

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Dezember 2015 (30.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/197346 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 4/04 (2006.01) H01M 4/38 (2006.01)
H01M 4/134 (2010.01) H01M 4/62 (2006.01)
H01M 4/1395 (2010.01) H01M 10/052 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/062688

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juni 2015 (08.06.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 212 139.6 25. Juni 2014 (25.06.2014) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **FANOUS, Jean**; Im Geiger 97, 70374 Stuttgart (DE). **TENZER, Martin**; Taunusstr. 14/1, 72622 Nuertingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

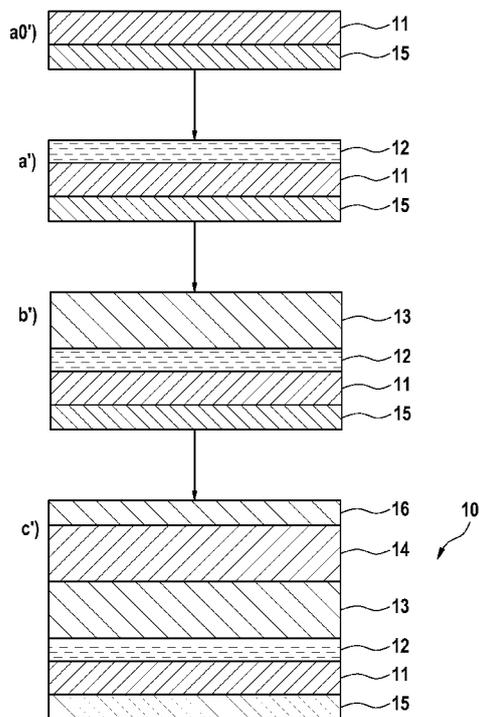
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ANODE PROTECTION LAYER SYSTEM WITH A LIQUID PHASE LAYER FOR A LITHIUM CELL

(54) Bezeichnung : ANODENSCHUTZSCHICHTSYSTEM MIT FLÜSSIGPHASENSCHICHT FÜR EINE LITHIUM-ZELLE

FIG. 3



(57) Abstract: The present invention relates to a lithium cell (10) which comprises an anode material layer (11), an anode protection layer (13) and a cathode material layer (14). In order to improve the flow rate of the lithium cell or a lithium battery which is equipped with said lithium cell, the lithium cell (10) further comprises a liquid phase layer (12) which (12) is arranged between the anode material layer (11) and the anode protection layer (13) and comprises a lithium ion-conducting liquid. Furthermore, the invention relates to an anode of this kind, to a cathode of this kind, to an anode protection layer system of this kind, to a lithium battery of this kind and also to a method for producing said lithium battery.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lithium-Zelle (10), welche eine Anodenmaterialschicht (11), eine Anodenschutzschicht (13) und eine Kathodenmaterialschicht (14) umfasst. Um die Stromrate der Lithium-Zelle beziehungsweise einer damit ausgestatteten Lithium-Batterie zu verbessern, umfasst die Lithium-Zelle (10) weiterhin eine Flüssigphasenschicht (12), welche (12) zwischen der Anodenmaterialschicht (11) und der Anodenschutzschicht (13) angeordnet ist und eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein derartiges Anode, ein derartiges Kathode, ein derartiges Anodenschutzschichtsystem, eine derartige Lithium-Batterie sowie ein Verfahren zu deren Herstellung.

WO 2015/197346 A1

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

5 Beschreibung

Titel

Anodenschutzschichtsystem mit Flüssigphasenschicht für eine Lithium-Zelle

10

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lithium-Zelle, eine Lithium-Batterie, eine Anode, eine Kathode und ein Anodenschutzschichtsystem sowie ein Herstellungsverfahren hierfür.

15

Stand der Technik

20

Bei verschiedenen Arten von Lithium-Batterien, insbesondere den sogenannten Post-Lithium-Ionen-Batterien, beispielsweise Lithium-Schwefel- und/oder Lithium-Sauerstoff-Zellen beziehungsweise -Batterien, wird als Anodenmaterial metallisches Lithium verwendet.

25

Bei metallischen Lithiumanoden können jedoch parasitäre Reaktionen mit dem Elektrolyten oder darin enthaltener Stoffe, zum Beispiel Polysulfiden im Falle einer Lithium-Schwefel-Zelle, stattfinden, durch welche sowohl das Lithium als auch beispielsweise der Elektrolyt aufgezehrt werden kann. Gegebenenfalls können sich diese Reaktionen selbst thermisch beschleunigen, was zu einem thermischen Durchgehen der Reaktionen führen kann.

30

Ferner können sich Dendriten aus metallischem Lithium bilden, welche gegebenenfalls durch die Zelle durchwachsen und zu einem Kurzschluss der Zelle führen können.

Um dies zu verhindern, kann auf einer metallischen Lithiumanode eine Anodenschutzschicht vorgesehen werden, welche eine ausreichend hohe Lithiumionenleitfähigkeit aufweist und einen direkten Kontakt zwischen metallischem Lithium und Elektrolyt verhindert.

5

Derzeit gehen die meisten Konzepte von einer gegen Dendritenwachstum stabilen Anodenschutzschicht aus, welche wachsende Dendriten daran hindert, durch diese Schicht hindurch zu wachsen.

10

Offenbarung der Erfindung

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Lithium-Zelle, insbesondere für eine Lithium-Batterie, welche eine Anodenmaterialschiicht, eine Flüssigphasenschicht, eine Anodenschutzschicht und eine Kathodenmaterialschiicht umfasst, wobei die Flüssigphasenschicht eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst. Dabei ist die Flüssigphasenschicht zwischen der Anodenmaterialschiicht und der Anodenschutzschicht angeordnet. Mit anderen Worten, die Flüssigphasenschicht ist dabei insbesondere auf der, der Anodenmaterialschiicht zugewandten Seite der Anodenschutzschicht angeordnet.

15

20

Unter einer Lithium-Zelle kann insbesondere eine elektrochemische Zelle verstanden werden, deren Anodematerial Lithium umfasst. Beispielsweise kann eine Lithium-Zelle eine Lithium-Metall-Zelle, zum Beispiel Lithium-Schwefel-Zelle oder Lithium-Sauerstoff-Zelle, oder eine Lithium-Ionen-Zelle sein. Insbesondere kann das Anodematerial metallisches Lithium oder eine Lithiumlegierung umfassen (Lithium-Metall-Anode).

25

30

Unter einer Anodenschutzschicht kann insbesondere eine Schicht oder ein zweilagiges oder mehrlagiges Schichtsystem verstanden werden, welche beziehungsweise welches die Anodenmaterialschiicht, insbesondere gegen Dendriten, schützt. Beispielsweise kann die Anodenschutzschicht eine Sperrfunktion gegen Dendriten aufweisen beziehungsweise als Sperrschicht gegen Dendriten fungieren.

35

5 Unter einer Flüssigphasenschicht kann insbesondere eine Schicht verstanden werden, welche eine - insbesondere unter Betriebstemperatur der Zelle - flüssige Phase, beispielsweise Flüssigkeit, umfasst. Dabei kann die Flüssigphasenschicht sowohl eine, insbesondere reine, Flüssigkeitsschicht als auch eine Schicht sein, welche zusätzlich zur flüssigen Phase, insbesondere Flüssigkeit, eine feste, insbesondere flexible beziehungsweise plastisch verformbare, Phase umfassen kann. Dabei kann die feste Phase zum Beispiel in Form einer porösen, dreidimensionalen, beispielsweise schwammartigen, Matrix, zum Beispiel in 10 Form eines dreidimensionalen Netzwerkes, ausgebildet sein. Die flüssige Phase kann beispielsweise durch mindestens eine Verbindung ausgebildet werden, welche bei Raumtemperatur, insbesondere 25 °C, flüssig ist. Im Rahmen einer speziellen Ausgestaltung kann die flüssige Phase jedoch auch durch mindestens eine, insbesondere oligomere, Verbindung ausgebildet werden, welche erst bei 15 einer Temperatur oberhalb der Raumtemperatur, insbesondere bei einer Temperatur > 25 °C, zum Beispiel bei einer Temperatur in einem Temperaturbereich von ≥ 30 °C bis ≤ 80 °C, flüssig wird.

20 Unter einer lithiumionenleitenden Flüssigkeit kann insbesondere eine Flüssigkeit verstanden werden, welche Lithiumionen transportieren kann. Dabei kann eine lithiumionenleitende Flüssigkeit beispielsweise Lithiumionen solvatisieren und/oder - zum Beispiel wie im Fall einer ionischen Flüssigkeit -, beispielsweise salzartig, gelöst aufnehmen beziehungsweise enthalten.

25 Weitere Gegenstände der Erfindung sind eine Anode, eine Kathode und ein Anodenschutzschichtsystem, welche beziehungsweise welches zu einer derartigen Lithium-Zelle verbaut werden kann sowie eine Lithium-Batterie und ein Verfahren zu deren Herstellung.

30 Die Anode für eine Lithium-Zelle, insbesondere für eine erfindungsgemäße Lithium-Zelle, umfasst dabei eine Anodenmaterialsicht, eine Flüssigphasenschicht und eine Anodenschutzschicht, wobei die Flüssigphasenschicht eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst. Dabei ist die Flüssigphasenschicht zwischen der Anodenmaterialsicht und der 35 Anodenschutzschicht angeordnet. Mit anderen Worten, die Flüssigphasenschicht

ist dabei insbesondere auf der, der Anodenmaterialschiht zugewandten Seite der Anodenschutzschicht angeordnet.

5 Die Kathode für eine Lithium-Zelle, insbesondere für eine erfindungsgemäÙe Lithium-Zelle, umfasst dabei eine Kathodenmaterialschiht, eine Anodenschutzschicht und eine Flüssigphasenschicht, wobei die Flüssigphasenschicht eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst. Dabei ist die Anodenschutzschicht zwischen der Kathodenmaterialschiht und der Flüssigphasenschicht angeordnet. Mit anderen Worten, die Flüssigphasenschicht
10 ist dabei insbesondere auf der, der Kathodenmaterialschiht abgewandten Seite der Anodenschutzschicht angeordnet.

Das Anodenschutzschichtsystem für eine Anode einer Lithium-Zelle, insbesondere für eine erfindungsgemäÙe Lithium-Zelle und/oder für eine erfindungsgemäÙe Anode, umfasst dabei eine Anodenschutzschicht und eine Flüssigphasenschicht, wobei die Flüssigphasenschicht eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst. Dabei ist die Flüssigphasenschicht, in dem zur Zelle verbauten Zustand, zwischen dem Anodenmaterial, beispielsweise einer Anodenmaterialschiht, und der Anodenschutzschicht anordbar beziehungsweise
15 angeordnet. Mit anderen Worten, ist dabei die Flüssigphasenschicht, in dem zur Zelle verbauten Zustand, insbesondere auf der, dem Anodenmaterial, beispielsweise einer Anodenmaterialschiht, zugewandten Seite der Anodenschutzschicht angeordnet.
20

25 Die erfindungsgemäÙen Lithium-Zelle, die erfindungsgemäÙe Anode, die erfindungsgemäÙe Kathode und das erfindungsgemäÙe Anodenschutzschichtsystem verbindet die gemeinsame Idee, dass durch eine, insbesondere zusätzliche, zwischen der Anodenmaterialschiht und einer Anodenschutzschicht angeordnete Flüssigphasenschicht, welche sich perfekt an
30 Oberflächenunebenheiten und sich ändernde Oberflächen der beiden umliegenden Schichten anpassen kann, die Grenzfläche beziehungsweise Kontaktfläche zwischen der Anodenmaterialschiht und der Anodenschutzschicht verbessert werden kann. Die Verbesserung der Grenzfläche beziehungsweise Kontaktfläche zwischen der Anodenmaterialschiht und der Anodenschutzschicht
35 kann dabei vorteilhafterweise sowohl im Neuzustand der Zelle beziehungsweise

Oberflächenvergrößerung der Anodenmaterialsicht vorteilhaft dazu genutzt werden, um die Stromrate weiter zu erhöhen.

5 Die Flüssigphasenschicht dient somit zur Grenzflächen- beziehungsweise Kontaktflächen-Verbesserung der Anodenmaterialsicht und der Anodenschutzschicht auch im Fall von Dendritenwachstum und erfüllt in ihrer Hauptfunktion selbst keine Sperrfunktion gegen Dendriten.

10 Die Sperrfunktion gegen Dendriten kann hingegen durch die Anodenschutzschicht erfüllt werden. Die Anodenschutzschicht kann insbesondere dazu dienen, ein Dendritenwachstum zu sperren und dadurch die Lithium-Zelle vor einem Durchwachsen von Dendriten, insbesondere zur Kathodenmaterialsicht, zu schützen.

15 Durch eine derartige Kombination aus einer, insbesondere anodenmaterialseitigen, Flüssigphasenschicht und einer, insbesondere kathodenseitigen, Anodenschutzschicht, kann vorteilhafterweise erzielt werden, dass eine gute Kontaktierung zwischen der Anodenmaterialsicht und der Anodenschutzschicht erzielt werden kann, wobei sich Dendritenwachstum
20 innerhalb der Flüssigphasenschicht nicht nachteilig oder gegebenenfalls sogar vorteilhaft auswirken kann, wobei durch die Anodenschutzschicht Dendriten gesperrt und auf diese Weise die Sicherheit der Lithium-Zelle beziehungsweise Lithium-Batterie gewährleistet beziehungsweise erhöht werden kann.

25 Die lithiumionenleitende Flüssigkeit kann insbesondere eine gegen Lithium stabile Flüssigkeit, insbesondere eine gegen metallisches Lithium chemisch stabile Flüssigkeit, sein. Beispielsweise kann die lithiumionenleitende Flüssigkeit eine Flüssigkeit sein, welche mit metallischem Lithium kaum oder keine elektrisch isolierenden Nebenprodukte, beispielsweise in Form einer so
30 genannten SEI-Schicht (SEI, Englisch: Solid Electrolyte Interface), ausbildet. Elektrolytlösungsmittel für Lithium-Zellen und/oder ionische Flüssigkeiten können vorteilhafterweise eine geeignet chemische Stabilität gegen Lithium aufweisen.

Im Rahmen einer Ausführungsform umfasst daher die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens ein Elektrolytlösungsmittel, insbesondere für eine Lithium-Zelle, und/oder mindestens eine ionische Flüssigkeit.

5 Beispielsweise kann die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens ein Elektrolytlösungsmittel umfassen, welches ausgewählt ist, aus der Gruppe der Ether, beispielsweise 1,2-Dimethoxyethan (DME) und/oder Tetraethylenglycoldimethylether (TEGDME), und Kombinationen beziehungsweise Mischungen davon.

10

Im Rahmen einer Ausgestaltung dieser Ausführungsform umfasst die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit. Ionische Flüssigkeiten können vorteilhafterweise gut Lithiumionen leiten, beispielsweise transportieren beziehungsweise lösen, einen sehr niedrigen, kaum messbaren Dampfdruck aufweisen sowie schwer entzündlich und/oder thermisch stabil sein. Insbesondere kann die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit umfassen, welche mindestens ein Lithium-Leitsalz-Anion umfasst. Ionische Flüssigkeiten, welche als Anion ein Lithium-Leitsalz-Anion aufweisen haben sich zur Leitung, beispielsweise Transport beziehungsweise Solvatisierung, von Lithiumionen als besonders vorteilhaft erwiesen. Beispielsweise kann dabei das mindestens eine Lithium-Leitsalz-Anion ausgewählt sein, aus der Gruppe bestehend aus Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion (TFSI⁻), Hexafluorophosphat-Anion (PF₆⁻), Tetrafluoroborat-Anion (BF₄⁻), Trifluormethansulfonat-Anion (Triflat, CF₃SO₃⁻) und Derivaten und/oder Kombinationen und/oder Mischungen davon. Insbesondere kann das mindestens eine Lithium-Leitsalz-Anion Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion (TFSI⁻) umfassen oder sein.

15

20

25

30

35

Als Kation kann dabei die mindestens eine ionische Flüssigkeit beispielsweise mindestens ein Kation umfassen, welches ausgewählt ist, aus der Gruppe bestehend aus Pyrrolidinium-Kationen, Piperidinium-Kationen, Morpholinium-Kationen, Imidazolium-Kationen, Pyridinium-Kationen, Guanidinium-Kationen, Uronium-Kationen, Thiouronium-Kationen, Ammonium-Kationen, Phosphonium-Kationen und Derivaten und/oder Kombinationen und/oder Mischungen davon. Insbesondere kann das mindestens eine Kation ein Pyrrolidinium-Kation,

beispielsweise mindestens ein N-Alkyl-N-alkyl-pyrrolidinium-Kation, zum Beispiel mindestens ein N-Alkyl-N-methyl-pyrrolidinium-Kation, umfassen oder sein. Ionische Flüssigkeiten, welche als Kation ein Pyrrolidinium-Kation aufweisen haben sich zur Leitung, beispielsweise Transport beziehungsweise Solvatisierung, von Lithiumionen als besonders vorteilhaft erwiesen.

Im Rahmen einer speziellen Ausgestaltung umfasst daher die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit, welche ein Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion und/oder ein Pyrrolidinium-Kation, beispielsweise ein N-Alkyl-N-alkyl-pyrrolidinium-Kation, zum Beispiel ein N-Alkyl-N-methyl-pyrrolidinium-Kation, (PYR-TFSI) umfasst.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform umfasst die Flüssigphasenschicht, insbesondere die lithiumionenleitende Flüssigkeit, mindestens ein Lithium-Leitsalz. So kann vorteilhafterweise die Leitfähigkeit der Flüssigphasenschicht verbessert und beispielsweise auch die spezifische Energiedichte der Lithium-Zelle erhöht werden. Beispielsweise kann das mindestens eine Lithium-Leitsalz ausgewählt sein der Gruppe bestehend aus Lithium-Hexafluorophosphat (LiPF_6), Lithium-Bis-(trifluormethansulfonyl)imid (LiTFSI), Lithium-Tetrafluorborat (LiBF_4), Lithium-Trifluormethansulfonat (Li-Triflat, $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$) und Kombinationen und/oder Mischungen davon. Zum Beispiel kann das mindestens eine Lithium-Leitsalz Lithium-Hexafluorophosphat (LiPF_6) und/oder Lithium-Bis-(trifluormethansulfonyl)imid (LiTFSI), umfassen oder sein.

Zum Beispiel kann es vorteilhaft sein, wenn das mindestens eine Lithium-Leitsalz das gleiche Lithium-Leitsalz-Anion wie die ionische Flüssigkeit umfasst. Beispielsweise kann, insofern die ionische Flüssigkeit ein Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion (TFSI⁻) umfasst, das mindestens eine Lithium-Leitsalz Lithium-Bis-(trifluormethansulfonyl)imid (LiTFSI) sein.

Beispielsweise kann die lithiumionenleitende Flüssigkeit aus mindestens einem Elektrolytlösungsmittel, insbesondere für eine Lithium-Zelle, und/oder mindestens einer ionischen Flüssigkeit und/oder mindestens einem Lithium-Leitsalz ausgebildet sein.

Als Flüssigphasenschicht kann beispielsweise sowohl ein Gel, beispielsweise ein Polymergel, als auch ein mit Flüssigkeit getränkter poröser Separator als auch eine reine Flüssigkeit eingesetzt werden.

5 Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform ist die Flüssigphasenschicht daher eine Gelschicht, insbesondere Polymergelschicht, oder eine, mit der lithiumionenleitenden Flüssigkeit getränkte, poröse Schicht, beispielsweise ein mit der lithiumionenleitenden Flüssigkeit getränkter Separator, oder eine, insbesondere reine, Flüssigkeitsschicht ist.

10

Im Rahmen einer speziellen Ausgestaltung ist die Flüssigphasenschicht eine Gelschicht. Die Handhabung einer Gelschicht kann vorteilhafterweise aus mechanischen Gründen einfacher sein. Beispielsweise kann die Gelschicht dabei eine Polymergelschicht beziehungsweise aus einem Polymergel ausgebildet sein. Insbesondere kann die Gelschicht aus einem gegen Lithium, insbesondere chemisch, stabilen Gel, beispielsweise Polymergel, ausgebildet sein.

15

Beispielsweise kann die Gelschicht beziehungsweise eine Gel-Flüssigphasenschicht mindestens ein Polymer umfassen, welches ausgewählt ist, aus der Gruppe bestehend aus Polyethylenglycolen, Polyacrylaten und Kombinationen und/oder Mischungen davon. Beispielsweise kann die Gelschicht beziehungsweise eine Gel-Flüssigphasenschicht Polyethylenglycol und/oder Polyacrylat umfassen.

20

25

Die Flüssigphasenschicht kann beispielsweise eine Schichtdicke von $\leq 100 \mu\text{m}$ aufweisen. So kann vorteilhafterweise eine gute Kontaktierung erzielt werden. Insbesondere kann die Flüssigphasenschicht eine Schichtdicke von $\leq 10 \mu\text{m}$, beispielsweise von $\leq 3 \mu\text{m}$, aufweisen. So kann vorteilhafterweise sowohl eine gute Kontaktierung als auch eine hohe spezifische Energiedichte der Zelle erzielt werden.

30

Die Anodenschutzschicht kann insbesondere eine Dendritensperrschicht beziehungsweise ein Dendritensperrschichtsystem sein. Beispielsweise kann die Anodenschutzschicht dicht, insbesondere flüssigkeitsdicht, sein.

35

Insbesondere kann die Anodenschutzschicht lithiumionenleitend sein. Vorzugsweise weist die Anodenschutzschicht eine möglichst hohe Lithiumionenleitfähigkeit auf.

5 Die Anodenschutzschicht kann insbesondere aus einem Material mit einer hohen mechanischen Stabilität ausgebildet sein. Anorganische, insbesondere keramische und/oder glasartige, Materialien können beispielsweise eine ausreichend hohe mechanische Stabilität aufweisen.

10 Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform umfasst daher die Anodenschutzschicht ein anorganisches, insbesondere keramisches und/oder glasartiges, Material. Insbesondere kann die Anodenschutzschicht einen lithiumionenleitenden Festionenleiter umfassen.

15 Gegebenenfalls kann die Anodenschutzschicht eine anorganische, insbesondere keramische und/oder glasartige, Schicht, beispielsweise aus einem lithiumionenleitenden Festionenleiter, sein. Beispielsweise kann die Anodenschutzschicht eine Anorganikschicht, beispielsweise Keramikschicht, zum Beispiel aus einem lithiumionenleitenden Festionenleiter, sein.

20 Um verbesserte mechanische Eigenschaften zu erzielen und beispielsweise die Bruchfestigkeit der Anodenschutzschicht zu erhöhen, kann die Anodenschutzschicht jedoch auch neben mindestens einem anorganischen, insbesondere keramischen und/oder glasartigen, Material, beispielsweise einem lithiumionenleitenden Festionenleiter, mindestens ein Polymer umfassen. Durch das mindestens eine Polymer können dabei vorteilhafterweise die mechanischen Eigenschaften der Anodenschutzschicht verbessert, beispielsweise die Bruchfestigkeit der Anodenschutzschicht erhöht beziehungsweise die Brüchigkeit und/oder Sprödigkeit der Anodenschutzschicht reduziert, werden.

30 Beispielsweise kann die Anodenschutzschicht aus einem Polymer-Anorganik-Komposit, beispielsweise Polymer-Keramik-Komposit, ausgebildet beziehungsweise als Polymer-Anorganik-Kompositschicht, beispielsweise Polymer-Keramik-Kompositschicht, ausgestaltet sein.

35

Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Anodenschutzschicht jedoch auch als Polymer-Anorganik-Schichtverbund, beispielsweise Polymer-Keramik-Schichtverbund, ausgestaltet sein, welcher zum Beispiel mindestens eine Anorganikschicht, beispielsweise Keramikschicht, und/oder mindestens eine Polymer-Anorganik-Kompositschicht, beispielsweise Polymer-Keramik-Schicht, und/oder beispielsweise mindestens eine Polymerschicht umfasst.

Insbesondere Anorganikschichten, jedoch auch in gewissem Maße Polymer-Anorganik-Kompositschichten und Polymer-Anorganik-Schichtverbünde, können ebenso wie die Anodenmaterialsicht, beispielsweise eine metallische Lithiumanodeschicht oder Lithiumlegierungsschicht, vergleichsweise fest sein und sich mit herkömmlichen direkten Methoden nur schlecht miteinander kontaktieren lassen. Durch die weiche Flüssigphasenschicht, welche sich der Morphologie der Oberflächen der daran angrenzenden Schichten automatisch anpasst, kann jedoch vorteilhafterweise auch bei derartigen Schichten eine gute Kontaktierung der Schichten realisiert werden, weswegen der Einsatz einer Flüssigphasenschicht in Kombination mit einer Anorganikschicht beziehungsweise Polymer-Anorganik-Kompositschicht und/oder einem Polymer-Anorganik-Schichtverbund besonders vorteilhaft ist.

Die Anodenmaterialsicht kann insbesondere lithiumhaltig sein.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform umfasst die Anodenmaterialsicht metallisches Lithium und/oder eine Lithiumlegierung. Beispielsweise kann die Anodenmaterialsicht aus metallischem Lithium und/oder einer Lithiumlegierung ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Anodenmaterialsicht eine metallische Lithiumanode sein. Zum Beispiel kann die Anodenmaterialsicht eine Lithiumfolie sein.

Die Kathodenmaterialsicht kann insbesondere ein Material umfassen, in welches Lithiumionen einlagerbar sind. Beispielsweise kann die Kathodenmaterialsicht ein Material umfassen, in welches Lithiumionen interkalierbar sind.

Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform ist daher die Kathodenmaterialschiicht mit Lithiumionen interkalierbar.

5 Auf der, von der Flüssigphasenschicht und/oder Anodenschutzschicht abgewandten Seite der Anodenmaterialschiicht kann weiterhin ein Anodenstromableiter angeordnet sein. Dabei kann der Anodenstromableiter insbesondere an der Anodenmaterialschiicht anliegen. Beispielsweise kann der Anodenstromableiter aus Kupfer ausgebildet beziehungsweise als Kupferstromableiter ausgestaltet sein. Zum Beispiel kann der
10 Anodenstromableiter eine Kupferfolie sein.

Auf der, von der Flüssigphasenschicht und/oder Anodenschutzschicht abgewandten Seite der Kathodenmaterialschiicht kann insbesondere ein Kathodenstromableiter angeordnet sein. Dabei kann der Kathodenstromableiter
15 an der Kathodenmaterialschiicht anliegen. Beispielsweise kann der Kathodenstromableiter aus Aluminium ausgebildet beziehungsweise als Aluminiumstromableiter ausgestaltet sein. Zum Beispiel kann der Kathodenstromableiter eine Aluminiumfolie sein.

20 Die Lithium-Zelle und/oder die Anode und/oder die Kathode und/oder das Anodenschutzschichtsystems kann insbesondere durch ein später erläutertes Herstellungsverfahren hergestellt sein beziehungsweise werden.

25 Beispielsweise kann die Lithium-Zelle eine Lithium-Schwefel-Zelle und/oder eine Lithium-Sauerstoff-Zelle, insbesondere eine Lithium-Schwefel-Zelle, sein.

Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Zelle, der erfindungsgemäßen Anode, der erfindungsgemäßen Kathode und des erfindungsgemäßen Anodenschutzschichtsystems wird hiermit explizit auf die
30 Erläuterungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Batterie und dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie auf die Figuren und die Figurenbeschreibung verwiesen.

Ein weiterer Gegenstand ist eine Lithium-Batterie, welche (mindestens) eine erfindungsgemäße Zelle und/oder (mindestens) eine erfindungsgemäße Anode und/oder (mindestens) eine erfindungsgemäße Kathode und/oder (mindestens) ein erfindungsgemäßes Anodenschutzschichtsystem umfasst. Insbesondere
5 kann die Lithium-Batterie (mindestens) zwei erfindungsgemäße Zellen und/oder (mindestens) zwei erfindungsgemäße Anoden und/oder (mindestens) zwei erfindungsgemäße Kathoden und/oder (mindestens) zwei erfindungsgemäße Anodenschutzschichtsysteme umfassen.

10 Beispielsweise kann die Lithium-Batterie eine Lithium-Schwefel-Batterie und/oder eine Lithium-Sauerstoff-Batterie, insbesondere eine Lithium-Schwefel-Batterie, sein.

Zum Beispiel kann die Lithium-Batterie beziehungsweise die Lithium-Zelle in
15 einem Elektrowerkzeug, Gartengerät, Computer, Notebook/Laptop und/oder Mobilfunkgerät, beispielsweise Mobiltelefon und/oder Smartphone und/oder Tablet-PC und/oder PDA, und/oder in einem Fahrzeug, beispielsweise einem Elektrofahrzeug oder Hybrid-Fahrzeug oder Pulg-in-Hybrid-Fahrzeug, eingesetzt werden. Aufgrund der besonders hohen Anforderungen an die Lebensdauer in
20 Automotive-Anwendungen ist die Lithium-Batterie beziehungsweise die Lithium-Zelle in besonderem Maße für Elektrofahrzeuge, Hybrid-Fahrzeuge und Pulg-in-Hybrid-Fahrzeuge geeignet.

Die Lithium-Batterie kann insbesondere durch ein später erläutertes
25 Herstellungsverfahren hergestellt sein beziehungsweise werden.

Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Batterie wird hiermit explizit auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Zelle, der erfindungsgemäßen Anode, der
30 erfindungsgemäßen Kathode, dem erfindungsgemäßen Anodenschutzschichtsystem und dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie auf die Figuren und die Figurenbeschreibung verwiesen.

b) Aufbringen der Flüssigphasenschicht auf die Anodenschutzschicht; und
c) Aufbringen der Anodenmaterialschiicht auf die Flüssigphasenschicht (siehe Figur 2).

5 Das Aufbringen der Flüssigphasenschicht auf die Anodenschutzschicht in Verfahrensschritt b) kann dabei insbesondere durch Beschichten beziehungsweise durch einen Beschichtungsprozess erfolgen (siehe Figur 2, Schritt b)).

10 Das Aufbringen der Anodenmaterialschiicht auf die Flüssigphasenschicht in Verfahrensschritt c) kann dabei beispielsweise durch Aufpressen einer Folie, beispielsweise einer metallischen Lithiumfolie oder einer Lithiumlegierungsfolie, auf die Flüssigphasenschicht erfolgen (siehe Figur 2, Schritt c)).

15 In Verfahrensschritt a) kann die Kathodenmaterialschiicht beispielsweise aufgebracht auf einen Kathodenstromableiter, zum Beispiel einen Aluminiumstromableiter, beziehungsweise als eine Kathodenmaterialschiicht mit Kathodenstromableiter bereitgestellt werden. Es ist jedoch ebenso möglich, dass das Verfahren weiterhin einen, insbesondere vor dem Verfahrensschritt a)
20 durchgeführten, Verfahrensschritt a0) umfasst, in dem eine beziehungsweise die Kathodenmaterialschiicht auf einen Kathodenstromableiter, zum Beispiel einen Aluminiumstromableiter, aufgebracht wird.

Dementsprechend ist es auch möglich, dass in Verfahrensschritt c) die
25 Anodenmaterialschiicht aufgebracht auf einen Anodenstromableiter, zum Beispiel einen Kupferstromableiter, beziehungsweise als eine Anodenmaterialschiicht mit Anodenstromableiter bereitgestellt wird, oder dass das Verfahren weiterhin einen, insbesondere nach dem Verfahrensschritt c) durchgeführten, Verfahrensschritt d): Aufbringen eines Anodenstromableiters, zum Beispiel aus
30 Kupfer, auf die Anodenmaterialschiicht, umfasst.

Der Anodenstromableiter kann, beispielsweise in Verfahrensschritt d), auf die Anodenmaterialschiicht aufgedampft werden. Beispielsweise kann dabei der Anodenstromableiter durch Aufdampfen von Kupfer auf die
35 Anodenmaterialschiicht aufgebracht werden.

Alternativ dazu kann der Anodenstromableiter, beispielsweise in Verfahrensschritt d), durch Aufpressen, zum Beispiel eines Kupferstromableiters, auf die Anodenmaterialschiicht aufgebracht werden.

5

Anders als in dieser Ausführungsform, ist es jedoch ebenso möglich, die Flüssigphasenschicht auf die Anodenmaterialschiicht aufzubringen.

10

Im Rahmen einer anderen Ausführungsform, insbesondere mit inversem Aufbau beziehungsweise umgekehrter Schichtreihenfolge, umfasst das Verfahren daher die Verfahrensschritte:

- a') Aufbringen der Flüssigphasenschicht auf die Anodenmaterialschiicht;
- b') Aufbringen der Anodenschutzschicht auf die Flüssigphasenschicht; und
- c') Aufbringen einer beziehungsweise der Kathodenmaterialschiicht auf die Anodenschutzschicht (siehe Figur 3).

15

Als Ausgangsmaterial kann dabei in Verfahrensschritt a') beispielsweise metallisches Lithium oder eine Lithiumlegierung und/oder eine Folie, zum Beispiel eine metallische Lithiumfolie beziehungsweise Lithiumlegierungsfolie, eingesetzt werden.

20

Das Aufbringen der Flüssigphasenschicht auf die Anodenschutzschicht in Verfahrensschritt a') kann dabei insbesondere durch Beschichten beziehungsweise durch einen Beschichtungsprozess erfolgen (siehe Figur 3, Schritt a')).

25

Das Aufbringen der Anodenschutzschicht auf die Flüssigphasenschicht in Verfahrensschritt b') kann dabei insbesondere durch Aufpressen erfolgen (siehe Figur 3, Schritt b')).

30

Das Aufbringen der Kathodenmaterialschiicht auf die Anodenschutzschicht in Verfahrensschritt c') kann dabei beispielsweise ebenfalls durch Aufpressen, zum Beispiel einer Kathodenmaterialschiicht mit Kathodenstromableiter, erfolgen (siehe Figur 3, Schritt c')).

35

In Verfahrensschritt a') kann beispielsweise die Anodenmaterialschi-
aufgebracht auf einen Anodenstromableiter, zum Beispiel einen
Kupferstromableiter, beziehungsweise als eine Anodenmaterialschi-
Anodenstromableiter bereitgestellt werden. Es ist jedoch ebenso möglich, dass
5 das Verfahren weiterhin einen, insbesondere vor dem Verfahrensschritt a')
durchgeführten, Verfahrensschritt a0') umfasst, in dem die
Anodenmaterialschi- auf einen Anodenstromableiter, zum Beispiel einen
Kupferstromableiter, aufgebracht wird.

10 Dementsprechend ist es auch möglich, dass in Verfahrensschritt c') die
Kathodenmaterialschi- aufgebracht auf einen Kathodenstromableiter, zum
Beispiel einen Aluminiumstromableiter, beziehungsweise als eine
Kathodenmaterialschi- mit Kathodenstromableiter bereitgestellt wird, oder dass
das Verfahren weiterhin einen, insbesondere nach dem Verfahrensschritt c')
15 durchgeführten, Verfahrensschritt d'): Aufbringen eines Kathodenstromableiters,
zum Beispiel einen Aluminiumstromableiter, auf die Kathodenmaterialschi-
umfasst.

Im Rahmen einer anderen Ausführungsform, insbesondere mit über die
20 Flüssigphasenschicht verbundenem Aufbau, umfasst das Verfahren die
Verfahrensschritte x) und y) (siehe Figuren 4a bis 4c).

Im Rahmen einer ersten Ausgestaltung wird in Verfahrensschritt x) die
25 Flüssigphasenschicht auf die Anodenmaterialschi- aufgebracht.

Im Rahmen einer alternativen oder zusätzlichen, zweiten Ausgestaltung wird in
Verfahrensschritt x) die Flüssigphasenschicht auf die Anodenschutzschicht eines
Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-Schichtsystems aufgebracht.
Dabei kann das Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-Schichtsystem
30 insbesondere eine beziehungsweise die Anodenschutzschicht und eine
beziehungsweise die Kathodenmaterialschi- umfassen. Insbesondere kann
dabei in dem Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-Schichtsystem die
Anodenschutzschicht auf der Kathodenmaterialschi- aufgebracht sein.

Das Aufbringen der Flüssigphasenschicht kann sowohl im Rahmen der ersten als auch im Rahmen der zweiten Ausgestaltung von Verfahrensschritt x) durch Beschichten beziehungsweise durch einen Beschichtungsprozess erfolgen (siehe Figur 4).

5

Die Anodenmaterialschiicht kann beispielsweise eine metallisches Lithium oder eine Lithiumlegierung umfassen beziehungsweise eine Folie, beispielsweise eine metallische Lithiumfolie oder eine Lithiumlegierungsfolie, sein.

10

Im Rahmen des Verfahrensschrittes y) werden dann die Anodenmaterialschiicht und die Anodenschutzschicht derart angeordnet, dass die Flüssigphasenschicht zwischen der Anodenmaterialschiicht und der Anodenschutzschicht angeordnet ist. Dabei können in Verfahrensschritt y) die die Anodenmaterialschiicht, die Flüssigphasenschicht und die Anodenschutzschicht beispielsweise aneinander gepresst werden.

15

Im Rahmen der ersten Ausgestaltung von Verfahrensschritt x) kann dabei in Verfahrensschritt y) die Anodenschutzschicht sowohl eine einzelne Anodenschutzschicht als auch eine Anodenschutzschicht eines Schichtsystems, beispielsweise eines Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschiicht-Schichtsystems, sein.

20

Im Rahmen der zweiten Ausgestaltung von Verfahrensschritt x) kann in Verfahrensschritt y) die Anodenmaterialschiicht insbesondere die Anodenmaterialschiicht des Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschiicht-Schichtsystems sein. Dabei kann die Anodenmaterialschiicht eine einzelne Anodenmaterialschiicht oder ein, eine Anodenmaterialschiicht umfassendes Schichtsystem sein.

25

Sowohl in der ersten als auch zweiten Ausgestaltung von Verfahrensschritt x) kann die Anodenmaterialschiicht beispielsweise aufgebracht auf einen Anodenstromableiter, beispielsweise Kupferstromableiter, bereitgestellt werden. Es ist jedoch ebenso möglich, dass das Verfahren weiterhin einen, insbesondere vor dem Verfahrensschritt x) durchgeführten, Verfahrensschritt x0) umfasst, in dem die Anodenmaterialschiicht auf einen Anodenstromableiter aufgebracht wird.

30
35

Dementsprechend ist es auch möglich, dass sowohl in der ersten als auch in der zweiten Ausgestaltung von Verfahrensschritt x) ein Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-
Kathodenstromableiter-Schichtsystem bereitgestellt
5 wird. Dabei kann das Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-
Kathodenstromableiter-Schichtsystem insbesondere eine beziehungsweise die
Anodenschutzschicht, eine beziehungsweise die Kathodenmaterialschi- und
einen Kathodenstromableiter umfassen, insbesondere wobei in dem
Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-Kathodenstromableiter-
10 Schichtsystem die Anodenschutzschicht auf der Kathodenmaterialschi- und die
Kathodenmaterialschi- auf dem Kathodenstromableiter aufgebracht ist. Es ist
jedoch ebenso möglich, dass das Verfahren weiterhin einen, insbesondere nach
dem Verfahrensschritt y) durchgeführten, Verfahrensschritt z): Aufbringen eines
Kathodenstromableiters auf die Kathodenmaterialschi-, insbesondere des
15 Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-Schichtsystems, umfasst.

Hinsichtlich weiterer technischer Merkmale und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens wird hiermit explizit auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Zelle, der erfindungsgemäßen Anode, der
20 erfindungsgemäßen Kathode, dem erfindungsgemäßen
Anodenschutzschichtsystem und der erfindungsgemäßen Batterie sowie auf die
Figuren und die Figurenbeschreibung verwiesen.

25 Zeichnungen

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gegenstände werden durch die Zeichnungen veranschaulicht und in der nachfolgenden Beschreibung erläutert. Dabei ist zu beachten, dass die
30 Zeichnungen nur beschreibenden Charakter haben und nicht dazu gedacht sind,
die Erfindung in irgendeiner Form einzuschränken. Es zeigen

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anode;

- Fig. 2 ein Flussdiagramm mit schematischen Querschnitten zur Veranschaulichung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 3 ein Flussdiagramm mit schematischen Querschnitten zur Veranschaulichung einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und
- Fig. 4a-4c schematische Querschnitte zur Veranschaulichung weiterer Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10 Figur 1 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anode, welche eine lithiumhaltige Anodenmaterialschi-
15 cht 11 und eine Anodenschutzschicht 13 umfasst, wobei zwischen der Anodenmaterialschi-
ccht 11 und der Anodenschutzschicht 13 eine Flüssigphasenschicht 12 angeordnet ist. Die Flüssigphasenschicht 12 ist somit auf der, der Anodenmaterialschi-
ccht 11 zugewandten Seite der Anodenschutzschicht 13 angeordnet. Dabei umfasst die Flüssigphasenschicht 12 eine lithiumionenleitende Flüssigkeit.

Die lithiumionenleitende Flüssigkeit kann beispielsweise mindestens ein Elektrolytlösungsmittel und/oder mindestens eine ionische Flüssigkeit und
20 beispielsweise mindestens ein Lithium-Leitsalz umfassen. Zum Beispiel kann die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit mit einem Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion und/oder einem N-Alkyl-N-alkyl-
pyrrolidinium-Kation, beispielsweise N-Alkyl-N-methyl-pyrrolidinium-Kation, (PYR-TFSI) und beispielsweise Lithium-Bis-(trifluormethansulfonyl)imid (LiTFSI)
25 umfassen.

Die Flüssigphasenschicht kann beispielsweise eine Gelschicht oder ein, mit der lithiumionenleitenden Flüssigkeit getränkter, poröse Separator oder eine reine Flüssigkeitsschicht sein.

30 Insbesondere kann die Flüssigphasenschicht 12 eine Gelschicht, beispielsweise aus einem Polymergel, beispielsweise auf der Basis von Polyethylenglycol und/oder Polyacrylat, sein. Durch eine Gelschicht 12 kann vorteilhafterweise die lithiumionenleitende Flüssigkeit gut an der Grenzfläche zur
35 Anodenmaterialschi-
ccht 11 und zur Anodenschutzschicht 13 gehalten und eine

hohe morphologische Anpassungsfähigkeit der Flüssigphasenschicht 12 gewährleistet werden.

Die Anodenmaterialsicht 11 kann beispielsweise eine metallische Lithiumfolie oder Lithiumlegierungsfolie sein. Die Anodenschutzschicht 13 kann insbesondere ein lithiumionenleitendes anorganisches, beispielsweise keramisches und/oder glasartiges, Material, beispielsweise einen lithiumionenleitenden Festionenleiter, umfassen.

Figur 1 stellt zudem die Funktionsweise der Flüssigphasenschicht 12 schematisch dar. Figur 1 veranschaulicht, dass die Flüssigphasenschicht 12 Unebenheiten in der Oberflächenmorphologie der Anodenmaterialsicht 11 und gegebenenfalls auch der Anodenschutzschicht 13 (nicht dargestellt) ausgleichen kann. Bereits beim Aufbau der Anode können Oberflächenunebenheiten der Anodenmaterialsicht 11 und der Anodenschutzschicht 13 nicht vollständig vermieden werden (nicht dargestellt) und eine vollständige direkte Kontaktierung der beiden Schichten 11,13 erschweren. Zusätzlich können sich - wie in Figur 1 dargestellt - während des Betriebes einer damit ausgestatteten Zelle, insbesondere beim Wiederaufladen der Zelle, Dendriten D auf der Oberfläche der Anodenmaterialsicht 11 bilden, durch welche herkömmlicherweise die direkte Kontaktierung zwischen den beiden Schichten 11,13 weiter verschlechtert wird. Dadurch, dass die Flüssigphasenschicht 12 zwischen der Anodenmaterialsicht 11 und der Anodenschutzschicht 13 angeordnet ist und aufgrund der darin enthaltenen lithiumionenleitenden Flüssigkeit lithiumionenleitend und morphologisch anpassungsfähig ist, kann durch die Flüssigphasenschicht 12 vorteilhafterweise sowohl im Neuzustand als auch im gesamten Zeitraum eines Lade-/Entlade-Zyklus, beispielsweise selbst im Fall einer Dendritenbildung D während des Betriebes, eine gute Kontaktierung zwischen der Anodenmaterialsicht 11 und der Anodenschutzschicht 13 sichergestellt werden. Dabei kann eine Durchdringung der Flüssigphasenschicht 12 durch Dendriten D sogar vorteilhaft genutzt werden, um durch die Dendriten D bedingte Oberflächenvergrößerung der Anodenmaterialsicht 11 die Stromrate zu erhöhen. Die zentrale Aufgabe der Flüssigphasenschicht 12 liegt somit nicht in der Unterdrückung von Dendriten D, sondern in der Verbesserung der Grenzfläche zwischen der Anodenmaterialsicht 11 und der

Anodenschutzschicht 13. Durch die Anodenschutzschicht 13 kann dabei vorteilhafterweise sichergestellt werden, dass Dendriten D nicht durch die Anodenschutzschicht 13 hindurch zur Kathode gelangen können.

5 Die Figuren 2 bis 4 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder Anodenschutzschichtsystem, in dem eine Flüssigphasenschicht 12 zwischen einer Anodenmaterialschi-
10 chicht 11 und einer Anodenschutzschicht 13 angeordnet wird.

10

Im Rahmen der in Figur 2 gezeigten, ersten Ausführungsform wird zunächst in einem Verfahrensschritt a) eine Anodenschutzschicht 13 auf eine Kathodenmaterialschi-
15 chicht 14 aufgebracht. Dabei kann die Kathodenmaterialschi-
chicht 14 mit einem Kathodenstromableiter, beispielsweise einem Aluminiumstromableiter, ausgestattet sein (nicht dargestellt). Dann wird in einem Verfahrensschritt b) eine Flüssigphasenschicht 12, beispielsweise in Form einer Beschichtung, auf die Anodenschutzschicht 13 aufgebracht. In einem
20 Verfahrensschritt c) wird dann eine Anodenmaterialschi-
chicht 11, beispielsweise eine metallische Lithiumfolie oder eine Lithiumlegierungsfolie, auf die Flüssigphasenschicht 12 aufgebracht, beispielsweise aufgedampft oder aufgedrückt. In einem
25 Verfahrensschritt d) wird dann ein Anodenstromableiter 15, beispielsweise ein Kupferstromableiter, auf die Anodenmaterialschi-
chicht 11 aufgebracht, beispielsweise aufgedampft oder aufgedrückt.

25

Figur 2 veranschaulicht, dass auf diese Weise eine Lithium-Zelle 10 hergestellt werden kann, welche eine Kathodenmaterialschi-
30 chicht 14, beispielsweise mit einem Kathodenstromableiter (nicht dargestellt), eine Anodenschutzschicht 13, eine Flüssigphasenschicht 12, eine Anodenmaterialschi-
chicht 11 und einen Anodenstromableiter 15 umfasst, wobei die Flüssigphasenschicht 12 zwischen der Anodenmaterialschi-
35 chicht 11 und der Anodenschutzschicht 13 und die Anodenschutzschicht 13 zwischen der Flüssigphasenschicht 12 und der Kathodenmaterialschi-
chicht 14 angeordnet ist.

35

Figur 2 illustriert, dass dabei insbesondere die Flüssigphasenschicht 12 auf der, der Anodenmaterialschi-
chicht zugewandten Seite der Anodenschutzschicht 13

beziehungsweise auf der, der Kathodenmaterialschi-
cht 14 abgewandten Seite
der Anodenschutzschicht 13 angeordnet ist.

5 Im Rahmen der in Figur 3 gezeigten, zweiten Ausführungsform wird zunächst in
einem Verfahrensschritt a0') eine Anodenmaterialschi-
cht 11 auf einen
Anodenstromableiter 15, beispielsweise einen Kupferstromableiter, aufgebracht.
Dann wird in einem Verfahrensschritt a') eine Flüssigphasenschicht 12 auf die
Anodenmaterialschi-
cht 11 aufgebracht. In einem Verfahrensschritt b') wird dann
eine Anodenschutzschicht 13 auf die Flüssigphasenschicht 12 aufgebracht,
10 beispielsweise aufgedrückt. In einem Verfahrensschritt c') wird dann eine
Kathodenmaterialschi-
cht 14 mit einem Kathodenstromableiter 16, beispielsweise
einem Aluminiumstromableiter, auf die Anodenschutzschicht 13 aufgebracht.

15 Figur 3 veranschaulicht, dass auf diese Weise eine Lithium-Zelle 10 hergestellt
werden kann, welche einen Anodenstromableiter 15, eine Anodenmaterialschi-
cht 11, eine Flüssigphasenschicht 12, eine Anodenschutzschicht 13, eine
Kathodenmaterialschi-
cht 14 und einen Kathodenstromableiter 16 umfasst, wobei
ebenfalls die Flüssigphasenschicht 12 zwischen der Anodenmaterialschi-
cht 11
und der Anodenschutzschicht 13 und die Anodenschutzschicht 13 zwischen der
20 Flüssigphasenschicht 12 und der Kathodenmaterialschi-
cht 14 beziehungsweise
die Flüssigphasenschicht 12 auf der, der Anodenmaterialschi-
cht 11 zugewandten
Seite der Anodenschutzschicht 13 beziehungsweise auf der, der
Kathodenmaterialschi-
cht 14 abgewandten Seite der Anodenschutzschicht 13
angeordnet ist.

25 Im Rahmen der in den Figuren 4a, 4b und 4c gezeigten, weiteren
Ausführungsformen wurde in einem nicht dargestellten Verfahrensschritt x)
zunächst eine Anodenmaterialschi-
cht 11 mit Anodenstromableiter 15 und ein
Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschi-
cht-Kathodenstromableiter-
30 Schichtsystem 13,14,16 bereitgestellt sowie eine Flüssigphasenschicht 12
aufgebracht.

35 Im Rahmen der in Figur 4a und 4c gezeigten Ausgestaltungen wurde die
Flüssigphasenschicht 12 auf die, auf den Anodenstromableiter 15 aufgebra-
chte
Anodenmaterialschi-
cht 11 aufgebracht.

5 Im Rahmen der in Figur 4b und 4c gezeigten Ausgestaltungen wurde alternativ (Figur 4b) beziehungsweise zusätzlich (Figur 4c) die Flüssigphasenschicht 12 auf die Anodenschutzschicht 13 des Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschicht-Kathodenstromableiter-Schichtsystems 13,14,16 aufgebracht.

10 Die Figuren 4a, 4b und 4c veranschaulichen, dass in einem Verfahrensschritt y) jeweils die Anodenmaterialschicht 11 und die Anodenschutzschicht 13 derart angeordnet werden, dass die Flüssigphasenschicht 12 beziehungsweise die Flüssigphasenschichten 12 zwischen der Anodenmaterialschicht 11 und der Anodenschutzschicht 13 angeordnet ist beziehungsweise sind.

5 Ansprüche

1. Lithium-Zelle (10), insbesondere für eine Lithium-Batterie, umfassend
 - eine Anodenmaterialschiht (11),
 - eine Flüssigphasenschicht (12),
 - 10 - eine Anodenschutzschicht (13) und
 - eine Kathodenmaterialschiht (14),wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst,
wobei die Flüssigphasenschicht (12) zwischen der Anodenmaterialschiht (11) und der Anodenschutzschicht (13) angeordnet ist.
15

2. Anode für eine Lithium-Zelle (10), insbesondere für eine Lithium-Zelle nach Anspruch 1, umfassend
 - eine Anodenmaterialschiht (11),
 - 20 - eine Flüssigphasenschicht (12) und
 - eine Anodenschutzschicht (13),wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst, und
wobei die Flüssigphasenschicht (12) zwischen der Anodenmaterialschiht (11) und der Anodenschutzschicht (13) angeordnet ist.
25

3. Kathode für eine Lithium-Zelle (10), insbesondere für eine Lithium-Zelle nach Anspruch 1, umfassend
 - eine Kathodenmaterialschiht (14)
 - 30 eine Anodenschutzschicht (13) und
 - eine Flüssigphasenschicht (12),wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst, und
wobei die Anodenschutzschicht (13) zwischen der Kathodenmaterialschiht (14) und der Flüssigphasenschicht (12) angeordnet ist.
35

4. Anodenschutzschichtsystem (12,13) für eine Anode einer Lithium-Zelle, insbesondere für eine Lithium-Zelle nach Anspruch 1 und/oder für eine Anode nach Anspruch 2, (10), umfassend
- 5 - eine Anodenschutzschicht (13) und
 - eine Flüssigphasenschicht (12),
wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine lithiumionenleitende Flüssigkeit umfasst, und
wobei die Flüssigphasenschicht (12), in dem zur Zelle verbauten Zustand,
10 zwischen dem Anodenmaterial (11) und der Anodenschutzschicht (13) angeordnet ist.
5. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder
Anodenschutzschichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die
15 lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens ein Elektrolytlösungsmittel und/oder mindestens eine ionische Flüssigkeit umfasst.
6. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder
Anodenschutzschichtsystem, nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die
20 lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit umfasst, welche mindestens ein Lithium-Leitsalz-Anion, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion, Hexafluorophosphat-Anion, Tetrafluoroborat-Anion, Trifluormethansulfonat-Anion und Kombinationen davon, umfasst,
25 insbesondere wobei die lithiumionenleitende Flüssigkeit mindestens eine ionische Flüssigkeit mit einem Bis-(trifluormethansulfonyl)imid-Anion und/oder einem N-Alkyl-N-alkyl-pyrrolidinium-Kation umfasst.
7. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder
30 Anodenschutzschichtsystem, nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Flüssigphasenschicht (12) mindestens ein Lithium-Leitsalz, insbesondere ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Lithium-Hexafluorophosphat, Lithium-Bis-(trifluormethansulfonyl)imid, Lithium-Tetrafluoroborat, Lithium-Trifluormethansulfonat und Mischungen davon, umfasst.
- 35

8. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder Anodenschutzschichtsystem, nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine Gelschicht oder eine, mit der lithiumionenleitenden Flüssigkeit getränkte, poröse Schicht oder eine Flüssigkeitsschicht ist, insbesondere wobei die Flüssigphasenschicht (12) eine Gelschicht ist.
9. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder Anodenschutzschichtsystem, nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Anodenschutzschicht (13) ein anorganisches Material, insbesondere einen lithiumionenleitenden Festionenleiter, umfasst.
10. Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder Anodenschutzschichtsystem, nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Anodenmaterialschiicht (11) metallisches Lithium und/oder eine Lithiumlegierung umfasst, und/oder wobei die Kathodenmaterialschiicht (14) mit Lithiumionen interkalierbar ist.
11. Lithium-Batterie, umfassend eine Zelle und/oder Anode und/oder Kathode und/oder ein Anodenschutzschichtsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
12. Verfahren zur Herstellung einer Lithium-Zelle und/oder einer Anode für eine Lithium-Zelle und/oder einer Kathode für eine Lithium-Zelle und/oder eines Anodenschutzschichtsystems für eine Lithium-Zelle und/oder einer Lithium-Batterie, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei eine Flüssigphasenschicht (12) zwischen einer Anodenmaterialschiicht (11) und einer Anodenschutzschicht (13) angeordnet wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, umfassend die Verfahrensschritte:
- a) Aufbringen der Anodenschutzschicht (13) auf eine Kathodenmaterialschiicht (14);
 - b) Aufbringen der Flüssigphasenschicht (12) auf die Anodenschutzschicht (13); und

c) Aufbringen der Anodenmaterialschiicht (11) auf die Flüssigphasenschicht (12).

14. Verfahren nach Anspruch 12, umfassend die Verfahrensschritte:

5 a') Aufbringen der Flüssigphasenschicht (12) auf die Anodenmaterialschiicht (11);

b') Aufbringen der Anodenschutzschicht (13) auf die Flüssigphasenschicht (12); und

10 c') Aufbringen einer Kathodenmaterialschiicht (14) auf die Anodenschutzschicht (13).

15. Verfahren nach Anspruch 12, umfassend die Verfahrensschritte:

x) Aufbringen der Flüssigphasenschicht (12) auf die Anodenmaterialschiicht (11) und/oder;

15 Aufbringen der Flüssigphasenschicht (12) auf die Anodenschutzschicht (13) eines Anodenschutzschicht-Kathodenmaterialschiicht-Schichtsystem (13,14); und

20 y) Anordnen der Anodenmaterialschiicht (11) und der Anodenschutzschicht (13) derart, dass die Flüssigphasenschicht (12) zwischen der Anodenmaterialschiicht (11) und der Anodenschutzschicht (13) angeordnet ist.

FIG. 1

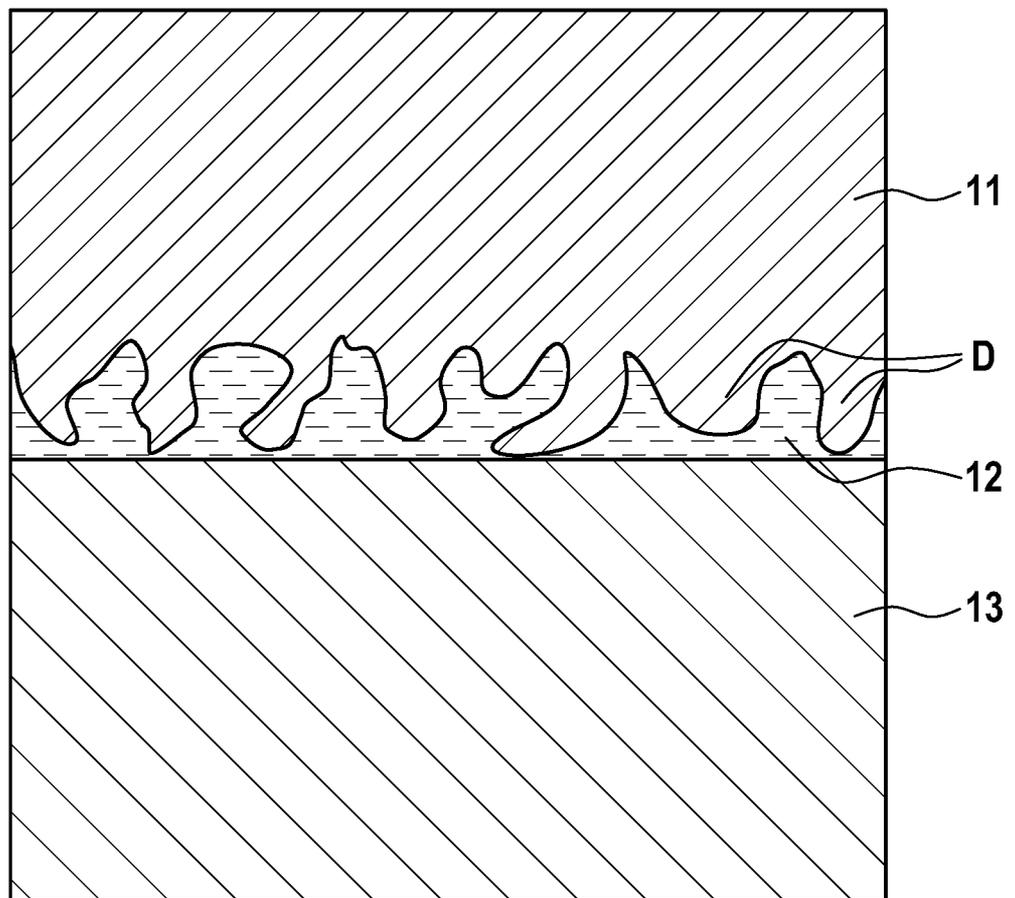


FIG. 2

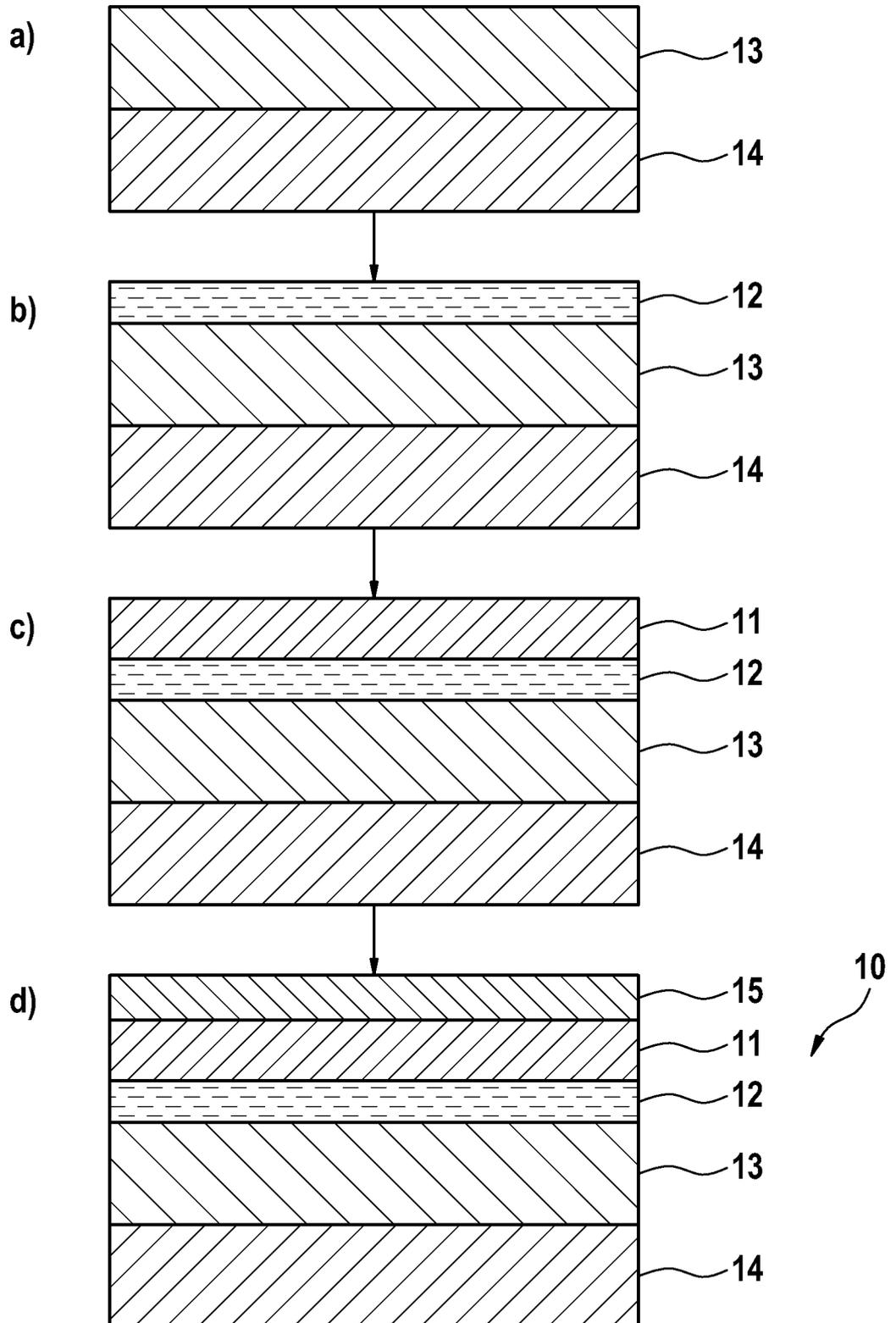


FIG. 3

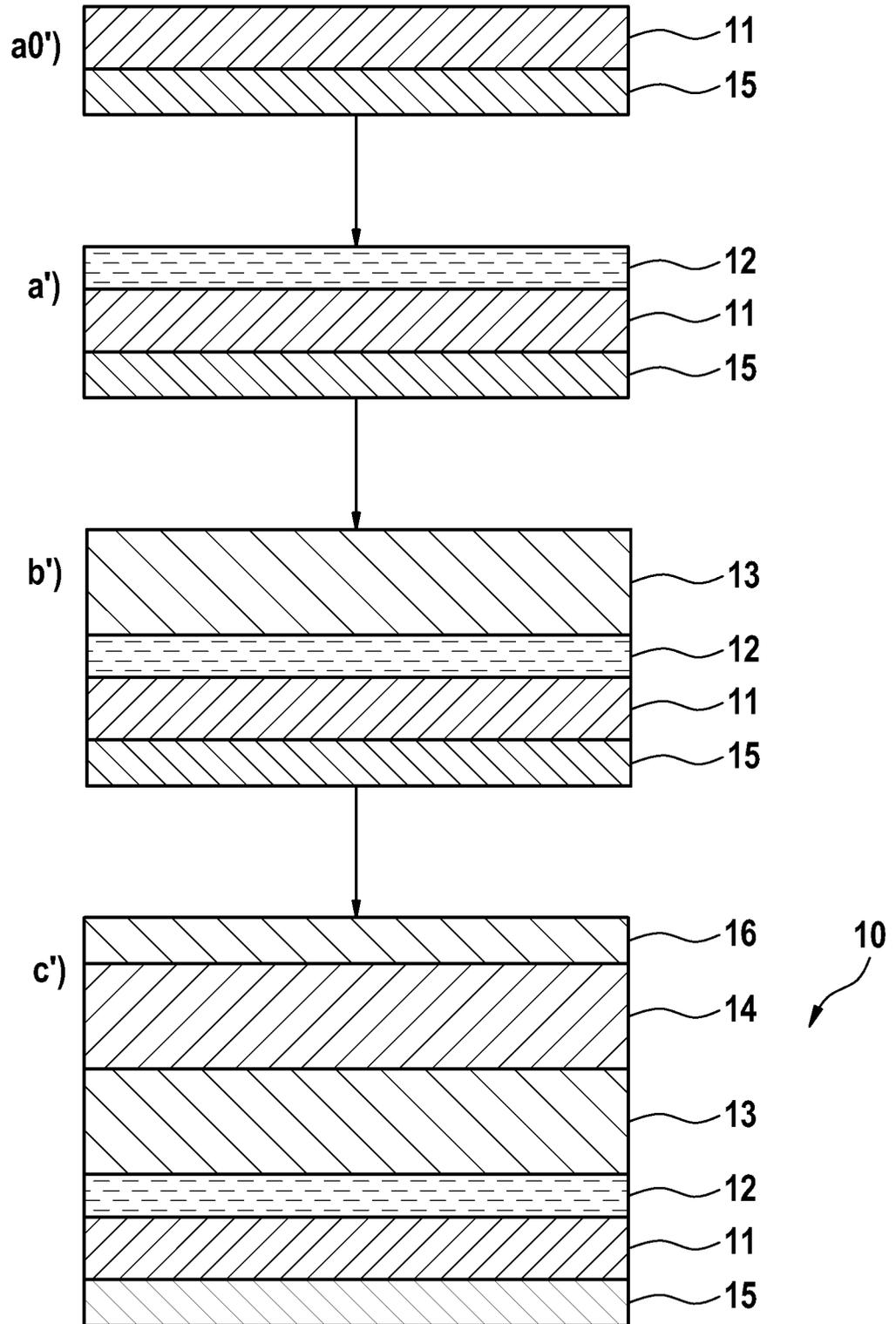
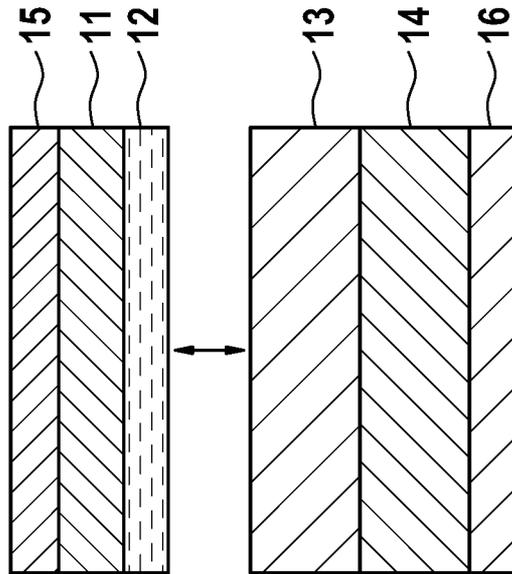
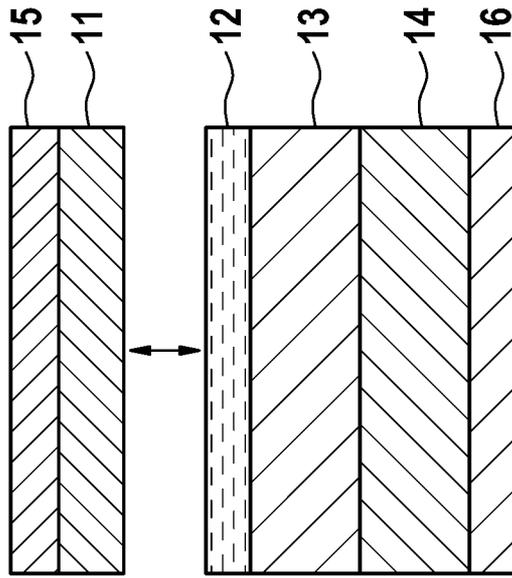


FIG. 4a



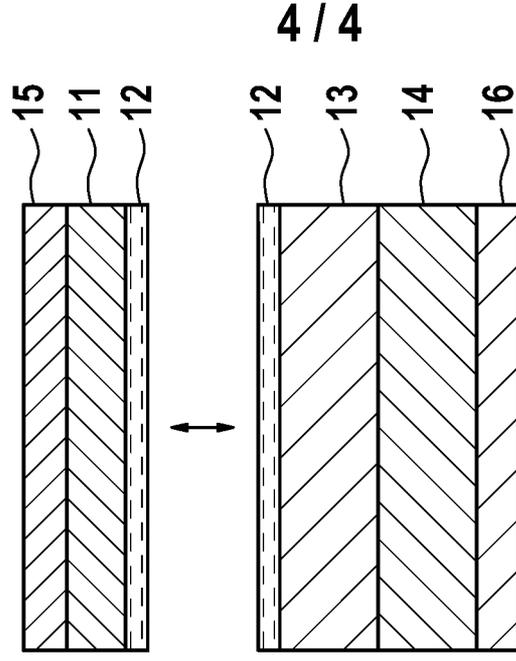
y)

FIG. 4b



y)

FIG. 4c



y)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/062688

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01M4/04 H01M4/134 H01M4/1395 H01M4/38 H01M4/62
 H01M10/052
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/175894 A1 (VISCO STEVEN J [US] ET AL) 11 August 2005 (2005-08-11) paragraphs [0003], [0012] - [0014], [0017], [0039] - [0046], [0076]; claims 1-12, 21-32, 94; figures 1-2 -----	1-15
X	US 2013/224609 A1 (LEE DONG-JOON [KR] ET AL) 29 August 2013 (2013-08-29) paragraphs [0005], [0008] - [0010], [0012], [0033] - [0037], [0051] - [0052], [0073] - [0075], [0082]; claims 1,14-17 -----	1-15
A	WO 2008/153562 A1 (MIDWEST RESEARCH INST [US]; LEE SE-HEE [US]; TRACY C EDWIN [US]; PITTS) 18 December 2008 (2008-12-18) the whole document -----	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 September 2015

Date of mailing of the international search report

21/09/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bossa, Christina

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/062688

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005175894	A1	11-08-2005	AU 2004316638 A1
			BR PI0418500 A
			CA 2555637 A1
			CN 101702444 A
			EP 1714349 A2
			JP 5624257 B2
			JP 2007524204 A
			JP 2014222658 A
			KR 20070004670 A
			US 2005175894 A1
			US 2008038641 A1
			US 2011014522 A1
			US 2013004852 A1
			US 2014057153 A1
			US 2015024251 A1
			WO 2005083829 A2

US 2013224609	A1	29-08-2013	JP 2013182887 A
			KR 20130099706 A
			US 2013224609 A1

WO 2008153562	A1	18-12-2008	US 2010143769 A1
			WO 2008153562 A1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/062688

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01M4/04 H01M4/134 H01M4/1395 H01M4/38 H01M4/62 H01M10/052 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01M Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/175894 A1 (VISCO STEVEN J [US] ET AL) 11. August 2005 (2005-08-11) Absätze [0003], [0012] - [0014], [0017], [0039] - [0046], [0076]; Ansprüche 1-12, 21-32, 94; Abbildungen 1-2 -----	1-15
X	US 2013/224609 A1 (LEE DONG-JOON [KR] ET AL) 29. August 2013 (2013-08-29) Absätze [0005], [0008] - [0010], [0012], [0033] - [0037], [0051] - [0052], [0073] - [0075], [0082]; Ansprüche 1,14-17 -----	1-15
A	WO 2008/153562 A1 (MIDWEST RESEARCH INST [US]; LEE SE-HEE [US]; TRACY C EDWIN [US]; PITTS) 18. Dezember 2008 (2008-12-18) das ganze Dokument -----	1-15
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
10. September 2015		21/09/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Bossa, Christina

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/062688

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005175894 A1	11-08-2005	AU 2004316638 A1	09-09-2005
		BR PI0418500 A	15-05-2007
		CA 2555637 A1	09-09-2005
		CN 101702444 A	05-05-2010
		EP 1714349 A2	25-10-2006
		JP 5624257 B2	12-11-2014
		JP 2007524204 A	23-08-2007
		JP 2014222658 A	27-11-2014
		KR 20070004670 A	09-01-2007
		US 2005175894 A1	11-08-2005
		US 2008038641 A1	14-02-2008
		US 2011014522 A1	20-01-2011
		US 2013004852 A1	03-01-2013
		US 2014057153 A1	27-02-2014
		US 2015024251 A1	22-01-2015
		WO 2005083829 A2	09-09-2005

US 2013224609 A1	29-08-2013	JP 2013182887 A	12-09-2013
		KR 20130099706 A	06-09-2013
		US 2013224609 A1	29-08-2013

WO 2008153562 A1	18-12-2008	US 2010143769 A1	10-06-2010
		WO 2008153562 A1	18-12-2008
