbogenverdampfungsverfahrens (arc ion plating method) zur Bildung einer 2–20 µm-Aluminiummetallschicht unterzogen wird.

[0005] Es wird behauptet, dass gemäß diesem Verfahren ein poröser Aluminiumkörper mit einer Dicke von 2 bis 20 µm hergestellt werden kann. Dieses Verfahren weist allerdings beispielsweise die folgenden Probleme auf: Da das Gasphasenverfahren eingesetzt wird, ist es schwierig, einen porösen Aluminiumkörper mit einer großen Oberfläche herzustellen, und es ist schwierig, eine Schicht zu bilden, die in Abhängigkeit von der Dicke oder Porosität des Substrats zum Inneren hin gleichmäßig ist, die Bildungsgeschwindigkeit der Aluminiumschicht ist niedrig; die Produktionskosten sind beispielsweise aufgrund von kostspieligen Einrichtungen hoch; und wenn ein dicker Film gebildet wird, leidet der Film unter Rissbildung und Ablösen von Aluminium.

[0006] Patentliteratur 2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Metallkörpers, in dem ein Film, der aus einem Metall (wie Kupfer) zusammengesetzt ist, das eine eutektische Legierung mit Aluminium bei einer Temperatur bilden kann, die gleich oder niedriger als der Schmelzpunkt von Aluminium ist, auf dem Skelett aus einem Harzschaumkörper mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur gebildet wird, der Harzschaumkörper dann mit einer Aluminiumpaste beschichtet und bei einer Temperatur von 550°C oder mehr und 750°C oder weniger in einer nicht-oxidierenden Atmosphäre zur Verdampfung des organischen Bestandteils (geschäumtes Harz) und zur Sinterung des Aluminiumpulvers erwärmt wird.

[0007] Da dieses Verfahren die Schicht bereitstellt, die eine eutektische Legierung mit Aluminium bildet, kann allerdings keine Aluminiumschicht mit einer hohen Reinheit gebildet werden.

[0008] Es kann ein weiteres Verfahren eingesetzt werden, in dem ein Harzschaumkörper mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur mit Aluminium plattiert wird. Obgleich das Verfahren zur Elektroplattierung mit Aluminium bekannt ist, weist Aluminium eine hohe chemische Affinität zu Sauerstoff und ein geringeres elektri-

sches Potential als Wasserstoff auf, und folglich ist es schwierig, eine Elektroplattierung mit Plattierbädern durchzuführen, die wässrige Lösungen enthalten. Demzufolge wurde die Elektroplattierung mit Aluminium hinsichtlich Plattierbädern untersucht, die nicht-wässrigen Lösungen enthielten. Beispielsweise offenbart Patentliteratur 3 als Technik zur Plattierung mit Aluminium, beispielsweise zum Zwecke der Unterdrückung der Oxidation von Metalloberflächen, ein Aluminium-Elektroplattierungsverfahren, in dem eine niedrig schmelzende Zusammensetzung, die durch Mischen und Schmelzen eines Oniumhalogenids und eines Aluminiumhalogenids hergestellt wird, als Plattierbad verwendet wird, und Aluminium auf der Kathode abgeschieden wird, während der Wassergehalt in dem Bad auf 2 Masse-% oder weniger aufrechterhalten wird.

[0009] Die Aluminium-Elektroplattierung ermöglicht allerdings lediglich die Plattierung von Metalloberflächen, und es gibt keine Verfahren zur Elektroplattierung von Oberflächen von Harzformkörpern, insbesondere Oberflächen von porösen Harzformkörpern mit dreidimensionalen Netzwerkstrukturen.

Zitatliste

Patentliteratur

[0010]

PTL 1: japanisches Patent 3413662

PTL 2: japanisches Patent 3568052

PTL 3: japanisches Patent 3202072

Zusammenfassung der Erfindung

Technische Aufgabe

[0011] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben sorgfältig ein Verfahren zum Unterziehen der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur einer Aluminium-Elektroplattierung untersucht. Als Ergebnis haben die Erfinder herausgefunden, dass die Plattierung durchgeführt werden kann, indem ein poröser Urethanharzkörper, dessen Oberfläche zumindest leitfähig gemacht wurde, in einem Schmelzsalzbad einer Aluminiumplattierung unterzogen wird. Auf diese Weise haben die Erfinder ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers zustande gebracht. Dieses Herstellungsverfahren stellt eine Aluminiumstruktur mit einem porösen Urethanharzkörper bereit, der als Kern des Skeletts dient. Dieser aus dem Harz und dem Metall zusammengesetzte Verbund kann in Anwendungen von verschiedenartigen Filtern, Katalysatorträger und dergleichen verwendet werden. Wenn eine Teilstruktur ohne Harz, z. B. im Hinblick auf Einschränkungen hinsichtlich der Nutzungsumgebung, verwendet wird, wird das Harz alternativ entfernt, um einen porösen Aluminiumkörper bereitzustellen.

[0012] Die Entfernung des Harzes kann durch ein gewünschtes Verfahren, wie Zersetzung (Auflösung) unter Verwendung eines organischen Lösungsmittel, eines Schmelzsalzes oder überkritischem Wasser, oder Zersetzung durch Erwärmen durchgeführt werden. Obgleich die Verfahren, wie thermische Zersetzung bei einer hohen Temperatur, leicht durchgeführt werden können, beziehen sie die Oxidation von Aluminium ein. Im Gegensatz zu Nickel und dergleichen ist es schwierig, Aluminium, das oxidiert wurde, zu reduzieren. Zum Beispiel in der Anwendung eines Elektrodenmaterials für eine Batterie oder dergleichen führt die Oxidation von Aluminium zum Verlust an Leitfähigkeit, und folglich kann das Aluminium nicht verwendet werden. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben daher als Verfahren, in dem das Harz ohne Verursachung von Aluminiumoxidation entfernt wird, ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers zustande gebracht, in dem die Aluminiumstruktur auf eine Temperatur erhitzt wird, die niedriger als der Schmelzpunkt von Aluminium ist, während eine durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Harzformkörpers hergestellte Aluminiumstruktur in einem Schmelzsalz eingetaucht wird und ein negatives Potential an den Aluminiumfilm angelegt wird, wodurch der poröse Harzformkörper mittels thermischer Zersetzung entfernt wird.

[0013] Dieses Verfahren ist ein ausgezeichnetes Verfahren, in dem das Harz ohne Verursachung von Aluminiumoxidation entfernt wird. Das Verfahren setzt allerdings ein Schmelzsalz ein und kann bezüglich der Schritte und Kosten verbessert werden.

[0014] Ein erfindungsgemäßes Ziel ist es, ein Verfahren bereitzustellen, in dem Urethanharz ohne Verursachung einer Oxidation von Aluminium leicht von einer Aluminiumstruktur entfernt wird, die durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur hergestellt wurde.

Lösung der Aufgabe

[0015] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben sorgfältige Untersuchungen durchgeführt, wie dieses Ziel zu erreichen ist. Als Ergebnis haben die Erfinder herausgefunden, dass in einer Aluminiumstruktur, die durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur hergestellt wurde, der Aluminiumfilm nicht oxidiert wird, selbst wenn das Harz durch thermische Zersetzung mittels Erwärmen bei einer hohen Temperatur an Luft entfernt wird, indem die Reinheit des Aluminiumfilms auf 99,9 Masse-% oder mehr gesetzt wird. Auf diese Weise haben die Erfinder die vorliegende Erfindung zustande gebracht.

[0016] Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere das folgende Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers.

- (1) Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, enthaltend die Bildung eines Aluminiumfilms mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr auf einer Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur zur Bereitstellung einer Aluminiumstruktur, die den porösen Urethanharzkörper und den Aluminiumfilm einschließt, und das Unterziehen der Aluminiumstruktur einer Wärmebehandlung bei 370°C oder mehr und weniger als 660°C an Luft zur Entfernung des Urethanharzes und Bereitstellung eines porösen Aluminiumkörpers.
- (2) Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß (1), worin die Wärmebehandlung bei 370°C oder mehr und 550°C oder weniger durchgeführt wird.
- (3) Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß (1) oder (2), worin der poröse Urethanharzkörper ein Polyurethanschaum ist.
- (4) Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß (1) bis (3), worin der Aluminiumfilm durch Elektroplattierung in einem Schmelzsatzbad gebildet wird.
- (5) Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß (4), worin vor dem Schritt zur Bildung des Aluminiumfilms auf der Oberfläche des porösen Urethanharzkörpers ein Schritt zur Entfernung von Metallionen im Schmelzsatz durch Elektrolyse durchgeführt wird.
- (6) Poröser Aluminiumkörper mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur und einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr.
- (7) Poröser Aluminiumkörper (6), worin ein Aluminiumoxidfilm mit einer Dicke von weniger als 200 nm in einer Außenoberfläche eines Aluminiumskeletts vorhanden ist, das die dreidimensionale Netzwerkstruktur bildet.
- (8) Poröser Aluminiumkörper (6) oder (7), worin metallisches Aluminium in einer äußersten Oberfläche eines Aluminiumskeletts vorhanden ist, das die dreidimensionale Netzwerkstruktur bildet.
- (9) Poröser Aluminiumkörper gemäß irgendeinem von (6) bis (8), der einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 1 g/m² aufweist.

Vorteilhafte erfindungsgemäße Wirkungen

[0017] Erfindungsgemäß kann Urethanharz leicht von einer Aluminiumstruktur entfernt werden, die durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur hergestellt wurde, so dass ein poröser Aluminiumkörper bereitgestellt werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] [Fig. 1](#) ist eine graphische Darstellung, die das Auswertungsergebnis der Dicke eines Oxidfilms in einer Aluminiumoberfläche mit einem Raster-Röntgen-Photoelektronenspektrometer veranschaulicht, wenn Aluminium (Al050) mit einer Reinheit von 99 Masse-% einer Wärmebehandlung an Luft unterzogen wird.

[0019] [Fig. 2](#) ist eine graphische Darstellung, die das Auswertungsergebnis der Dicke eines auf der Al-Plattierungsoberfläche gebildeten Oxidfilms mittels Raster-Röntgen-Photoelektronenspektrometer veranschaulicht, wenn Aluminium (Al050), auf dessen Oberfläche die Al-Plattierung mit einer Reinheit von 99,93 Masse-% gebildet ist, einer Wärmebehandlung an Luft unterzogen wird.

[0020] [Fig. 3](#) veranschaulicht das Verhalten der Verunreinigungen, wenn ein poröser Aluminiumkörper als Kollektor einer Batterie verwendet wird.

[0021] [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Schritte zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Aluminiumstruktur veranschaulicht.

[0022] Fig. 5 ist eine schematische Querschnittsansicht, die die Schritte der Herstellung einer erfindungsge-
mäßigen Aluminiumstruktur veranschaulicht.

[0023] Fig. 6 ist eine vergrößerte Oberflächenaufnahme, die die Struktur eines porösen Urethanharzkörpers
veranschaulicht.

[0024] Fig. 7 veranschaulicht ein Beispiel für ein kontinuierliches Aluminium-Plattierungsverfahren unter Ver-
wendung von Schmelzsatzplattierung.

[0025] Fig. 8 ist eine schematische Ansicht, die ein Strukturbeispiel veranschaulicht, in dem ein poröser Alu-
miniumkörper in einer Lithiumbatterie angewendet wird.

[0026] Fig. 9 ist eine schematische Ansicht, die ein Strukturbeispiel veranschaulicht, in dem ein poröser Alu-
miniumkörper in einem Kollektor angewendet wird.

[0027] Fig. 10 ist eine schematische Querschnittsansicht, die ein Strukturbeispiel veranschaulicht, in dem ein
poröser Aluminiumkörper in einer Schmelzsatzbatterie angewendet wird.

[0028] Fig. 11 veranschaulicht ein Wärmebehandlungsprofil zur Entfernung von Urethanharz durch thermi-
sche Zersetzung im BEISPIEL.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0029] In der vorliegenden Erfindung wird in einer Aluminiumstruktur, die durch Bildung eines Aluminiumfilms
auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur hergestellt
wird, das Urethanharz einer Wärmebehandlung an Luft zur Entfernung des Urethanharzes mittels thermischer
Zersetzung unterzogen.

[0030] Die Oberfläche des Aluminiums ist oxidationsempfindlich, und Aluminium ist im Allgemeinen mit einem
natürlichen Oxidfilm (Al_2O_3 -Film) überzogen. Das Erwärmen eines solchen Aluminiums mit einem natürlichen
Oxidfilm an Luft führt zu einer Zunahme der Dicke des Oxidfilms. Wenn ein poröser Aluminiumkörper mit einem
dicken Oxidfilm in der Oberfläche als Kollektor für eine Batterie verwendet wird, weist er eine schlechte Kol-
lektorfähigkeit auf und kann nicht als Kollektor für eine Batterie verwendet werden. Wenn ein poröser Alumi-
niumkörper als Kollektor einer Batterie oder dergleichen verwendet wird, wird ein Schritt zum Schweißen eines
Fahnenanschlusses an den porösen Aluminiumkörper durchgeführt; in diesem Schritt ist die Schweißbarkeit
schlecht, wenn der poröse Aluminiumkörper einen dicken Oxidfilm in der Oberfläche aufweist.

[0031] Zur thermischen Zersetzung eines Urethanharzes muss das Urethanharz bei einer Temperatur von
370°C oder mehr erhitzt werden. Die thermische Zersetzung eines Urethanharzes bei einer solch hohen Tem-
peratur an Luft führt allerdings zur Bildung eines dicken Oxidfilms in der Oberfläche des porösen Aluminiumkör-
pers. Demzufolge wurde die Entfernung von Urethan mittels thermischer Zersetzung an Luft nicht durchgeführt.

[0032] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben allerdings Bedingungen untersucht, unter denen kein
Oxidfilm im Aluminium gebildet wird, und als Ergebnis haben die Erfinder herausgefunden, dass eine geringe
Aluminiumreinheit zur Bildung eines dicken Oxidfilms führt. Insbesondere wurde herausgefunden, dass, wenn
Aluminium, das Verunreinigungen enthält, an Luft erwärmt wird, die Oxidation ausgehend von Verunreinigun-
gen, die als Ausgangspunkte dienen, zur Bildung eines dicken Oxidfilms fortschreitet; wenn jedoch Aluminium
mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr auf 370°C oder mehr an Luft erhitzt wird, wird die Oberflä-
chenoxidschicht nicht dick.

[0033] In der vorliegenden Erfindung wird die Reinheit eines auf der Oberfläche eines porösen Urethanharz-
körpers gebildeten Aluminiumfilms demzufolge auf 99,9 Masse-% oder mehr gesetzt.

[0034] In der vorliegenden Erfindung muss ein Aluminiumfilm mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr
auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers gebildet werden. Solch ein Aluminiumfilm mit einer
hohen Reinheit kann mittels eines Verfahrens, wie ein Aufdampfungsverfahren oder ein Plattierungsverfahren,
auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers gebildet werden.

[0035] Nachfolgend wird das Folgende beschrieben: Wenn Aluminium mit einer Reinheit von 99,9 Masse-
% oder mehr einer Wärmebehandlung an Luft unterzogen wird, ist der resultierende Oxidfilm dünner als ein

Oxidfilm, der gebildet wird, wenn Aluminium mit einer Reinheit mit 99,0 Masse-% einer Wärmebehandlung an Luft unterzogen wird.

[0036] Die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind graphische Darstellungen, die die Ergebnisse von Analysen der Dicken von Oxidfilmen mit einem Raster-Röntgen-Photoelektronenspektrometer veranschaulichen. Die Oxidfilme wurden durch eine Wärmebehandlung bei 520°C an Luft für 5 Minuten in der Oberfläche von Aluminium (Al050) mit einer Reinheit von 99 Masse-% in [Fig. 1](#) und in der Oberfläche einer Al-Plattierung mit einer Reinheit von 99,93 Masse-% auf der Oberfläche von Aluminium (Al050) in [Fig. 2](#) gebildet.

[0037] Die Analyse-Bedingungen waren wie folgt.

Vorrichtung: ULVAC-PHI (QuanteraSXM)

Röntgenquelle: monochrom-Al (K α)

Strahlbedingung: 100 μ m Φ /25 W–15 kV

Transmissionsenergie: 280 eV

Dicke: Umsetzung bezogen auf SiO₂

[0038] Das Ergebnis in [Fig. 1](#) zeigt die Bildung eines Oxidfilms mit einer Dicke von 200 nm durch die Wärmebehandlung von Aluminium (Al050) mit einer Reinheit von 99 Masse-%. Im Gegensatz dazu zeigt das Ergebnis in [Fig. 2](#) die Bildung eines Oxidfilms mit einer Dicke von 90 nm durch die Wärmebehandlung von Aluminium mit einer Reinheit von 99,93 Masse-% und die Gegenwart von metallischem Aluminium in der obersten Oberfläche an. Hierbei bedeutet „metallisches Aluminium“ Aluminium, in dem der elektronische Zustand von Aluminiumatomen mittels Röntgen-Photoelektronenspektrometrie als Metallzustand festgestellt wurde. Die Ergebnisse zeigen, dass durch Einstellung der Reinheit von Aluminium auf 99,9 Masse-% oder mehr, selbst eine Wärmebehandlung des Aluminiums an Luft nicht zur Bildung eines dicken Oxidfilms führt.

[0039] Wenn ein poröser Aluminiumkörper mit einer geringen Reinheit als Kollektor einer Batterie verwendet wird, ist zu erwarten, dass die Batterie eine geringe Lebensdauer aufweist.

[0040] Wie in [Fig. 3\(a\)](#) veranschaulicht wird, wird beispielsweise eine Batterie betrachtet, die einen Stapel aus einer positiven Elektrode, gebildet durch eine Aluminiumfolie und ein positives Elektrodenmaterial, eine negative Elektrode, gebildet durch eine Kupferfolie und ein negatives Elektrodenmaterial, und einen Separator einschließt. Wenn eine Aluminiumfolie mit einer geringen Reinheit verwendet wird, wie in [Fig. 3\(a\)](#) veranschaulicht wird, werden Metalle, die als Verunreinigungen im Aluminium fungieren, zur Wanderung an die negative Elektrode freigesetzt; und wie in [Fig. 3\(b\)](#) veranschaulicht wird, werden die Metalle an der negativen Elektrode abgeschieden. Wie in [Fig. 3\(c\)](#) veranschaulicht wird, neigt auf diese Weise der Strom dazu, durch die Teile zu fließen, wo Metallverunreinigungen abgeschieden sind. Der Strom konzentriert sich in diesen Teilen, und es tritt die Zersetzungsreaktion des Elektrolyten auf. Als Ergebnis kann der Elektrolyt verschlechtert werden. Ein solches Problem kann durch Verwendung eines erfindungsgemäßen porösen Aluminiumkörpers mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr überwunden werden. Die vorliegende Erfindung wurde auf Grundlage dieser Erkenntnisse geschaffen.

[0041] Nachfolgend werden Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers detaillierter beschrieben. Die Verfahren werden manchmal unter Bezugnahme auf Zeichnungen auf Grundlage eines repräsentativen Beispiels beschrieben, worin ein Aluminium-Plattierungsverfahren als Verfahren zur Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers eingesetzt wird. Die Teile, die durch dieselben Bezugszeichen in den nachfolgenden Zeichnungen gekennzeichnet werden, sind dieselben oder entsprechende Teile. Es ist zu beachten, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die Beschreibung beschränkt ist, sondern durch die Ansprüche angegeben wird, und alle Modifikationen innerhalb des Sinngeshalts und Äquivalenzbereichs der Ansprüche umfasst.

(Schritte zur Herstellung einer Aluminiumstruktur)

[0042] [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm, das die Schritte zur Herstellung einer Aluminiumstruktur veranschaulicht. [Fig. 5](#) entspricht dem Ablaufdiagramm und veranschaulicht schematisch die Bildung eines Aluminium-Plattierungsfilms mit einem als Kernelement dienenden porösen Harzkörper. Der Gesamtablauf der Herstellungsschritte wird unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) beschrieben. „Die Herstellung eines porösen Harzgrundkörpers“ **101** wird als erstes durchgeführt. [Fig. 5\(a\)](#) ist eine vergrößerte schematische Ansicht, die eine vergrößerte Oberfläche des porösen Harzkörpers mit kontinuierlichen Poren veranschaulicht, wobei der poröse Harzkörper als Beispiel für den porösen Harzgrundkörper dient. Die Poren werden in einem porösen Harzkörper **1** gebildet, der als Skelett dient. „Die Leitfähigkeitsbehandlung für die Oberfläche des porösen Harzkör-

pers" **102** wird dann durchgeführt. Als Ergebnis dieses Schritts wird, wie in **Fig. 5(b)** veranschaulicht wird, eine leitfähige Schicht **2**, die dünn ist und aus einem leitfähigen Material zusammengesetzt ist, auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers **1** gebildet.

[0043] Dann wird „die Aluminium-Plattierung in einem Schmelzsalz" **103** durchgeführt, um eine Aluminium-Plattierungsschicht **3** auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers mit der leitfähigen Schicht zu bilden (**Fig. 5(c)**). Als Ergebnis wird eine Aluminiumstruktur erhalten, in der die Aluminium-Plattierungsschicht **3** auf der Oberfläche des als Basis dienenden porösen Harzgrundkörpers gebildet ist. was den porösen Harzgrundkörper betrifft, so wird eine „Entfernung des porösen Harzgrundkörpers" **104** durchgeführt.

[0044] Durch Eliminieren des porösen Harzkörpers **1** mittels Zersetzung oder dergleichen kann eine Aluminiumstruktur (poröser Körper) erhalten werden, die von der zurückbleibenden Metallschicht gebildet wird (**Fig. 5(d)**). Nachfolgend werden die Schritte nacheinander beschrieben.

(Herstellung des porösen Harzkörpers)

[0045] Ein poröser Harzkörper mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur und kontinuierlichen Poren wird hergestellt. Der poröse Harzkörper wird aus einem aus Polyurethan zusammengesetzten Harzschaumkörper gebildet. Obgleich der „Harzschaumkörper" erwähnt wird, kann ein poröser Harzkörper mit jeglicher Form ausgewählt werden, solange er kontinuierliche Poren aufweist. Zum Beispiel kann anstelle des Harzschaumkörpers ein poröser Harzkörper verwendet werden, der eine Form ähnlich einem Vlies aufweist und durch Verflechtung von Harzfasern hergestellt wird. Der Harzschaumkörper weist vorzugsweise eine Porosität von 80% bis 98% und einen Porendurchmesser von 50 bis 500 µm auf. Ein Urethanschaum weist eine hohe Porosität, hohe Gleichmäßigkeit an Poren, einen kleinen Porendurchmesser, eine Kontinuität von Poren und eine ausgezeichnete thermische Zersetzungseigenschaft auf und ist leicht verfügbar.

[0046] Da ein poröser Urethanharzkörper häufig Materialrückstände einschließlich eines Schäummittels und nicht-umgesetztem Monomer, die in der Herstellung des Schaums verwendet werden, enthält, wird er vorzugsweise einer Waschbehandlung im Hinblick auf die nachfolgenden Schritte unterzogen. Ein poröser Urethanharzkörper, der als Vorbehandlung einer Waschbehandlung unterzogen wurde, wird in **Fig. 6** veranschaulicht. In dem porösen Harzkörper bildet das Skelett ein dreidimensionales Netzwerk, wodurch Poren gebildet werden, die kontinuierlich über den porösen Harzkörper sind. Das Skelett aus einem porösen Urethanharzkörper weist eine im Wesentlichen dreieckige Form in einem Querschnitt senkrecht zur Richtung auf, in der sich der poröse Urethanharzkörper ausdehnt. Die Porosität wird durch die folgende Gleichung definiert.

Porosität = $(1 - (\text{Masse-\% des porösen Materials [g]} / (\text{Volumen des porösen Materials [cm}^3] \times \text{Materialdichte})) \times 100[\%]$

[0047] Der Porendurchmesser wird in folgender Art und Weise bestimmt. Die Oberfläche des porösen Harzkörpers wird z. B. mit einer Mikroaufnahme vergrößert. Die Porenzahl pro inch (25,4 mm) wird als Zellenzahl gezählt, und der Porendurchmesser wird als Durchschnittswert berechnet: durchschnittlicher Porendurchmesser = 25,4 mm/Zellenzahl.

(Leitfähigkeitsbehandlung für die Oberfläche des porösen Harzkörpers)

[0048] Die Oberfläche des Harzschaums wird einer Leitfähigkeitsbehandlung unterzogen, bevor eine Elektroplattierung durchgeführt wird. Die Behandlung ist nicht besonders beschränkt, solange sie die Bildung einer leitfähigen Schicht auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers ermöglicht. Eine gewünschte Behandlung kann beispielsweise aus einer nicht-elektrolytischen Plattierung mit einem leitfähigen Metall, wie Nickel, Aufdampfung von Aluminium oder dergleichen, Sputtern von Aluminium oder dergleichen und Beschichten mit einem leitfähigen Beschichtungsmaterial, das aus Kohlenstoff oder dergleichen zusammengesetzte leitfähige Partikel enthält, ausgewählt werden.

(Bildung des Aluminiumfilms: Schmelzsalzplattierung)

[0049] Dann wird die Elektroplattierung in einem Schmelzsalz zur Bildung eines Aluminium-Plattierungsfilm auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers durchgeführt.

[0050] Mittels Durchführung einer Aluminiumplattierung in einem Schmelzsatzbad kann ein dicker Aluminiumfilm gleichmäßig auf der Oberfläche einer komplexen Skelettstruktur, insbesondere eines porösen Harzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur, gebildet werden.

[0051] In einem Schmelzsatz wird zwischen einer negativen Elektrode, die der poröse Harzkörper ist, dessen Oberfläche leitfähig gemacht wurde, und einer positiven Elektrode, die Aluminium ist, ein Gleichstrom angelegt.

[0052] Das Schmelzsatz kann ein organisches Schmelzsatz, das ein eutektisches Satz zwischen einem Organohalogenid und einem Aluminiumhalogenid ist, oder ein anorganisches Schmelzsatz sein, das ein eutektisches Satz zwischen einem Halogenid eines Alkalimetalls und einem Aluminiumhalogenid ist. Die Verwendung eines Bades aus einem organischen Schmelzsatz, das bei einer relativ niedrigen Temperatur schmilzt, wird bevorzugt, da der als Basis dienende poröse Harzkörper plattiert werden kann, ohne zersetzt zu werden. Beispiele für das Organohalogenid schließen Imidazoliumsalze und Pyridiniumsalze ein. Insbesondere werden 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid (EMIC) und Butylpyridiniumchlorid (BPC) bevorzugt.

[0053] Da der Eintritt von Wasser und Sauerstoff in das Schmelzsatz zur Verschlechterung des Schmelzsatzes führt, wird die Plattierung vorzugsweise in einer Atmosphäre eines Inertgases, wie Stickstoff oder Argon, und in einer versiegelten Umgebung durchgeführt.

[0054] Das Schmelzsatzbad enthält vorzugsweise Stickstoff. Insbesondere wird ein Imidazoliumsalzbad vorzugsweise verwendet. Wenn ein Satz, das bei einer hohen Temperatur schmilzt, als Schmelzsatz verwendet wird, tritt eine Auflösung oder Zersetzung des Harzes im Schmelzsatz auf, bevor die Plattierungsschicht gewachsen ist und daher kann keine Plattierungsschicht auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers gebildet werden. Ein Imidazoliumsalzbad kann selbst bei einer relativ niedrigen Temperatur ohne Beeinträchtigung des Harzes verwendet werden. Die Imidazoliumsalze sind vorzugsweise Salze, die ein Imidazoliumkation mit Alkylgruppen an den 1- und 3-Positionen einschließen. Insbesondere wird eine Schmelzsatzmischung aus Aluminiumchlorid und 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid (AlCl_3 -EMIC) am meisten bevorzugt verwendet, da es hochstabil ist und sich weniger wahrscheinlich zersetzt. Zum Beispiel kann ein Urethanharzschäum oder ein Melaminharzschäum in einem Schmelzsatzbad bei einer Temperatur von 10°C bis 65°C, vorzugsweise 25°C bis 60°C, plattiert werden. Je niedriger die Temperatur ist, desto enger ist der Stromdichtebereich, der eine Plattierung ermöglicht. Es wird daher schwierig, die gesamte Oberfläche des porösen Körpers zu plattieren. Eine hohe Temperatur von mehr als 65°C neigt dazu, zu dem Problem zu führen, dass die Form des Basis-harzes abgebaut wird.

[0055] Um zu einer Reinheit des auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers gebildeten Aluminiumfilms von 99,9 Masse-% oder mehr zu gelangen, muss die Reinheit des Aluminiums, das als positives Elektrodenmaterial dient, auf 99,9 Masse-% oder mehr, vorzugsweise 99,99 Masse-% oder mehr, eingestellt werden; zusätzlich muss die Menge an Verunreinigungen, wie Fe und Cu, die in dem Schmelzsatzbad enthalten sind, minimiert werden.

[0056] Zur Reduzierung der Menge an Verunreinigungen, wie Fe und Cu, die unweigerlich in dem Schmelzsatzbad enthalten sind, wird ein Verfahren bevorzugt, in dem vor dem Schritt zur Bildung eines Aluminium-Plattierungsfilms auf der Oberfläche des porösen Harzkörpers eine Elektrolyse (Blind-Plattierung) unter Verwendung einer positiven Elektrode und einer negativen Elektrode (negative Blind-Elektrode), die aus Aluminium zusammengesetzt sind, zur Abscheidung von Ionen von Fe, Cu und dergleichen in dem Schmelzsatzbad auf der negativen Blind-Elektrode durchgeführt, und anschließend wird eine Elektrolyse durchgeführt, in der der poröse Harzkörper, der der Leitfähigkeitsbehandlung unterzogen wurde, als negative Elektrode anstelle der negativen Blind-Elektrode verwendet wird.

[0057] In der Schmelzsatz-Aluminiumplattierung für eine Metalloberfläche wurde von der Zugabe eines Additivs, wie Xylol, Benzol, Toluol oder 1,10-Phenanthrolin, zu AlCl_3 -EMIC zum Zwecke der Erhöhung der Glätte der Plattierungsoberfläche berichtet. Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben herausgefunden, dass insbesondere im Falle des Unterziehens eines porösen Harzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur einer Aluminiumplattierung die Zugabe von 1,10-Phenanthrolin der Bildung eines porösen Aluminiumkörpers spezielle Merkmale verleiht: insbesondere ist ein erstes Merkmal, dass die Glätte des Plattierungsfilms erhöht wird, und das den porösen Körper bildende Aluminiumskelett weniger wahrscheinlich zerbricht; und das zweite Merkmal ist, dass eine gleichförmige Plattierung erzielt werden kann, so dass der Unterschied in der Plattierungsdicke zwischen dem Oberflächenanteil und dem Innenteil des porösen Körpers klein ist.

[0058] Als Ergebnis der beiden Merkmale, dass das Skelett weniger wahrscheinlich zerbricht und die Plattierungsschicht zwischen dem Innenteil und dem Außenteil gleichmäßig ist, zerbricht das gesamte Skelett für den Fall, dass ein hergestellter poröser Aluminiumkörper gepresst wird, weniger wahrscheinlich und ein poröser Körper, der gleichmäßig gepresst wurde, kann bereitgestellt werden. Wenn ein poröser Aluminiumkörper als Elektrodenmaterial für eine Batterie oder dergleichen verwendet wird, wird die Elektrode mit einem aktiven Elektrodenmaterial gefüllt und zur Erhöhung der Dichte gepresst. Da das Skelett dazu neigt, während des Einfüllschritts des aktiven Materials und des Pressens zu zerbrechen, ist der poröse Aluminiumkörper in solchen Anwendungen sehr nützlich.

[0059] Demzufolge wird die Zugabe eines organischen Lösungsmittels zu dem Schmelzsalzbad bevorzugt. Insbesondere wird 1,10-Phenanthrolin vorzugsweise verwendet. Die Zugabemenge zu dem Plattierbad beträgt vorzugsweise 0,2 bis 7 g/l. Wenn die Menge 0,2 g/l oder weniger beträgt, weist die Plattierung eine unzureichende Glätte auf und ist spröde, und das Merkmal eines geringen Dickenunterschieds zwischen der Oberfläche und dem Innenteil wird weniger wahrscheinlich erreicht. Wenn die Menge 7 g/l oder mehr beträgt, wird die Plattierungseffizienz gering und es wird schwierig, eine vorbestimmte Plattierungsdicke zu erzielen.

[0060] [Fig. 7](#) veranschaulicht schematisch die Konfiguration einer Vorrichtung zum kontinuierlichen Unterziehen des streifenförmigen Harzes einem Aluminium-Plattierungsverfahren: ein streifenförmiges Harz **22**, dessen Oberflächen leitfähig gemacht wurden, wird von links nach rechts in [Fig. 7](#) transportiert. Ein erster Plattierungsbehälter **21a** ist aus einer zylindrischen Elektrode **24**, einer positiven Elektrode **25**, die auf den Innenoberflächen des Behälters angebracht ist und aus Aluminium zusammengesetzt ist, und einem Plattierbad **23** gebildet. Das streifenförmige Harz **22** durchläuft das Plattierbad **23** entlang der zylindrischen Elektrode **24**, und als Ergebnis neigt ein Strom dazu, gleichmäßig durch den gesamten porösen Harzkörper zu laufen, und eine gleichmäßige Plattierung kann gebildet werden. Ein Plattierungsbehälter **21b** wird verwendet, um die Plattierung dicker und gleichmäßiger zu machen, und ist so gebildet, dass die Plattierung in einer Vielzahl von Behältern wiederholt wird. Das streifenförmige Harz **22**, dessen Oberflächen leitfähig gemacht wurden, wird fortlaufend mit Elektrodenwalzen **26** transportiert, die sowohl als Transportwalze als auch als negative Zufuhrelektrode, die an der Außenseite des Behälters angebracht ist, fungieren. Auf diese Weise wird das streifenförmige Harz **22** dazu gebracht, die Plattierbäder **28** zu durchlaufen, so dass es plattiert wird. In jedem der Vielzahl von Behältern sind aus Aluminium zusammengesetzte positive Elektroden **27** so angebracht, dass sie den beiden Oberflächen des porösen Harzkörpers gegenüberstehen mit dem Plattierbad **28** zwischen den positiven Elektroden **27** und den Oberflächen. Auf diese Weise können beide Oberflächen des porösen Harzkörpers gleichförmiger plattiert werden. Der durch die Plattierung erhaltene poröse Aluminiumkörper wird einem Stickstoffstrom ausgesetzt, um die Plattierlösung hinreichend zu entfernen und dann einer Wasserwäsche, um einen porösen Aluminiumkörper bereitzustellen.

[0061] Ein Bad aus einem Schmelzsalz, das ein anorganisches Salz ist, kann z. B. unter Bedingungen verwendet werden, unter denen das Harz sich nicht löst. Üblicherweise enthält das Bad aus einem anorganischen Salz ein Zweikomponentensalz von $\text{AlCl}_3\text{-XCl}$ (X: Alkalimetall) oder ein Multikomponentensystem-Salz. Obgleich solche anorganischen Salzbad im Allgemeinen einen höheren Schmelzpunkt als organische Salzbad, wie Imidazoliumsalzbad, aufweisen, sind Einschränkungen hinsichtlich der Umgebungsbedingungen bezüglich dem Wassergehalt, Sauerstoff und dergleichen weniger streng, und sie können bei geringen Gesamtkosten praktikabel eingesetzt werden. Wenn das Harz ein Melaminharzschäum ist, der bei höheren Temperaturen als Urethanharzschäume verwendet werden kann, wird ein anorganisches Salzbad bei 60°C bis 150°C verwendet.

[0062] Als Ergebnis der oben beschriebenen Schritte wird eine Aluminiumstruktur mit einem als Kern des Skeletts dienenden porösen Harzkörper bereitgestellt. Dieser aus dem Harz und Metall zusammengesetzte Verbund kann in Anwendungen von verschiedenen Filtern, Katalysatorträgern und dergleichen, verwendet werden. Wenn ein Metallstrukturkörper, der kein Harz enthält, z. B. im Hinblick auf Beschränkungen hinsichtlich der Nutzungsumgebungen verwendet wird, wird das Harz entfernt. Erfindungsgemäß wird das Harz durch thermische Zersetzung an Luft entfernt, wie unten beschrieben wird.

(Entfernung des Harzes durch thermische Zersetzung)

[0063] Zur thermischen Zersetzung eines Urethanharzes muss das Urethanharz bei einer Temperatur von 370°C oder mehr behandelt werden. Die Behandlung wird allerdings durchgeführt ohne Aluminium zu schmelzen, und muss folglich bei einer Temperatur durchgeführt werden, die niedriger als der Schmelzpunkt von Aluminium (660°C) ist. Wenn das Urethanharz bei einer Temperatur behandelt wird, die niedriger als der Schmelzpunkt von Aluminium (660°C) ist, z. B. 600°C, kann es innerhalb einer kurzen Dauer thermisch zersetzt werden, und der Grad der Oxidation wird geringer. Eine Erniedrigung der Behandlungstemperatur erhöht die Regulie-

rungsgenauigkeit der Temperatur, und eine Unterdrückung der Aluminiumoxidation kann mit höherer Stabilität erzielt werden. Ein bevorzugter Temperaturbereich liegt bei 370°C oder mehr und 550°C oder weniger. Wenn die Temperatur 500°C oder mehr beträgt, reagiert Kohlenstoff (Ruß), der bei der thermischen Zersetzung des Urethanharzes erzeugt wurde, mit Sauerstoff an Luft, um CO₂ zu bilden. Auf diese Weise wird der Kohlenstoff entfernt.

[0064] Ein erfindungsgemäßer poröser Aluminiumkörper, der auf die oben beschriebene Art und Weise erhalten wird (nachfolgend als „vorliegender poröser Aluminiumkörper“ bezeichnet), kann in verschiedenen Anwendungen verwendet werden. Nachfolgend werden bevorzugte Anwendungen des vorliegenden porösen Aluminiumkörpers beschrieben.

– Kollektor für Batterie (Lithiumbatterie (LIB), Kondensator oder Schmelzsalzbatterie)

[0065] Der vorliegende poröse Aluminiumkörper weist eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) auf, in der eine große Menge an Batteriematerial gespeichert werden kann. Daher kann eine dicke Elektrode mit hoher Kapazität gebildet werden, was zu einer Abnahme der Elektrodenfläche und zu einer Kostenreduzierung führt. Außerdem können übermäßige Mengen an Bindemittel und Leitfähigkeitshilfsmittel reduziert werden und die Kapazität der Batterie erhöht werden.

[0066] Der vorliegende poröse Aluminiumkörper weist einen guten Kontakt mit dem Batteriematerial auf, und die Leistung der Batterie kann erhöht werden; außerdem wird das Ablösen von Batteriematerial unterdrückt, und die Lebensdauer der Batterie oder eines Kondensators kann verlängert werden.

[0067] Daher kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper für Elektrodenkollektoren für LIBs, Kondensatoren, Schmelzsalzbatterien und dergleichen verwendet werden.

– Katalysatorträger (industrieller desodorierender Katalysator oder Katalysator für einen Sensor)

[0068] Der vorliegende poröse Aluminiumkörper weist eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) auf. Als Folge werden die Katalysatorträgerfläche und die Kontaktfläche mit Gas erhöht, und folglich wird der Katalysatorträgereffekt verbessert. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper für Katalysatorträger für industrielle desodorierende Katalysatoren, Katalysatoren für Sensoren und dergleichen verwendet werden.

– Heizvorrichtung (Verdampfung oder Zerstäubung von Kerosin)

[0069] Der vorliegende poröse Aluminiumkörper weist eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) auf. Wenn der vorliegende poröse Aluminiumkörper als Heizelement verwendet wird, kann Kerosin auf effiziente Weise erwärmt und verdampft werden. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper als Heizvorrichtung, wie Verdampfungseinheiten und Zerstäubungseinheiten für Kerosin verwendet werden.

– Verschiedene Filter (Öl-Nebel-Abscheider oder Fettfilter)

[0070] Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) aufweist, weist er eine große Kontaktfläche mit Ölnebel oder Fett auf und kann auf effiziente Weise Öl und Fett abscheiden. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper für verschiedene Filter, wie Ölnebel-Abscheider und Fettfilter, verwendet werden.

– Filter für strahlenbelastetes Wasser

[0071] Da Aluminium die Eigenschaft aufweist, Strahlung abzuschirmen, wird es als Material zur Unterdrückung eines Strahlungslecks verwendet. Derzeit gibt es ein Problem der Dekontamination von strahlungsbelastetem Wasser, das von Kernkraftwerken erzeugt wird. Da Aluminiumfolien, die als Materialien zur Unterdrückung eines Strahlungslecks verwendet werden, kein Wasser passieren lassen, können sie nicht zur Dekontamination von strahlenbelastetem Wasser verwendet werden. Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) aufweist, lässt er im Gegensatz dazu Wasser passieren und kann als Dekontaminationsfilter für strahlenbelastetes Wasser verwendet werden. Durch Bildung eines doppelt-strukturierten Films, der aus Poreflon (eingetragene Handelsmarke, poröser Polytetrafluor-

rethlen(PTFE)-Körper) und dem vorliegenden porösen Aluminiumkörper gebildet ist, kann die Filtration von Verunreinigungen verbessert werden.

– Schalldämpfer (Schalldämpfung für Motoren und Luftgeräte oder Reduktion von Windgeräuschen, wie Pantograph-Schallabsorption)

[0072] Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) aufweist, kann er zu einem beträchtlichen Maße Schall absorbieren. Außerdem ist der vorliegende poröse Aluminiumkörper aus Aluminium zusammengesetzt und leichtgewichtig, er kann als Schalldämpfer für Motoren und Luftgeräte und zur Reduktion von Windgeräuschen, z. B. als Schallabsorptionsmaterial für Pantographen verwendet werden.

– Abschirmung elektromagnetischer Wellen (Abschirmräume oder verschiedenartige Schirme)

[0073] Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine Struktur von kontinuierlichen Poren (hohe Luftdurchlässigkeit) aufweist, weist er eine höhere Luftdurchlässigkeit als blattförmige Materialien zur elektromagnetischen Abschirmung auf. Da außerdem der Porendurchmesser frei ausgewählt werden kann, kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper so gebildet werden, dass er mit verschiedenen Frequenzbanden korrespondiert, und folglich können sie zur Abschirmung von elektromagnetischen Wellen, z. B. als Abschirmräume und verschiedenartige Abschirmungen elektromagnetischer Wellen, verwendet werden.

– Wärmeabführung oder Wärmeaustausch (Wärmeaustauscher oder Wärmesenke)

[0074] Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) aufweist, aus Aluminium zusammengesetzt ist und eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist, führt er in beträchtlichem Maße Wärme ab. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper zur Wärmeabführung oder zum Wärmeaustausch, beispielsweise als Wärmeaustauscher oder Wärmesenke, verwendet werden.

– Brennstoffzelle

[0075] Derzeit wird hauptsächlich Kohlenstoffpapier für Gasdiffusion/Kollektoren und Separatoren von Brennstoffzellen mit polymerem Elektrolyt verwendet. Dies weist allerdings die Probleme auf, dass die Materialkosten hoch sind und die Bildung von komplexen Kanälen erforderlich ist, was zu hohen Produktionskosten führt. Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper die Merkmale einer dreidimensionalen porösen Struktur, eines geringen Widerstands und eines in der Oberfläche vorliegenden Passivierungsfilms aufweist, kann er im Gegensatz dazu ohne Bildung von komplexen Kanälen als Gasdiffusionsschicht/Kollektor und als Separator bei einem hohen elektrischen Potential in einer sauren Atmosphäre in einer Brennstoffzelle verwendet werden, was zu einer Kostenreduktion führt. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper für Brennstoffzellen, beispielsweise als Gasdiffusionsschicht/Kollektor und Separator von Brennstoffzellen mit polymerem Elektrolyt verwendet werden.

– Basismaterial für Hydrokultur

[0076] In der Hydrokultur wird zur Wachstumsförderung ein Verfahren zum Erwärmen des Basismaterials durch ferne Infrarotstrahlen eingesetzt. Derzeit wird z. B. Steinwolle hauptsächlich als Basismaterial für die Hydrokultur eingesetzt. Steinwolle weist allerdings eine schlechte thermische Leitfähigkeit auf und besitzt eine schlechte Wärmeaustauscheffizienz. Im Gegensatz dazu weist der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe spezifische Oberfläche) auf und kann als Basismaterial für die Hydrokultur verwendet werden; da er aus Aluminium zusammengesetzt ist und eine hohe thermische Leitfähigkeit aufweist, ermöglicht er außerdem eine effiziente Erwärmung des Basismaterials und kann folglich als Basismaterial für die Hydrokultur verwendet werden. Wenn der vorliegende poröse Aluminiumkörper verwendet wird, kann das Basismaterial außerdem durch ein Induktionserwärmungsverfahren erwärmt werden. Demzufolge kann der vorliegende poröse Aluminiumkörper als Basismaterial für eine Hydrokultur verwendet werden, die verglichen mit dem Verfahren der Bestrahlung mit fernen Infrarotstrahlen eine effiziente Erwärmung des Basismaterials ermöglicht.

– Baumaterialien

[0077] Herkömmlich werden manchmal poröse Aluminiumkörper mit geschlossenen Poren als Baumaterialien zum Zwecke der Gewichtsreduzierung von Baumaterialien verwendet. Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper eine dreidimensionale poröse Struktur (hohe Porosität) aufweist, kann eine weitere Gewichtsabnahme im Vergleich mit porösen Aluminiumkörpern mit geschlossenen Poren erzielt werden. Da der vorliegende poröse Aluminiumkörper außerdem kontinuierliche Poren aufweist, können die Räume mit einem anderen Material, wie einem Harz, gefüllt werden. Demzufolge kann eine Kombination aus dem vorliegenden porösen Aluminiumkörper mit Materialien, die Funktionen, wie thermische Isolierungseigenschaften, Schallisolierungseigenschaften und Feuchtigkeitskonditionierungseigenschaften, aufweisen, Verbundmaterialien mit Funktionen bereitstellen, die mittels herkömmlicher poröser Aluminiumkörper mit geschlossenen Poren nicht bereitgestellt werden können.

– Elektromagnetisches induktives Erwärmen

[0078] Zur Herstellung von geschmackvollen Gerichten wird gesagt, dass Tontöpfe vorzugsweise als Kochgeräte ausgewählt werden. Mittlerweile ermöglicht das induktive Erwärmen (IH) eine feine Regulierung der Erwärmung. Um die Merkmale von Tontöpfen und IH zu nutzen, besteht ein Bedarf an Tontöpfen, die durch IH erwärmt werden können. Obgleich Verfahren vorgeschlagen wurden, in denen z. B. ein magnetisches Material am Boden eines Tontopfes angebracht ist oder eine spezielle Erde verwendet wird, wird durch diese Verfahren keine ausreichende thermische Leitfähigkeit erzielt, und das Merkmal der IH wird nicht voll ausgenutzt. Wenn dagegen ein Tontopf durch Füllen des vorliegenden porösen Aluminiumkörpers, der als Kernmaterial dient, mit Erde und Sintern des resultierenden Materials in einer inerten Gasatmosphäre gebildet wird, kann der Tontopf gleichmäßig erwärmt werden, da er als Kernmaterial dienende poröse Aluminiumkörper Wärme erzeugt. Obgleich sowohl ein poröser Nickelkörper als auch ein poröser Aluminiumkörper auf effektive Weise verwendet werden können, wird im Hinblick auf die Erzielung einer Leichtgewichtigkeit der vorliegende poröse Aluminiumkörper bevorzugt.

[0079] Verschiedene Anwendungen des vorliegenden porösen Aluminiumkörpers wurden bisher beschrieben. Nachfolgend wird unter den oben beschriebenen Anwendungen die Anwendungen in einer Lithiumbatterie, einen Kondensator und einer Schmelzsaltzbatterie detaillierter beschrieben.

(Lithiumbatterie)

[0080] Nachfolgend werden eine Batterie und ein Elektrodenmaterial für eine Batterie, in der ein poröser Aluminiumkörper verwendet wird, beschrieben. Im Falle der positiven Elektrode einer Lithiumbatterie schließen Beispiele für ein aktives Material beispielsweise Lithiumkobaltoxid (LiCoO_2), Lithiummanganat (LiMn_2O_4) und Lithiumnickeloxid (LiNiO_2) ein. Das aktive Material wird in Verbindung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel und einem Bindemittel verwendet. Herkömmlich wird ein positives Elektrodenmaterial für eine Lithiumbatterie durch Beschichten der Oberflächen einer Aluminiumfolie mit dem aktiven Material gebildet. Zur Erhöhung der Batteriekapazität pro Flächeneinheit wird die Dicke des aktiven Materials vergrößert. Zur effektiven Verwendung des aktiven Materials muss das aktive Material in elektrischem Kontakt mit der Aluminiumfolie stehen und folglich wird das aktive Material als Mischung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel verwendet. Im Gegensatz dazu weist der erfindungsgemäße poröse Aluminiumkörper eine hohe Porosität und eine große Oberfläche pro Flächeneinheit auf. Demzufolge kann das aktive Material auf effektive Weise verwendet werden, selbst wenn eine dünne Schicht an aktivem Material auf der Oberfläche des porösen Körpers gebildet ist.

[0081] Die Kapazität der Batterie kann daher erhöht werden und die Menge an beigemengtem Leitfähigkeitshilfsmittel kann verringert werden. In der Lithiumbatterie wird das oben beschriebene positive Elektrodenmaterial für die positive Elektrode verwendet, während die negative Elektrode z. B. aus Graphit, Lithiumtitanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), einer Legierung, die Si oder dergleichen enthält, oder Lithiummetall gebildet ist. Der Elektrolyt kann ein organischer Elektrolyt oder ein Festelektrolyt sein. Solch eine Lithiumbatterie kann trotz einer kleinen Elektrodenfläche eine höhere Kapazität aufweisen und folglich eine höhere Batterieenergiedichte als herkömmliche Lithiumbatterien aufweisen.

(Elektrode für Lithiumbatterie)

[0082] Für Lithiumbatterien verwendete Elektrolyte sind nicht-wässrige Elektrolyte und Festelektrolyte.

[0083] Fig. 8 ist eine Längsschnittansicht einer Lithiumbatterie in festem Zustand, die einen Festelektrolyt verwendet. Diese Lithiumbatterie im festen Zustand 60 schließt eine positive Elektrode 61, eine negative Elektrode 62 und eine Festelektrolytschicht (SE-Schicht) 63 ein, die zwischen den Elektroden angebracht ist. Die positive Elektrode 61 schließt eine positive Elektrodenschicht (positiver Elektrodenkörper) 64 und einen Kollektor der positiven Elektrode 65 ein. Die negative Elektrode 62 schließt eine negative Elektrodenschicht 66 und einen Kollektor der negativen Elektrode 67 ein.

[0084] Ein von einem Festelektrolyt verschiedener Elektrolyt kann ein nicht-wässriger Elektrolyt sein, der unten beschrieben wird. In diesem Fall wird ein Separator (z. B. ein poröser Polymerfilm) zwischen den Elektroden angebracht, und der nicht-wässrige Elektrolyt wird in die Elektroden und den Separator imprägniert.

(Aktives Material zum Befüllen des porösen Aluminiumkörpers)

[0085] Für den Fall, dass ein poröser Aluminiumkörper für die positive Elektrode einer Lithiumbatterie verwendet wird, kann das aktive Material ein Material sein, das die Interkalation und Deinterkalation von Lithium ermöglicht, und der poröse Aluminiumkörper wird mit dem Material zur Bereitstellung einer für eine Lithium-Sekundärbatterie geeignete Elektrode gefüllt. Beispiele für ein Material für das aktive Material der positiven Elektrode schließen Lithiumkobaltoxid (LiCoO_2), Lithiumnickeloxid (LiNiO_2), Lithiumkobaltnickeloxid ($\text{LiCo}_{0,3}\text{Ni}_{0,7}\text{O}_2$), Lithiummanganat (LiMn_2O_4), Lithiumtitanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), Lithiummanganoxidverbindungen ($\text{LiM}_y\text{Mn}_{2-y}\text{O}_4$); $M = \text{Cr, Co, Ni}$) und Lithiumverbundoxide ein. Das aktive Material wird in Verbindung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel und einem Bindemittel verwendet. Zum Beispiel gibt es Übergangsmetalloxide, wie Olivinverbindungen, einschließlich herkömmlichem Lithiumeisenphosphat und seine Verbindungen (LiFePO_4 und $\text{LiFe}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}\text{PO}_4$). Die Übergangsmetallelemente in diesen Materialien können teilweise durch andere Übergangsmetallelemente ersetzt werden.

[0086] Weitere Beispiele für ein Material für das aktive Material der positiven Elektrode schließen Sulfid-basierte Chalkogenidverbindungen, wie TiS_2 , V_2S_3 , FeS , FeS_2 und LiMS_x (M stellt ein Übergangsmetallelement wie Mo, Ti, Cu, Ni oder $\text{Fe or Sb, Sn or Pb}$ dar) und Lithiummetalle, die als Skelett ein Metalloxid enthalten, wie TiO_2 , Cr_3O_8 , V_2O_5 oder MnO_2 , ein. Das oben beschriebene Lithiumtitanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) kann als aktives Material der negativen Elektrode verwendet werden.

(Für die Lithiumbatterie verwendeter Elektrolyt)

[0087] Beispiele für die nicht-wässrigen Elektrolyte schließen polare aprotische organische Lösungsmittel, insbesondere Ethylencarbonat, Diethylcarbonat, Dimethylcarbonat, Propylencarbonat, γ -Butyrolacton und Sulfolan, ein. Beispiele für Grundelektrolyte schließen Lithiumtetrafluorborat, Lithiumhexafluorphosphat und Imidsalze ein.

(Festelektrolyt zum Befüllen des porösen Aluminiumkörpers)

[0088] Zusätzlich zu dem aktiven Material kann ein Festelektrolyt zum Befüllen hinzugefügt werden. Durch das Füllen des porösen Aluminiumkörpers mit dem aktiven Material und dem Festelektrolyt kann eine für eine Festkörper-Lithiumbatterie geeignete Elektrode bereitgestellt werden. Der Prozentanteil an dem aktiven Material in dem Material zum Befüllen des porösen Aluminiumkörpers beträgt vorzugsweise 50 Masse-% oder mehr, besonders bevorzugt 70 Masse-% oder mehr, im Hinblick auf die Sicherung der Entladekapazität.

[0089] Der Festelektrolyt ist vorzugsweise ein Festelektrolyt auf Sulfidbasis mit einer hohen Lithiumionenleitfähigkeit. Beispiele für einen solchen Festelektrolyt auf Sulfidbasis schließen Festelektrolyte auf Sulfidbasis ein, die Lithium, Phosphor und Schwefel enthalten. Der Festelektrolyt auf Sulfidbasis kann ferner ein Element, wie O, Al, B, Si oder Ge , enthalten.

[0090] Der Festelektrolyt auf Sulfidbasis kann durch ein allgemein bekanntes Verfahren erhalten werden: zum Beispiel werden Lithiumsulfid (Li_2S) und Phosphorpentasulfid (P_2S_5), die als Ausgangsmaterialien dienen, hergestellt; Mischen von Li_2S und P_2S_5 in einem Molverhältnis von etwa 50:50 bis etwa 80:20 und Schmelzen und schnelles Abschrecken der Mischung (schnelles Abschrecken) oder mechanisches Mahlen der Mischung (mechanisches Mahlen).

[0091] Der durch dieses Verfahren erhaltene Festelektrolyt auf Sulfidbasis ist amorph. Obgleich der Festelektrolyt auf Sulfidbasis in diesem amorphen Zustand verwendet werden kann, kann er zur Bildung eines kristal-

linen Festelektrolyten auf Sulfidbasis erwärmt werden. Als Ergebnis der Kristallisation kann eine Zunahme der Lithiumionenleitfähigkeit erwartet werden.

(Füllen des porösen Aluminiumkörpers mit aktivem Material)

[0092] Das Füllen mit dem aktiven Material (aktives Material und Festelektrolyt) kann durch ein allgemein bekanntes Verfahren, wie ein Eintauchbefüllungsverfahren oder ein Beschichtungsverfahren, durchgeführt werden. Beispiele für das Beschichtungsverfahren schließen Walzenbeschichtung, Applikatorbeschichtung, elektrostatische Beschichtung, Pulverbeschichtung, Sprühbeschichtung, Beschichtung mit einer Sprühbeschichtungsmaschine, Beschichtung mit einem Streichbalken, Beschichtung mit einer Walzenbeschichtungsmaschine, Beschichtung mit einem Tauchbeschichter, Rakelbeschichtung, Drahrakelbeschichtung, Beschichtung mit einer Messerstreichmaschine, Klingenstrich und rasterförmige Beschichtung ein.

[0093] Wenn das aktive Material (aktives Material und Festelektrolyt) zum Füllen verwendet wird, wird es beispielsweise mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel und einem Bindemittel, sofern erforderlich, gemischt, und die resultierende Mischung wird mit einem organischen Lösungsmittel zur Herstellung einer Aufschlämmungsmischung aus den positiven Elektrodenmaterialien gemischt. Der poröse Aluminiumkörper wird mit der Aufschlämmungsmischung durch das oben beschriebene Verfahren gefüllt. Das Füllen mit dem aktiven Material (aktives Material und Festelektrolyt) wird vorzugsweise in einer Inertgasatmosphäre zur Unterdrückung der Oxidation des porösen Aluminiumkörpers durchgeführt. Beispiele für das Leitfähigkeitshilfsmittel schließen Ruße, wie Acetylen-Ruß (AB) und Ketjen-Ruß (KB), ein. Beispiele für das Bindemittel schließen Polyvinylidenfluorid (PVDF) und Polytetrafluorethylen (PTFE) ein.

[0094] Das organische Lösungsmittel, das in der Herstellung der Aufschlämmungsmischung auf den positiven Elektrodenmaterialien verwendet wird, kann passend dazu ausgewählt werden, solange es die Materialien (d. h. ein aktives Material, ein Leitfähigkeitshilfsmittel, ein Bindemittel und gegebenenfalls einen Festelektrolyt), die zum Füllen des porösen Aluminiumkörpers verwendet werden, nicht nachteilig beeinträchtigt. Beispiele für das organische Lösungsmittel schließen n-Hexan, Cyclohexan, Heptan, Toluol, Xylol, Trimethylbenzol, Dimethylcarbonat, Diethylcarbonat, Ethylmethylcarbonat, Propylencarbonat, Ethylencarbonat, Butylencarbonat, Vinylencarbonat, Vinylethylencarbonat, Tetrahydrofuran, 1,4-Dioxan, 1,3-Dioxolan, Ethylenglykol und N-Methyl-2-pyrrolidon ein.

[0095] Herkömmlich wird ein positives Elektrodenmaterial für eine Ionenbatterie durch Beschichten der Oberfläche einer Aluminiumfolie mit dem aktiven Material gebildet. Zur Erhöhung der Batteriekapazität pro Flächeneinheit wird die Beschichtungsdicke des aktiven Materials vergrößert. Zur effektiven Nutzung des aktiven Materials muss das aktive Material in Kontakt mit der Aluminiumfolie stehen, und folglich wird das aktive Material als Mischung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel verwendet. Im Gegensatz dazu weist der poröse Aluminiumkörper eine hohe Porosität und eine große Oberfläche pro Flächeneinheit auf. Demzufolge kann das aktive Material auf effektive Weise verwendet werden, selbst wenn eine dünne Schicht aus dem aktiven Material auf der Oberfläche des porösen Körpers gebildet ist. Auf diese Weise kann die Kapazität der Batterie erhöht werden und die Menge an beigemengtem Leitfähigkeitshilfsmittel verringert werden. In einer Lithiumbatterie wird das oben beschriebene positive Elektrodenmaterial für die positive Elektrode verwendet; die negative Elektrode ist aus Graphit gebildet; und der Elektrolyt ist ein organischer Elektrolyt. Eine solche Lithiumbatterie kann trotz einer kleinen Elektrodenfläche eine höhere Kapazität und folglich eine höhere Batterieenergiedichte als herkömmliche Lithiumbatterien aufweisen.

(Elektrode für Kondensator)

[0096] [Fig. 9](#) ist eine schematische Querschnittsansicht eines Kondensators, der als Beispiel dient, wobei der Kondensator Elektrodenmaterialien für einen Kondensator einschließt. In einem organischen Elektrolyt **143**, abgetrennt mit einem Separator **142**, sind Elektrodenmaterialien, die aktive Elektrodenmaterial tragende poröse Aluminiumkörper sind, als polarisierbare Elektroden **141** angebracht. Die polarisierbaren Elektroden **141** sind mit Anschlussleitungen **144** verbunden. Die Gesamtstruktur ist in einem Gehäuse **145** enthalten. Unter Verwendung der porösen Aluminiumkörper als Kollektoren weisen die Kollektoren eine größere Oberfläche auf; selbst wenn Aktivkohle als aktives Material in einer geringen Dicke aufgetragen ist, kann ein Kondensator mit einer hohen Leistung und einer hohen Kapazität erhalten werden.

[0097] Zur Herstellung einer Elektrode für einen Kondensator wird Aktivkohle als aktives Material in einem Kollektor verwendet. Aktivkohle wird in Verbindung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel und einem Bindemittel

verwendet. Beispiele für das Leitfähigkeitshilfsmittel schließen Graphit und Kohlenstoffnanoröhren ein. Beispiele für das Bindemittel schließen Polytetrafluorethylen (PTFE) und Styrol-Butadien-Kautschuk ein.

[0098] Zum Befüllen wird Aktivkohlepaste verwendet. Zur Erhöhung der Kapazität des Kondensators ist es umso mehr bevorzugt, je höher der Gehalt an als Hauptkomponente dienender Aktivkohle ist. Der Aktivkohlegehalt in der Zusammensetzung nach dem Trocknen (nach Entfernung des Lösungsmittels) beträgt vorzugsweise 90 Masse-% oder mehr. Obgleich das Leitfähigkeitshilfsmittel und das Bindemittel notwendig sind, führen sie zu einer Abnahme der Kapazität. Außerdem kann das Bindemittel zu einer Zunahme des Innenwiderstands führen. Demzufolge werden die Gehalte an Leitfähigkeitshilfsmittel und Bindemittel vorzugsweise minimiert. Der Gehalt an Leitfähigkeitshilfsmittel beträgt vorzugsweise 10 Masse-% oder weniger. Der Bindemittelgehalt beträgt vorzugsweise 10 Masse-% oder weniger.

[0099] Je größer die Oberfläche der Aktivkohle ist, desto höher wird die Kapazität des Kondensators. Demzufolge beträgt die spezifische Oberfläche der Aktivkohle vorzugsweise 2000 m²/g oder mehr. Beispiele für das Leitfähigkeitshilfsmittel schließen Ketjen-Ruß, Acetylen-Ruß, Kohlenstofffasern und Verbundmaterialien der vorangegangenen ein. Beispiele für das Bindemittel schließen Polyvinylidenfluorid, Polytetrafluorethylen, Polyvinylalkohol, Carboxymethylcellulose und Xanthan-Gummi ein. Das Lösungsmittel kann passend dazu ausgewählt werden aus Wasser und organischen Lösungsmitteln gemäß dem Typ des Bindemittels. Als organische Lösungsmittel wird häufig N-Methyl-2-pyrrolidon verwendet. Wenn Wasser als Lösungsmittel verwendet wird, kann ein Tensid zur Verbesserung der Fülleigenschaften verwendet werden.

[0100] Elektrodenmaterialien, die Aktivkohle als Hauptkomponente enthalten, werden gemischt und gerührt, um eine Aktivkohlepaste bereitzustellen. Der Kollektor wird mit der Aktivkohlepaste gefüllt, getrocknet und gegebenenfalls einer Dickeneinstellung mit einer Walzenpresse oder dergleichen unterzogen, um eine Elektrode für einen Kondensator bereitzustellen.

(Kondensatorherstellung)

[0101] Zwei Elektrodenblätter wurden durch Ausstanzen der so erhaltenen Elektrode, so dass sie eine geeignete Größe aufweisen, hergestellt. Die Elektrodenblätter wurden so platziert, dass sie sich mit einem Separator dazwischen gegenüberstehen. Diese Struktur ist in einem Zellengehäuse mit notwendigen Abstandhaltern enthalten, so dass sie mit einem Elektrolyt imprägniert ist. Schließlich wird die Öffnung des Gehäuses mit einem Deckel über eine Isolierdichtung versiegelt, um einen Kondensator mit einem nicht-wässrigen Elektrolyt herzustellen. Wenn ein nicht-wässriges Material verwendet wird, wird der Kondensator zur Minimierung des Wassergehalts im Kondensator in einer Umgebung mit einem geringen Wassergehalt hergestellt und die Versiegelung wird in einer Umgebung mit reduziertem Druck durchgeführt. Der Kondensator ist nicht besonders beschränkt, solange ein Kollektor und eine Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden; und der Kondensator kann durch ein anderes Verfahren hergestellt werden.

[0102] Die negative Elektrode ist nicht besonders beschränkt und kann eine herkömmliche Elektrode für eine negative Elektrode sein. Da eine herkömmliche Elektrode, die eine Aluminiumfolie als Kollektor einsetzt, jedoch eine geringe Kapazität aufweist, wird bevorzugt eine Elektrode verwendet, die durch Füllen eines porösen Körpers, wie den oben beschriebenen Nickelschaum, mit einem aktiven Material hergestellt wird.

[0103] Obgleich der Elektrolyt ein wässriger Elektrolyt oder ein nicht-wässriger Elektrolyt sein kann, wird ein nichtwässriger Elektrolyt bevorzugt, da eine höhere Spannung eingestellt werden kann. Was den wässrigen Elektrolyt betrifft, kann beispielsweise Kaliumhydroxid als Elektrolyt verwendet werden. Beispiele für den nicht-wässrigen Elektrolyt schließen eine große Anzahl von ionischen Flüssigkeiten ein, die durch Kombinationen eines Kations und eines Anions gebildet werden. Beispiele für das Kation schließen niederaliphatisches quaternäres Ammonium, niederaliphatisches quaternäres Phosphonium und Imidazolium ein. Beispiele für das Anion schließen Metallchloridionen, Metallfluoridionen und Imidverbindungen, wie Bis(fluorsulfonyl)imid, ein. Beispiele für das Elektrolytlösungsmittel schließen polare aprotische organische Lösungsmittel, insbesondere Ethylencarbonat, Diethylcarbonat, Dimethylcarbonat, Propylencarbonat, γ -Butyrolacton und Sulfolan, ein. Beispiele für Grundelektrolyte in dem nicht-wässrigen Elektrolyt schließen Lithiumtetrafluorborat, Lithiumhexafluorophosphat und Imidsalze ein.

(Elektrode für Schmelzsalzbatterie)

[0104] Der poröse Aluminiumkörper kann auch als Elektrodenmaterial für eine Schmelzsalzbatterie verwendet werden. Wenn der poröse Aluminiumkörper als positives Elektrodenmaterial verwendet wird, wird eine

Metallverbindung, die die Interkalation von Kationen des als Elektrolyt dienenden Schmelzsalzes ermöglicht, d. h. Natriumchromit (NaCrO_2), Titandisulfid (TiS_2) oder dergleichen, als aktives Material verwendet. Das aktive Material wird in Verbindung mit einem Leitfähigkeitshilfsmittel und einem Bindemittel verwendet. Beispiele für das Leitfähigkeitshilfsmittel schließen Acetylen-Ruß ein. Beispiele für das Bindemittel schließen Polytetrafluorethylen (PTFE) ein. Wenn Natriumchromat als aktives Material und Acetylen-Ruß als Leitfähigkeitshilfsmittel verwendet wird, kann PTFE das aktive Material und das Leitfähigkeitshilfsmittel stärker binden, was bevorzugt wird.

[0105] Der poröse Aluminiumkörper kann auch als negatives Elektrodenmaterial für eine Schmelzsalzbatterie verwendet werden. Wenn der poröse Aluminiumkörper als negatives Elektrodenmaterial verwendet wird, schließen Beispiele für das aktive Material elementares Natrium, Legierungen zwischen Natrium und anderen Metallen und Kohlenstoff ein. Da Natrium einen Schmelzpunkt von etwa 98°C aufweist und dieses Metall mit einer Temperaturzunahme erweicht, wird eine Legierung aus Natrium und einem anderen Metall (Si, Sn, In oder dergleichen) bevorzugt. Insbesondere wird eine Legierung aus Natrium und Sn aufgrund der leichten Handhabung bevorzugt. Natrium oder eine Natriumlegierung kann durch Elektroplattierung, Feuermetallisierung oder dergleichen zum Haften an der Oberfläche des porösen Aluminiumkörpers gebracht werden. Alternativ kann die Natriumlegierung, nachdem Natrium und ein Metall (Si oder dergleichen), das mit Natrium eine Legierung bilden soll, durch Plattierung oder dergleichen zum Haften an dem porösen Aluminiumkörper gebracht wurden, durch Laden in einer Schmelzsalzbatterie gebildet werden.

[0106] **Fig. 10** ist eine schematische Querschnittsansicht einer Schmelzsalzbatterie, die als Beispiel dient, wobei die Schmelzsalzbatterie das oben beschriebene Batterieelektrodenmaterial einschließt. In der Schmelzsalzbatterie sind die folgenden Komponenten in einem Gehäuse **127** enthalten: eine positive Elektrode **121**, in der ein aktives Material der positiven Elektrode auf der Oberfläche eines Aluminiumskeletts aus einem porösen Aluminiumkörper aufliegt, eine negative Elektrode **122**, in der ein aktives Material der negativen Elektrode auf der Oberfläche eines Aluminiumskeletts aus einem porösen Aluminiumkörper aufliegt, und ein Separator **123**, der mit einem als Elektrolyt dienenden Schmelzsalz imprägniert ist. Ein Anpresselement **126**, das aus einer Anpressplatte **124** und einer Feder **125** gebildet ist, die die Anpressplatte anpresst, ist zwischen der oberen Oberfläche des Gehäuses **127** und der negativen Elektrode angebracht. Selbst wenn die Volumina der positiven Elektrode **121**, der negativen Elektrode **122** und des Separators **123** variieren, werden diese Komponenten gleichmäßig von dem Anpresselement angepresst, so dass diese Komponenten in Kontakt miteinander stehen. Der Kollektor (poröser Aluminiumkörper) der positiven Elektrode **121** und der Kollektor (poröser Aluminiumkörper) der negativen Elektrode **122** sind mit einem positiven Elektrodenende **128** bzw. einem negativen Elektrodenende **129** über Verbindungsleitungen **130** verbunden.

[0107] Das als Elektrolyt dienende Schmelzsalz kann aus verschiedenen anorganischen und organischen Salzen ausgewählt werden, die bei der Betriebstemperatur schmelzen. Das Kation des Schmelzsalzes kann eines oder mehrere, ausgewählt aus Alkalimetallen einschließlich Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb) und Cäsium (Cs), und Erdalkalimetallen einschließlich Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba), sein.

[0108] Zur Erniedrigung des Schmelzpunktes des Schmelzsalzes werden vorzugsweise zwei oder mehrere Salze in Kombination verwendet.

[0109] Wenn z. B. Kaliumbis(fluorsulfonyl)amid $\langle\text{K-N}(\text{SO}_2\text{F})_2; \text{KFSA}\rangle$ und Natriumbis(fluorsulfonyl)amid $\langle\text{Na-N}(\text{SO}_2\text{F})_2; \text{NaFSA}\rangle$ in Kombination verwendet werden, kann die Betriebstemperatur der Batterie auf 90°C oder niedriger eingestellt werden.

[0110] Das Schmelzsalz wird so verwendet, dass ein Separator damit imprägniert wird. Der Separator ist so konfiguriert, dass die positive Elektrode und die negative Elektrode daran gehindert werden, miteinander in Kontakt zu kommen. Der Separator kann z. B. aus einem Glasvlies oder einem porösen Harzkörper gebildet sein. Die positive Elektrode, die negative Elektrode und der mit dem Schmelzsalz imprägnierte Separator werden gestapelt in einem Gehäuse aufbewahrt und als Batterie verwendet.

BEISPIELE

[0111] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung genauer unter Bezugnahme auf das Beispiel und Vergleichsbeispiel beschrieben.

[BEISPIEL]

(Bildung der leitfähigen Schicht)

[0112] Als poröser Urethanharzkörper wurde ein Polyurethanschaum mit einer Porosität von 95 etwa 50 Poren (Zellenzahl) pro inch, einem Porendurchmesser von etwa 550 μm und einer Dicke von 1 mm hergestellt. Dieser Polyurethanschaum wurde so zugeschnitten, dass er Abmessungen von 100 mm $\times$ 30 mm aufwies. Ein Aluminiumfilm mit einem Beschichtungsgewicht von 10 g/m² wurde durch Sputtern auf der Oberfläche des Polyurethanschaums zur Bildung einer leitfähigen Schicht gebildet.

(Schmelzsatzplattierung)

[0113] Als Plattierbad zur Schmelzsatzplattierung wurde ein Schmelzsatz-Aluminium-Plattierbad (EMIC:AlCl₃ = 1:2) bei 60°C hergestellt.

[0114] Aluminiumplatten (Material: Al050) wurden als negative und positive Elektroden in das Plattierbad eingetaucht, und eine Blind-Plattierung wurde bei einer Stromdichte von 2 A/dm² für 3 Stunden durchgeführt.

[0115] Anschließend wurde der Polyurethanschaum, der oben erhalten wurde und die leitfähige Schicht aufwies, als Arbeitsstück in einer Vorrichtung mit einer Stromversorgungsfunktion gesetzt, in eine Glovebox mit einer Argonatmosphäre und einem geringen Wassergehalt (Taupunkt: -30°C oder weniger) platziert und in das Schmelzsatz-Aluminium-Plattierbad bei 60°C getaucht.

[0116] Die Vorrichtung, in der das Arbeitsstück gesetzt wurde, war mit der negativen Elektrodenseite eines Gleichrichters verbunden, und die Aluminiumplatte (Reinheit: 99,9 Masse-%), die als Gegenelektrode diente, war mit der positiven Elektrodenseite des Gleichrichters verbunden. Ein Gleichstrom bei einer Stromdichte von 3,6 A/dm² wurde für 90 Minuten zur Durchführung der Plattierung angelegt. Das Rühren wurde mit einem aus Teflon (eingetragene Handelsmarke) zusammengesetzten Rotor als Rührer bei 300 U/min durchgeführt. Die Stromdichte wurde anhand der scheinbaren Fläche des Polyurethanschaums berechnet.

[0117] Die Vorrichtung, die das Arbeitsstück hielt, wurde herausgenommen und zum Ablaufen für 2 Minuten über das Plattierbad gehalten. Danach wurde 1 l Xylol in einen Behälter mit einem Hahn an seiner Unterseite gegeben. Das Arbeitsstück wurde für 1 Minute zum Abwaschen der Plattierlösung, die an dem Arbeitsstück haftete, in den Behälter getaucht. Das Arbeitsstück wurde von der Vorrichtung abgelöst und dann zusätzlich in einem Waschbehälter mit Xylol gewaschen. Das zu diesem Zeitpunkt verwendete Xylol wurde gesammelt und zu dem im Eintauchverfahren verwendeten Xylol hinzugefügt; die Gesamtmenge betrug 1,5 l. Das mit Xylol gewaschene Arbeitsstück wurde aus der Glovebox herausgenommen und mit heißer Luft getrocknet. Als Ergebnis wurde eine Aluminiumstruktur erhalten, die einen Aluminiumfilm mit einem Beschichtungsgewicht von 150 g/m² aufwies.

(Thermische Zersetzung des Harzes)

[0118] Die oben erhaltene Aluminiumstruktur wurde in einem Ofen bei Raumtemperatur platziert, bei einer Heizrate von 10°C/min erwärmt und bei 520°C für 5 Minuten gehalten. Die Erwärmung mit dem Ofen wurde dann gestoppt und eine Luftkühlung (Abkühlrate: 3°C/min) zur Bereitstellung eines porösen Aluminiumkörpers durchgeführt. Das Wärmebehandlungsprofil für die thermische Zersetzung wird in [Fig. 11](#) veranschaulicht.

[0119] Der erhaltene poröse Aluminiumkörper wurde in Königswasser gelöst und mit einem Emissionsspektrometer mit induktiv-gekoppeltem Plasma (ICP) gemessen. Als Ergebnis wurde eine Aluminiumreinheit von 99,9 Masse-% oder mehr gefunden. Eine weitere Messung mit einem Raster-Röntgen-Photoelektronenspektrometer (ULVAC-PHI QuanteraSXM) erbrachte, dass der Oxidfilm eine Dicke von 90 nm aufwies.

[0120] Eine weitere Messung mittels eines Infrarotabsorptionsverfahrens nach Verbrennung in einem Hochfrequenz-Induktionsofen gemäß JIS-G1211 erbrachte, dass der Kohlenstoffgehalt 0,82 g/m² betrug.

[0121] Die Analysewerte der Komponenten des erhaltenen porösen Aluminiumkörpers werden in Tabelle I zusammen mit den Analysewerten eines kommerziell erhältlichen Aluminiums (Al050) beschrieben.

[0122] Ein aus einer Aluminiumfolie gebildeter Fahnenanschluss wurde an den erhaltenen porösen Aluminiumkörper punktgeschweißt, und der Schweißzustand war gut.

[Tabelle I]

Bestandteils- element	Fe Mas- se-%	Si Mas- se-%	Cu Mas- se-%	Mn Mas- se-%	Mg Mas- se-%	Zn Mas- se-%	Ti Mas- se-%	Al Mas- se-%
poröser Al- Körper	0,003	0,004	0,004	nicht nachge- wiesen	nicht nachge- wiesen	nicht nachge- wiesen	nicht nachge- wiesen	99,90 oder mehr
Al050	0,04	0,25	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	99,00 oder mehr

[VERGLEICHBSPIEL 1]

[0123] Ein poröser Aluminiumkörper wurde wie in Beispiel 1 erhalten, mit der Ausnahme, dass die Blind-Plattierung nicht durchgeführt wurde und Aluminium (Al050) mit einer Reinheit von 99 Masse-% als positive Elektrode verwendet wurde. Wie in BEISPIEL 1 wurde der poröse Aluminiumkörper hinsichtlich der Reinheit des porösen Aluminiumkörpers und der Dicke des Oxidfilms ausgewertet. Als Ergebnis wurde eine Aluminiumreinheit von 99,0 Masse-% und eine Dicke des Oxidfilms von 200 nm gefunden.

[REFERENZBEISPIEL 1]

[0124] Die in BEISPIEL 1 erhaltene Aluminiumstruktur wurde in ein eutektisches LiCl-KCl-Schmelzsalz bei 500°C getaucht und ein negatives Potential von -1 V wurde für 30 Minuten angelegt. Aufgrund der Zersetzungsreaktion des Polyurethans wurden Blasen in dem Schmelzsalz gebildet. Danach wurde der Körper auf Raumtemperatur an Luft abgekühlt und dann mit Wasser zur Entfernung des Schmelzsalzes gewaschen, um einen porösen Aluminiumkörper bereitzustellen, von dem das Harz entfernt wurde. Die Oberfläche des erhaltenen porösen Aluminiumkörpers wurde mit einem Raster-Röntgen-Photoelektronenspektrometer (ULVAC-PHI QuanteraSXM) gemessen. Als Ergebnis wurde ein Oxidfilm mit einer Dicke von 80 nm gefunden.

[0125] Auf diese Weise wurde demonstriert, dass selbst durch ein einfaches Verfahren der thermischen Zersetzung eines Urethanharzes an Luft ein poröser Aluminiumkörper erhalten werden kann, der einen Oxidfilm mit einer Dicke aufweist, die ähnlich der einer in einem Verfahren zur thermischen Zersetzung eines Urethanharzes in einem Schmelzsalz ist.

[0126] Obgleich die vorliegende Erfindung bis hierher auf Basis der Ausführungsformen beschrieben wurde, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Ausführungsformen beschränkt. Die Ausführungsformen können in verschiedener Art und Weise innerhalb des der vorliegenden Erfindung identischen Umfangs und des Äquivalenzumfangs modifiziert werden.

Gewerbliche Anwendbarkeit

[0127] Erfindungsgemäß kann ein Harz in stabiler Weise kontinuierlich durch thermische Zersetzung von einer blattartigen Aluminiumstruktur entfernt werden, die durch Bildung eines Aluminiumfilms auf der Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers gebildet wurde. Die vorliegende Erfindung kann somit ein Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, der in breit gefächerten Anwendungen verwendet werden kann, in denen die Charakteristika von Aluminium genutzt werden, wie verschiedene Filter, Katalysatorträger und Batterieelektroden, und den porösen Aluminiumkörper bereitstellen.

Bezugszeichenliste

- 1 poröser Harzkörper
- 2 leitfähige Schicht
- 3 Aluminium-Plattierungsschicht
- 21a, 21b Plattierbehälter
- 22 streifenförmiges Harz
- 23, 28 Plattierbad
- 24 zylindrische Elektrode
- 25, 27 positive Elektrode
- 26 Elektrodenwalze

60	Lithiumbatterie
61	positive Elektrode
62	negative Elektrode
63	Festelektrolytschicht (SE-Schicht)
64	positive Elektroden-schicht (positiver Elektrodenkörper)
65	Kollektor der positiven Elektrode
66	negative Elektroden-schicht
67	Kollektor der negativen Elektrode
121	positive Elektrode
122	negative Elektrode
123	Separator
124	Anpressplatte
125	Feder
126	Anpresselement
127	Gehäuse
128	positives Elektrodenende
129	negatives Elektrodenende
130	Verbindungsleitung
141	polarisierbare Elektrode
142	Separator
143	organischer Elektrolyt
144	Verbindungsleitung
145	Gehäuse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- JIS-G1211 [[0120](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers, umfassend: die Bildung eines Aluminiumfilms mit einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr auf einer Oberfläche eines porösen Urethanharzkörpers mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur zur Bereitstellung einer Aluminiumstruktur, die den porösen Urethanharzkörper und den Aluminiumfilm einschließt, und das Unterziehen der Aluminiumstruktur einer Wärmebehandlung bei 370°C oder mehr und weniger als 660°C an Luft zur Entfernung des Urethanharzes und Bereitstellung eines porösen Aluminiumkörpers.
2. Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß Anspruch 1, worin die Wärmebehandlung bei 370°C oder mehr und 550°C oder weniger durchgeführt wird.
3. Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß Anspruch 1 oder 2, worin der poröse Urethanharzkörper ein Polyurethanschaum ist.
4. Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, worin der Aluminiumfilm durch Elektroplattierung in einem Schmelzsatzbad gebildet wird.
5. Verfahren zur Herstellung eines porösen Aluminiumkörpers gemäß Anspruch 4, worin vor dem Schritt zur Bildung des Aluminiumfilms auf der Oberfläche des porösen Urethanharzkörpers ein Schritt zur Entfernung von Metallionen im Schmelzsatz durch Elektrolyse durchgeführt wird.
6. Poröser Aluminiumkörper mit einer dreidimensionalen Netzwerkstruktur und einer Reinheit von 99,9 Masse-% oder mehr.
7. Poröser Aluminiumkörper gemäß Anspruch 6, worin ein Aluminiumoxidfilm mit einer Dicke von weniger als 200 nm in einer Außenoberfläche eines Aluminiumskeletts vorhanden ist, das die dreidimensionale Netzwerkstruktur bildet.
8. Poröser Aluminiumkörper gemäß Anspruch 6 oder 7, worin metallisches Aluminium in einer äußersten Oberfläche eines Aluminiumskeletts vorhanden ist, das die dreidimensionale Netzwerkstruktur bildet.
9. Poröser Aluminiumkörper gemäß irgendeinem der Ansprüche 6 bis 8, der einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 1 g/m² aufweist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

Behandlung von Al050
bei 520°C für 5 Minuten an Luft

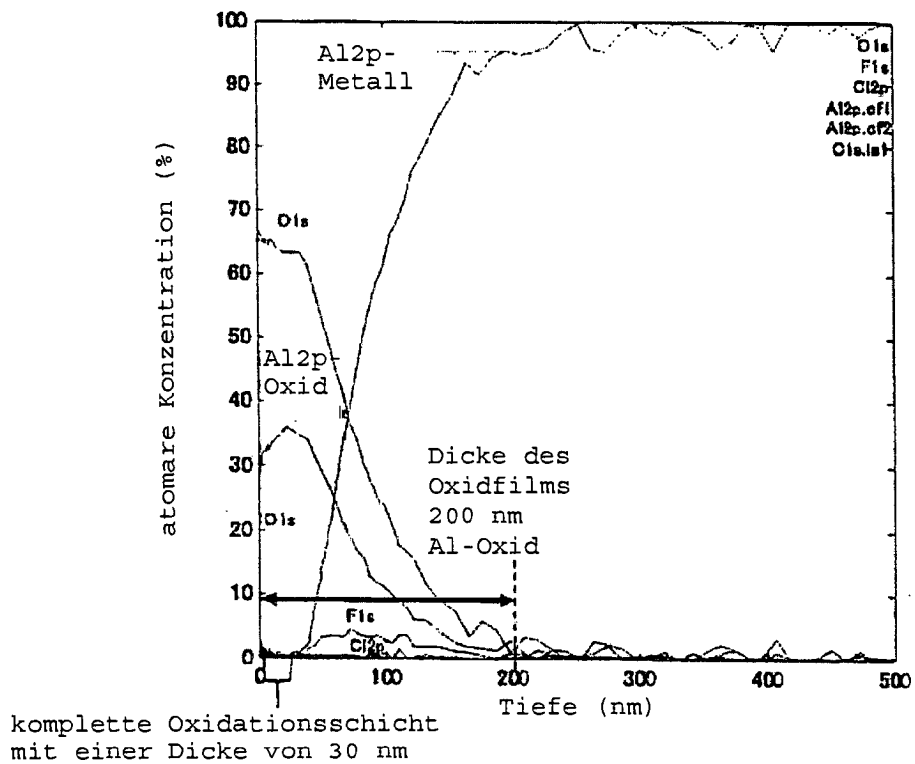


FIG. 2

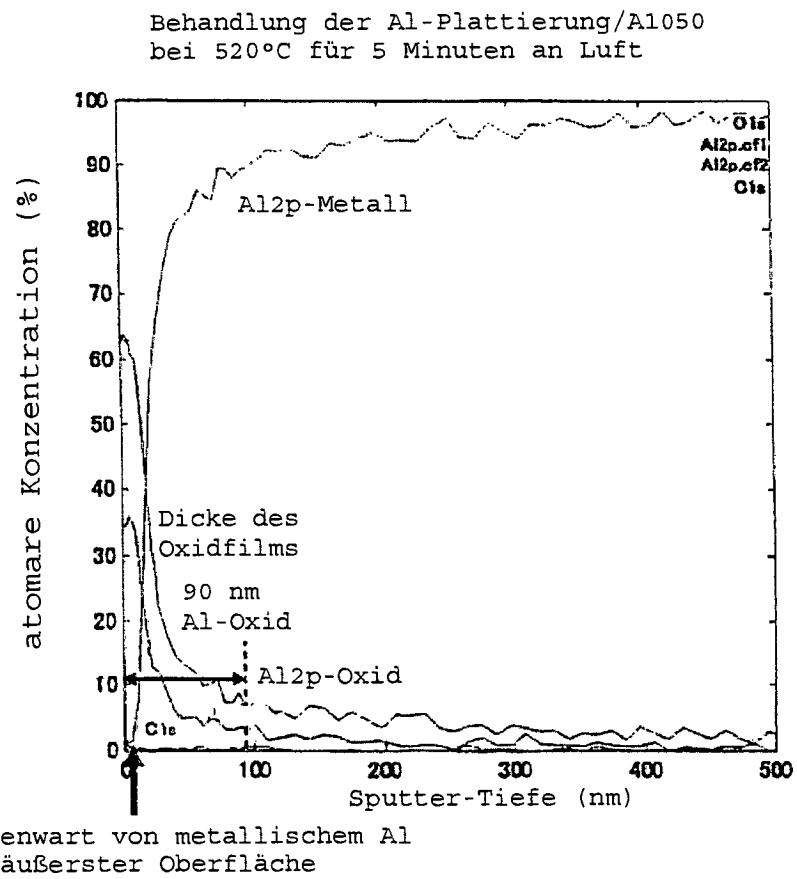


FIG. 3

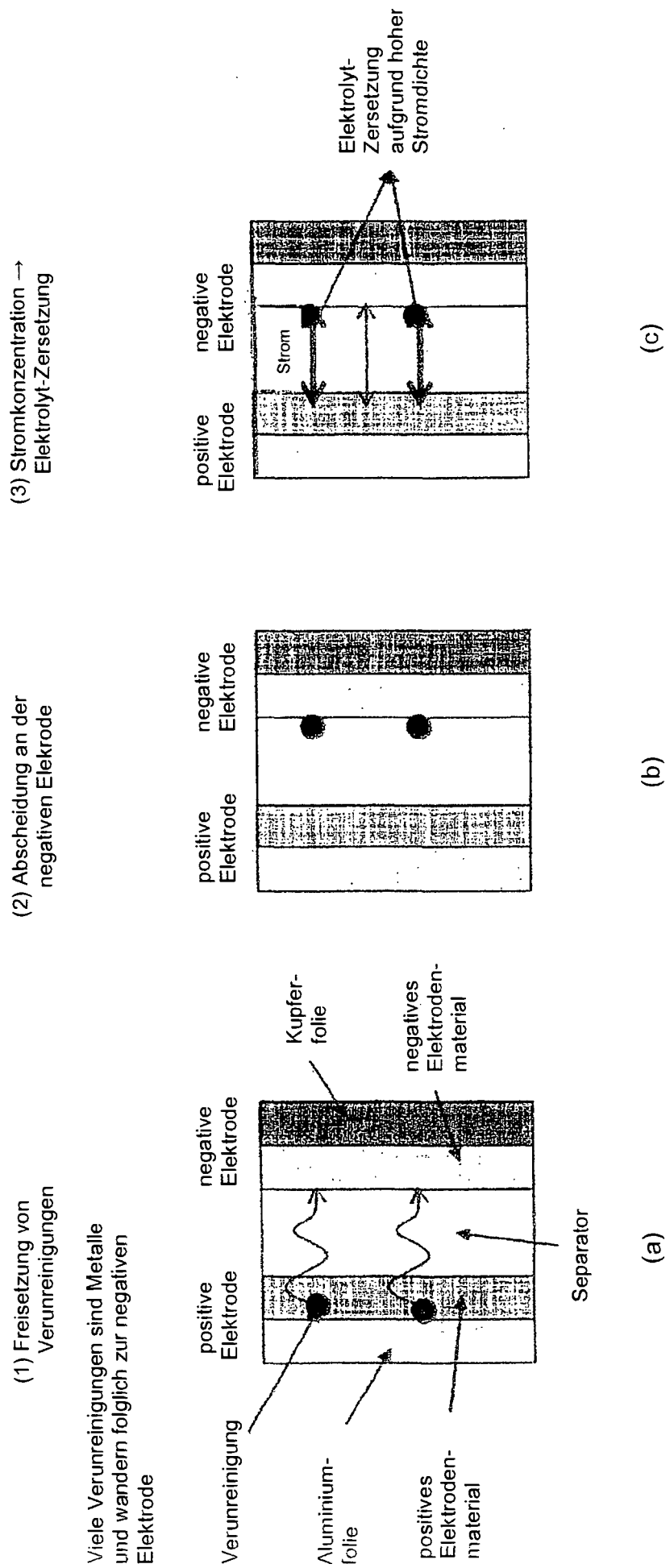


FIG. 4

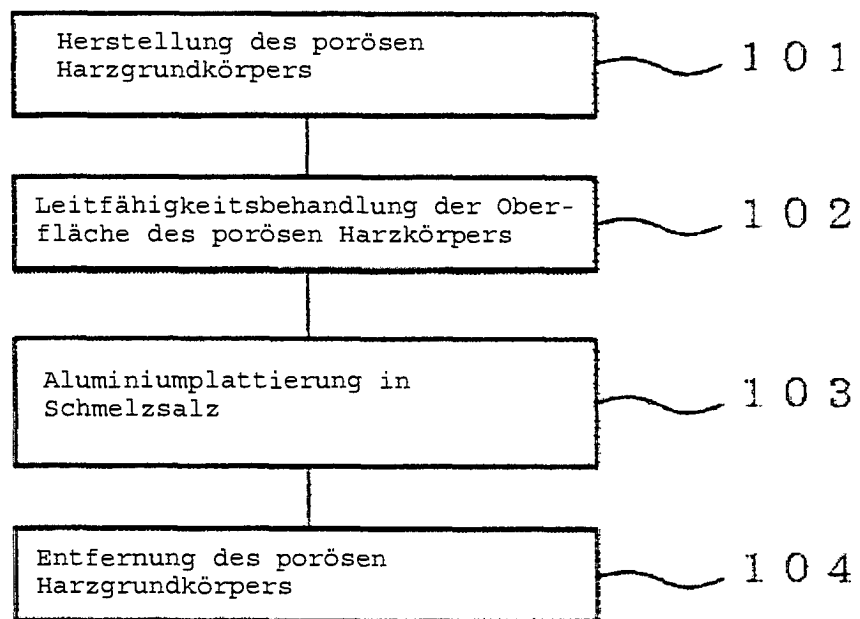


FIG. 5

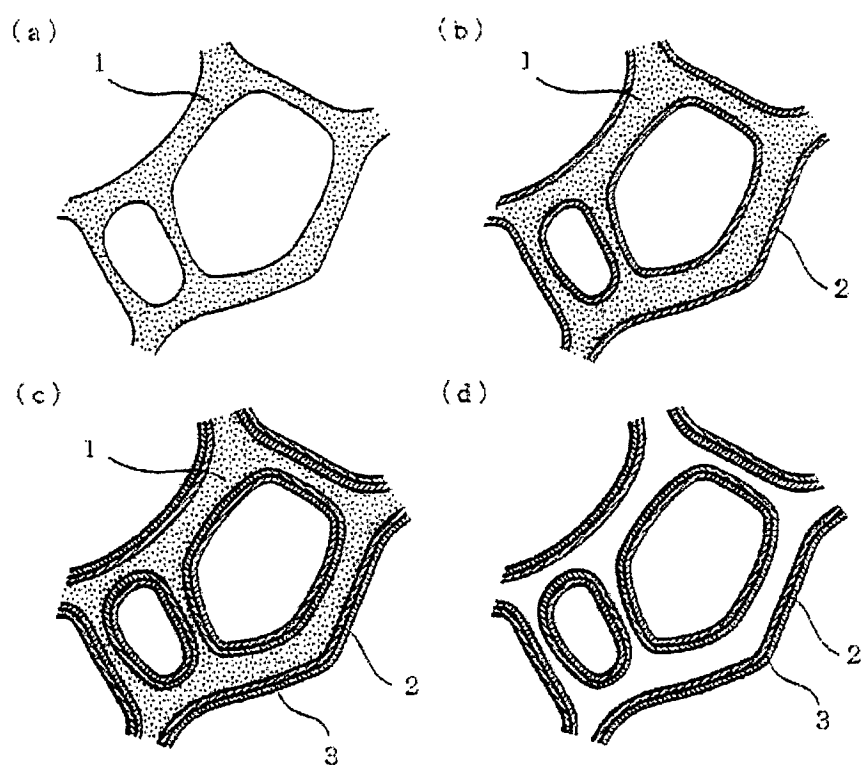


FIG. 6

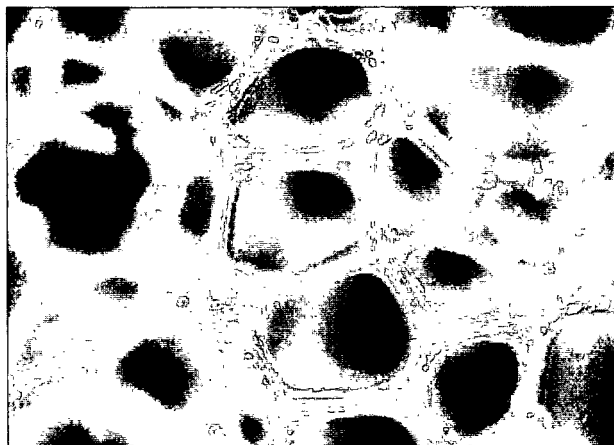


FIG. 7

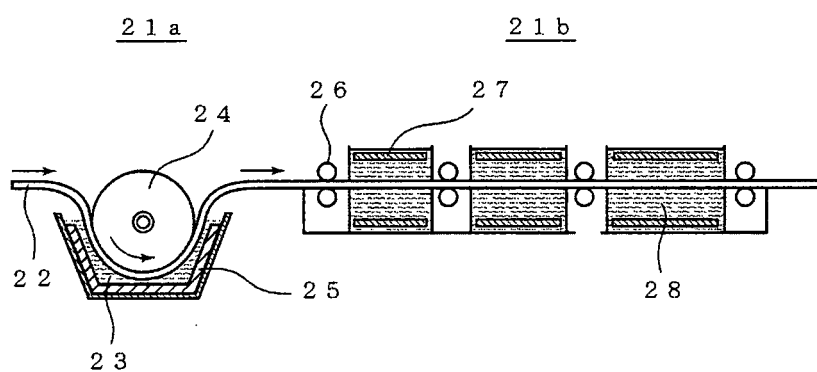


FIG. 8

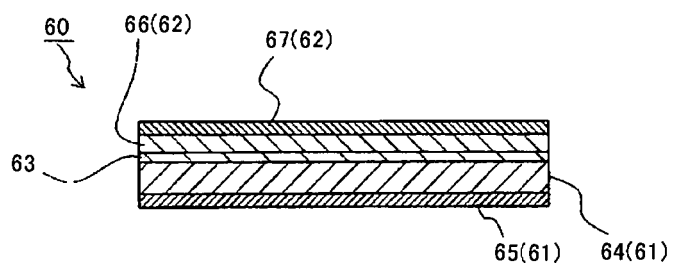


FIG. 9

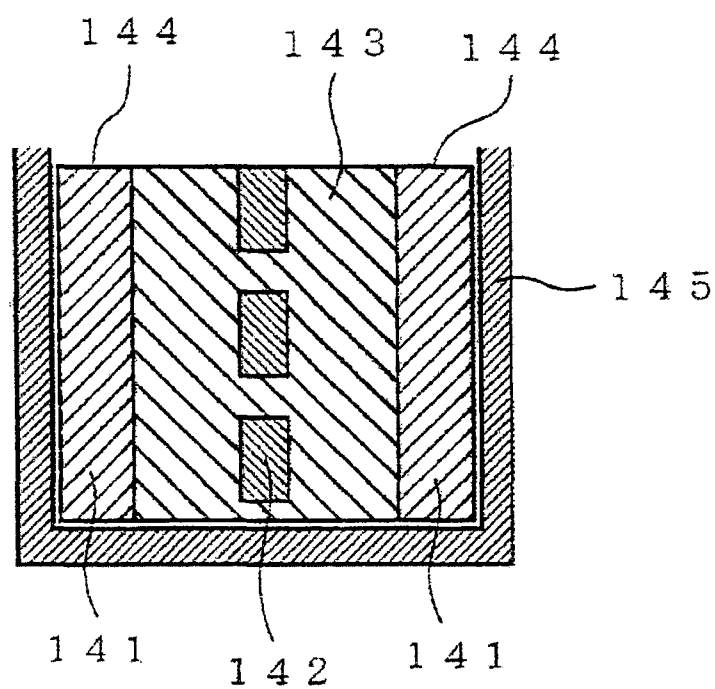


FIG. 10

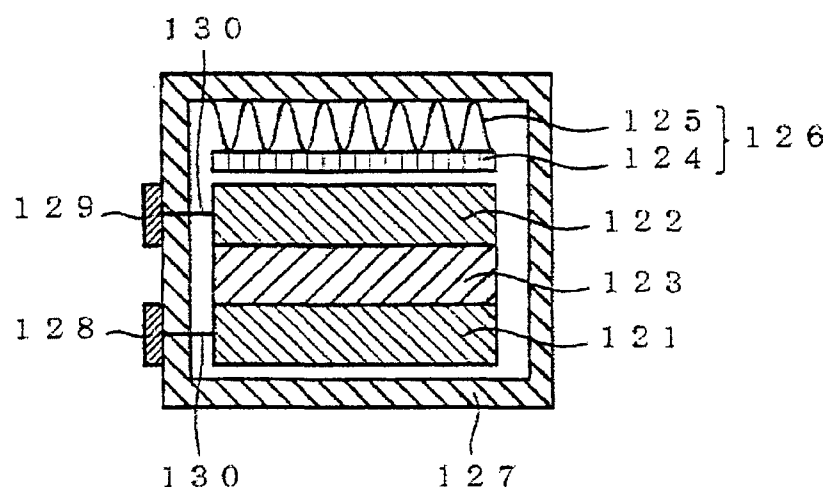


FIG. 11

