

(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
08. Februar 2018 (08.02.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/024380 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 4/04 (2006.01) *H01M 10/0562* (2010.01)
H01M 4/134 (2010.01) *H01M 4/36* (2006.01)
H01M 4/1395 (2010.01) *H01M 4/38* (2006.01)
H01M 10/052 (2010.01) *H01M 4/40* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/059700

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. April 2017 (25.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 214 398.0
04. August 2016 (04.08.2016) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESellschaft [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder: ANDRE, Dave; Samlandstraße 22, 81825 Mün-
chen (DE). LUPART, Saskia; Fritz-Berne-Str. 40a, 81241
München (DE). NÜRNBERGER, Simon; Ulmenstr. 7,
83043 Bad Aibling (DE). ROTH, Jan-Oliver; Sternweg
17, 85435 Erding (DE). SCHÜNEMANN, Dennis; Uppen-
bornstraße 18, 85368 Moosburg a. d. Isar (DE). STIASZ-
NY, Barbara; Eisfeldweg 1, 86551 Aichach (DE). STIN-
NER, Christoph; Hegelstraße 8a, 81739 München (DE).
TSIOUVARAS, Nikolaos; Georgenstraße 111, 80798
München (DE). WÖHRLE, Thomas; Pfitzner Str. 13,
80807 München (DE). ZEILINGER, Tobias; Hohenzol-
lernstr. 44, 80801 München (DE). ZUGMANN, Sandra;
Simseestraße 1, 81549 München (DE).

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN ELECTROCHEMICAL CELL COMPRISING A LITHIUM ELECTRODE, AND
ELECTROCHEMICAL CELL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ELEKTROCHEMISCHEN ZELLE MIT LITHIUMELEKTRODE
UND ELEKTROCHEMISCHE ZELLE

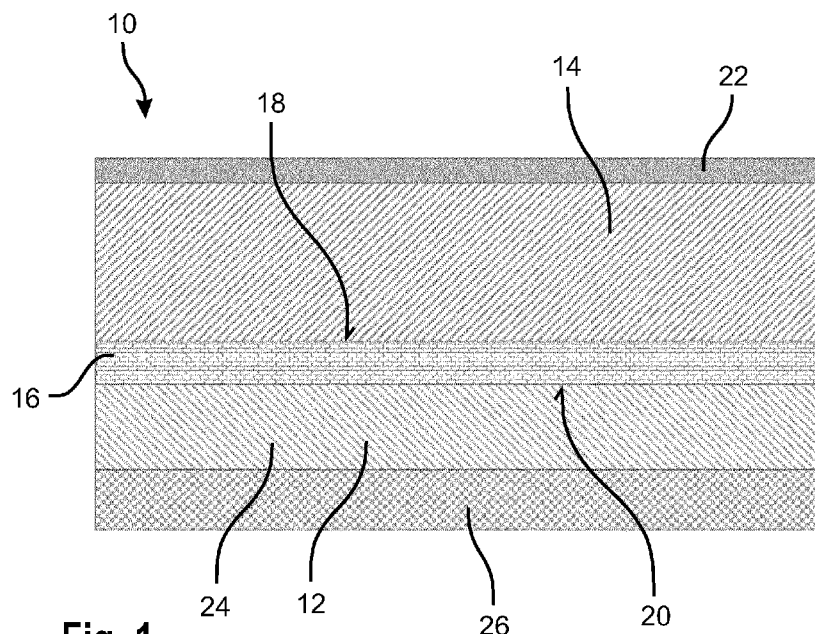


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing an electrochemical cell (10) for a solid-state battery comprising a negative electrode (12), a positive electrode (14) and a lithium-ion-conducting solid electrolyte (16) arranged between the negative electrode and the positive electrode, wherein the negative electrode (12) comprises a layer of metallic lithium (24) which directly adjoins the solid electrolyte (16). In order to produce the electrochemical cell (10), the layer of metallic lithium (24) is heated until it softens before being joined together with the solid electrolyte (16). An electrochemical cell (10) according to the invention comprises the negative electrode (12) comprising a layer of metallic lithium (24) which directly adjoins the solid electrolyte (16), and a layer of a lithium-metal alloy (26) on the layer of metallic lithium.



(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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle (10) für eine Festkörperbatterie mit einer negativen Elektrode (12), einer positiven Elektrode (14) und einem zwischen der negativen Elektrode und der positiven Elektrode angeordneten, Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten (16), wobei die negative Elektrode (12) eine Schicht aus metallischem Lithium (24) umfasst, die direkt an den Festelektrolyten (16) angrenzt. Zur Herstellung der elektrochemischen Zelle (10) wird die Schicht aus metallischem Lithium (24) vor dem Zusammenfügen mit dem Festkörperelektrolyten (16) bis zum Erweichen erwärmt. Eine erfindungsgemäße elektrochemische Zelle (10) umfasst die negative Elektrode (12) mit einer Schicht aus metallischem Lithium (24), die direkt an den Festelektrolyten (16) angrenzt, und einer Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung (26) auf der Schicht aus metallischem Lithium.

Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle mit Lithiumelektrode und elektrochemische Zelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle mit einer metallischen Lithiumelektrode sowie eine nach dem Verfahren
5 hergestellte elektrochemische Zelle, insbesondere zur Verwendung in einer Festkörperbatterie.

Lithiumionenbatterien werden bereits in vielen mobilen Geräten verwendet. Darüber hinaus können diese Batterien auch für Hybrid- und Elektrofahrzeuge sowie zur Speicherung des Stroms aus Wind- oder Solarenergieanlagen
10 eingesetzt werden. Die Batterien können als Primärbatterie zur einmaligen Verwendung bestimmt oder als wieder verwendbare Sekundärbatterie (Akkumulator) konfiguriert sein.

Gewöhnlich bestehen Lithiumionenbatterien aus einer oder mehreren elektrochemischen Zellen mit einer negativen Graphitelektrode (Anode beim
15 Entladevorgang) mit einem Stromableiter aus Kupfer, einer positiven Elektrode (Kathode beim Entladevorgang) aus einer Übergangsmetalloxidschicht mit Stromableiter wie Aluminium und einem Separator aus Polyolefin oder einem anderen Kunststoff, der mit einem flüssigen oder gelförmigen Elektrolyt aus einem organischen Lösungsmittel und einem Lithiumsalz getränkt ist.

20 Die Energiedichte bzw. die spezifische Energie dieser heute verfügbaren Systeme ist aufgrund der elektrochemischen Stabilität des Elektrolyten und der für die Elektroden eingesetzten Aktivmaterialien beschränkt. Derzeit können flüssige Elektrolyte mit einer Zellspannung von bis zu etwa 4,3 – 4,4 V betrieben werden, wodurch das theoretische Potential von Anoden- und
25 Kathodenaktivmaterialien limitiert wird.

Zusätzlich zeigt ein flüssiger Elektrolyt im Störfall ein höheres Risiko durch seine leichte Entzündlichkeit. Im Falle eines thermischen Durchgehens der Zelle kann es zu einer starken Erhitzung der Zelle kommen, wobei sich der Elektrolyt entzünden und weitere schadhafte Reaktionen begünstigen kann.

Zur Erhöhung der Sicherheit von Lithiumionenbatterien und zur Erhöhung der Energiedichte gibt es bereits Forschungsansätze, die den Ersatz des flüssigen Elektrolyten gegen einen festen Elektrolyten vorschlagen, beispielsweise auf der Grundlage von Polymeren wie Polyethylenoxid (PEO) oder Keramiken auf der Basis von Granat-Verbindungen. Gleichzeitig wird die Graphitanode gegen eine metallische Lithiumanode ersetzt.

Eines der größten Probleme bei derartigen Festkörperbatterien (all-solid-state-Zellen) ist der Kontaktwiderstand zwischen den Elektroden und dem festen Elektrolyten.

Die EP 0 039 409 A1 beschreibt eine Festkörperbatterie mit Alkalimetallanode, insbesondere einer Kaliumanode, einem Festkörperelektrolyten aus beta-Aluminiumoxid und einer Graphitschicht als positive Elektrode. Durch die hohe Betriebstemperatur der Festkörperbatterie liegt die Anode in flüssigem Zustand vor. Die Herstellung der Batterie erfolgt durch Zusammenpressen der verschiedenen Schichten und Schmelzen des Alkalimetalls unter Bildung einer Beschichtung.

Aus der EP 2 086 038 B1 ist eine Festkörperbatterie mit einer elektrochemischen Zelle bekannt, bei der als fester Elektrolyt ein Metalloxid mit einer aus Co, Ni, Mn, Nb und Si ausgewählten Komponente und einer Teilchengröße von höchstens 0,3 µm verwendet wird. Als Aktivmaterial für die positive und die negative Elektrode werden Übergangsmetalloxide eingesetzt, die Lithium einlagern und freisetzen können. Zur Herstellung der Batterie können vorverdichtete Lagen aus dem Festelektrolyt, der positiven Elektrode und der negativen Elektrode laminiert und zu einem Block gesintert werden. Anschließend wird eine Lithiumfolie auf die Seite der negativen Elektrode aufgebracht und etwa eine Woche unter Druck bei 50 °C mit dem Aktivmaterial der negativen Elektrode umgesetzt.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines einfachen und kostengünstigen Verfahrens zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle für Lithiumionenbatterien, insbesondere für wieder aufladbare Lithium-Batterien. Außerdem soll eine einfach aufgebaute elektrochemische Zelle bereitgestellt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie durch eine elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 8 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben, die wahlweise miteinander kombiniert werden können.

- 5 Um den Grenzflächenkontakt des auf der Seite der negativen Elektrode (Anode) eingesetzten metallischen Lithiums zum Festelektrolyten zu verbessern, wird vorgeschlagen die Oberfläche der Lithiumfolie zu erhitzen und leicht anzuschmelzen oder zu erweichen. Anschließend wird die Folie unter leichtem Anpressdruck in Kontakt mit dem Festelektrolyten gebracht.
- 10 Nach dem Erstarren der angeschmolzenen Lithiumfolie bildet sich ein verbesserter Grenzflächenkontakt zwischen der metallischen Lithiumfolie und dem Festelektrolyten aus. Bei Materialien, die im Kontakt mit Lithium durch chemische Reaktion zur Bildung einer Passivierungsschicht (Solid Electrolyte Interface oder SEI-Schicht) neigen, kann diese Schicht bereits bei der
- 15 Herstellung der elektrochemischen Zelle erzeugt werden. Damit kann der Schritt des gezielten Aufbaus der SEI-Schicht durch erstmaliges Laden der Lithiumbatterie entfallen.

- Erfindungsgemäß wird somit ein Verfahren zur Herstellung wenigstens einer elektrochemischen Zelle einer Festkörperbatterie bereitgestellt, die eine negative
- 20 Elektrode mit einer Schicht aus metallischem Lithium, eine positive Elektrode und einen zwischen der negativen Elektrode und der positiven Elektrode angeordneten, Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Bereitstellen der negativen Elektrode;
- 25 Bereitstellen der positiven Elektrode;

Bereitstellen eines Substrats aus dem Festkörperelektrolyten mit einer ersten Oberfläche und einer zweiten Oberfläche, die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist;

- Zusammenfügen des Substrats mit der positiven Elektrode auf der ersten
- 30 Oberfläche und der negativen Elektrode auf der zweiten Oberfläche, so dass der Festkörperelektrolyt zwischen der negativen Elektrode und der positiven

Elektrode liegt und die Schicht aus metallischem Lithium der zweiten Oberfläche gegenüberliegt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus metallischem Lithium vor dem Zusammenfügen mit dem Substrat auf wenigstens einer der zweiten Oberfläche
5 des Substrats gegenüberliegenden Fläche bis zum Erweichen erwärmt wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann das Erwärmen der Schicht aus metallischem Lithium durch Induktionsheizen, Erwärmen mit einer Heizvorrichtung wie beispielsweise in einem Ofen, durch Überleitung von heißen Gasen wie beispielsweise Argon oder durch beheizte Walzen, beispielsweise
10 während eines Walzvorgangs, erfolgen.

Bevorzugt wird die Schicht aus metallischem Lithium auf eine Temperatur von mindestens etwa 60 °C erwärmt, bevorzugt etwa 120 °C, weiter bevorzugt mindestens 140 °C oder mindestens 160 °C, und besonders bevorzugt bis zum Schmelzpunkt der Lithiumfolie bei etwa 180 °C. Es ist allerdings nicht
15 erforderlich, die Lithiumfolie über die gesamte Dicke aufzuschmelzen oder zu erweichen. Ausreichend ist, wenn eine Grenzschicht aufgeschmolzen oder soweit erweicht wird, dass eine ausreichende Benetzung des Festkörperelektrolyten mit Lithiummetall erfolgt.

Das Erwärmen der Schicht aus metallischem Lithium vor dem
20 Zusammenfügen mit dem Festkörperelektrolyten führt zu einem verbesserten Kontakt zwischen dem Lithiummetall und dem Festkörperelektrolyten und somit zu einem niedrigeren Grenzflächenwiderstand. Durch den verbesserten Grenzflächenwiderstand kann eine höhere mittlere Spannung angelegt und die nutzbare Leistung der Batterie erhöht werden. Außerdem werden die Materialien
25 an der Grenzfläche wesentlich geringer belastet, so dass Herstellungsfehler aufgrund von mechanischen Einflüssen vermieden werden können. Das erfindungsgemäße Verfahren bedingt durch die bessere und bleibende Haftung auch eine verbesserte Lebensdauer für diese Zelle.

Als Festkörperelektrolyt für die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
30 hergestellte elektrochemische Zelle können die im Stand der Technik bekannten Materialien verwendet werden. Der Festelektrolyt weist insbesondere eine gute Leitfähigkeit für Lithiumionen bei Raumtemperatur auf, jedoch eine schlechte

Elektronenleitfähigkeit. Bevorzugt liegt die Elektronenleitfähigkeit des Festelektrolyten bei unter 1×10^{-8} S/cm. Beispiele für geeignete Festkörperelektrolyte sind insbesondere Lithiumphosphatnitrid (LIPON), Lithiumhalogenide, Lithiumnitride, Lithium-Schwefel- und Lithium-Phosphor-
5 Verbindungen sowie gemischte Verbindungen und Derivate davon. Weiter geeignet sind oxidische Verbindungen die aus Lithium, Sauerstoff und wenigstens einem weiteren Element, bevorzugt, jedoch nicht limitiert auf, Ti, Si, Al, Ta, Ga, Zr, La, N, F, Cl und S zusammengesetzt sind. Darüber hinaus sind Festelektrolyte auf der Grundlage von Lithiumsulfid sowie Gläsern aus
10 Lithiumsulfid und/oder Borsulfid beschrieben, die mit weiteren Elementen wie Phosphor, Silizium, Aluminium, Germanium, Gallium, Zinn oder Indium dotiert sein können, wie beispielsweise $\text{Li}_{10}\text{SnP}_2\text{S}_{12}$). Daneben können Festelektrolyte auf Polymerbasis wie Polyethylenoxid und Polyvinylidenfluorid verwendet werden, welche Lithiumsalze enthalten. Ebenso können hybride Festelektrolyte
15 verwendet werden, die aus zwei oder mehr der oben genannten Materialien bestehen.

Als aktives Material für die positive Elektrode eignen sich ebenfalls alle im Stand der Technik beschriebenen Materialien, insbesondere Übergangmetallverbindungen, die Lithiumionen einlagern und freisetzen können.
20 Beispiele für geeignete Aktivmaterialien zur Verwendung als positive Elektrode sind Lithiumkobaltdioxid, Lithiummangandioxid, gemischte Oxide von Lithium, Nickel, Mangan und/oder Kobalt wie $\text{LiNi}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{O}_2$, $\text{Li}_{1+z}\text{Ni}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ und $\text{LiNi}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_2$. Weiter beschrieben sind NMC-Derivate wie $\text{LiNi}_{0,85}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,05}\text{O}_2$, und Spinelle wie LiMn_2O_4 sowie Olivine wie beispielsweise Lithiumeisenphosphat
25 LiFePO_4 oder $\text{LiM}_x\text{N}_y\text{PO}_{4-z}\text{Z}_v$, worin M und N = Fe, Mn, Ni und Co bedeuten und Z = F und OH bedeuten. Zusätzlich zu den oxidischen Aktivmaterialien können auch sogenannte Konversionsmaterialien bevorzugt aus der Klasse der Fluoride und Sulfide, beispielsweise FeF_3 , eingesetzt werden.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die
30 elektrochemische Zelle eine negative Elektrode mit einer Schicht aus metallischem Lithium, die direkt an den Festelektrolyten angrenzt, und einer Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung auf der Schicht aus metallischem Lithium. Das Metall der Lithium-Metall-Legierung ist vorzugsweise aus der aus

Indium, Aluminium, Silizium, Magnesium, Germanium und Gallium sowie Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt.

Bevorzugt besteht die Lithium-Metall-Legierung aus dem Metall in einem Anteil von 0,00001 bis 30 Gewichts-%, und zum Rest Lithium sowie
5 unvermeidbaren Verunreinigungen. Besonders bevorzugt ist das Metall in einem Anteil von 0,0001 bis 10 Gewichts-% und am meisten bevorzugt von 0,001 bis 2 Gewichts-% in der Lithium-Metall-Legierung enthalten.

Die Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung kann vorzugsweise als Stromableiter der negativen Elektrode verwendet werden. Dann ist kein weiteres
10 Metall auf der Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung angeordnet. Die Schicht aus metallischem Lithium dient bei dieser Ausführungsform als Lithiumquelle und gleichzeitig als Haftvermittler zwischen dem Festelektrolyten und der als Stromableiter der negativen Elektrode eingesetzten Lithium-Metall-Legierung.

In einer weiteren Ausführungsform kann auf der Lithium-Metall-Legierung ein
15 herkömmlicher Stromableiter, beispielsweise aus Kupfer oder Nickel, vorgesehen sein. Die Lithium-Metall-Legierung dient dann als aktives Elektrodenmaterial für die negative Elektrode.

Die negative Elektrode liegt bevorzugt in einer Schichtdicke von 0,001 mm bis 1 mm vor. Lithiumfolien in diesen Schichtdicken sind kommerziell verfügbar oder
20 können durch Vakuum-Prozesse erzeugt werden. Bevorzugt wird hochreines Lithium mit einem Reinheitsgrad von > 98% verwendet, besonders bevorzugt mit einem Reinheitsgrad in einem Bereich von 99,8 - 99,9 %. Wenn metallisches Lithium zusammen mit einer Lithium-Metall-Legierung als negative Elektrode eingesetzt wird, kann die Schichtdicke des metallischen Lithiums in einem
25 Bereich von 0,00001 mm bis 0,9 mm liegen. Alternativ ist denkbar, die Schicht aus metallischem Lithium als Dünnschicht in einer Schichtdicke von 10 nm bis 1 µm auf die Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung aufzubringen. Die Schichtdicke der Lithium-Metall-Legierung liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,0009 bis 1 mm.

30 Zur Herstellung der elektrochemischen Zelle mit einer metallisches Lithium enthaltenden negativen Elektrode wird aus dem metallischen Lithium und der Lithium-Metall-Legierung ein Schichtstapel gebildet, der zusammen erwärmt wird,

beispielsweise unter Verwendung einer Induktionsheizung, mittels heißer Gase wie Argon oder durch beheizte Walzen, wobei die Wärmequelle bevorzugt auf der Seite des Schichtstapels angeordnet wird, auf der sich das metallische Lithium befindet. Das metallische Lithium wird dadurch lokal aufgeschmolzen, und die negative Elektrode wird in diesem Zustand auf den Festelektrolyten oder einen vorgefertigten Stapel aus dem Festelektrolyten und der positiven Elektrode und wahlweise einen Stromableiter für die positive Elektrode gepresst oder laminiert. Das bevorzugt hochreine Lithium ist durch das Erwärmen weich und schmiegt sich an den spröden und rauen Festelektrolyten an, so dass der Kontakt und die Haftung zum Festelektrolyten verbessert und der Grenzflächenwiderstand verringert wird. Das metallische Lithium dient somit gleichzeitig als Anode und als Haftvermittler, um der elektrochemischen Zelle eine höhere Lebensdauer und Hochstrombelastbarkeit zu verleihen.

Darüber hinaus kann durch Verwendung einer Lithium-Metall-Legierung als Stromableiter eine bessere Kompatibilität zwischen der aus metallischem Lithium gebildeten negativen Elektrode und dem Stromableiter erreicht werden. Die als Stromableiter verwendete Lithium-Metall-Legierung ist aufgrund der besseren mechanischen Eigenschaften wie einer höheren mechanischen Festigkeit besser handhabbar bzw. verarbeitbar. Bereits kleine Anteile an anderen Metallen können zudem die Handhabung während der Produktion verbessern. Beispielsweise ist die Stanzbarkeit der Lithium-Metall-Legierung gegenüber einer Lithiumfolie verbessert, da weniger Schnittgrate erzeugt werden. Bei der weiteren Verarbeitung der Lithium-Metall-Legierung treten weniger Verschmierungen oder mechanische Defekte auf. Vorteilhaft kann der aus der Lithium-Metall-Legierung gebildete Stromableiter als zusätzliche Lithiumquelle für die elektrochemische Zelle dienen, da das in der Legierung enthaltene Lithium auch in den Festelektrolyten einwandern kann. Daraus ergibt sich auch eine Steigerung der spezifischen Energie.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit der Zeichnung, die jedoch nicht in einem einschränkenden Sinn verstanden werden soll. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle.

Die in Fig. 1 gezeigte elektrochemische Zelle 10 einer Festkörperbatterie umfasst eine negative Elektrode 12, eine positive Elektrode 14 und einen
5 zwischen der negativen Elektrode 12 und der positiven Elektrode 14 angeordneten, Lithiumionen leitenden Festelektrolyten 16. Die negative Elektrode 12 und die positive Elektrode 14 sind auf entgegengesetzten Oberflächen 18, 20 des Festkörperelektrolyten 16 angeordnet.

Der Festelektrolyt 16 ist bevorzugt aus oxidischen oder sulfidischen
10 Lithiumionenleitern gebildet. Als aktives Material für die positive Elektrode 14 werden bevorzugt Übergangsmetalloxide wie $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2$ oder Konversionsmaterialien wie FeF_3 verwendet. Der auf der positiven Elektrode 14 vorgesehene Stromableiter 20 ist bevorzugt aus Aluminium gebildet.

Die negative Elektrode 12 umfasst eine Schicht aus metallischem Lithium 24,
15 die direkt an den Festelektrolyten 16 angrenzt. Vorzugsweise wird hochreines metallisches Lithium mit einem Reinheitsgrad in einem Bereich von 99,8 - 99,9 % verwendet. Auf der Schicht aus metallischem Lithium 24 ist eine Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung 26 angeordnet. Die gesamte Schichtdicke der negativen Elektrode aus der Lithiumschicht 24 und der Schicht aus der Lithium-
20 Metall-Legierung 26 beträgt vorzugsweise von 0,001 mm bis 1 mm.

Das Metall der Lithium-Metall-Legierung kann aus der aus Indium, Aluminium, Silizium, Germanium und Gallium sowie Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt sein und in einem Anteil von 0,00001 bis 30 Gewichts-% vorliegen.

Bei der hier gezeigten Ausführungsform dient die Schicht aus der Lithium-
25 Metall-Legierung 26 gleichzeitig als Stromableiter für die negative Elektrode 12 und als Lithiumquelle.

Zur Herstellung der elektrochemischen Zelle 10 mit einer metallisches Lithium enthaltenden negativen Elektrode 12 wird eine Folie aus hochreinem Lithium
30 bereitgestellt. Die Lithiumfolie wird auf einer Seite erwärmt, beispielsweise unter Verwendung einer Induktionsheizung, durch beheizte Walzen oder unter

Verwendung von Heißluft. Das metallische Lithium wird dadurch erweicht oder lokal über einen Teil der Foliendicke aufgeschmolzen.

Im nächsten Schritt wird die erwärmte Lithiumfolie auf den Festelektrolyten 16 oder einen vorgefertigten Stapel aus dem Festelektrolyten 16 und der positiven
5 Elektrode 14 und wahlweise einem Stromableiter 22 für die positive Elektrode 14 gepresst, wobei der erwärmte oder aufgeschmolzene Teil der Lithiumfolie dem Festelektrolyten 16 gegenüberliegt. Dadurch werden die Lithiumfolie und der Festkörperelektrolyt 16 fest miteinander verbunden. Das hochreine Lithium ist durch das Erwärmen weich und schmiegt sich an den spröden und rauen
10 Festelektrolyten an, so dass der Kontakt zum Festelektrolyten verbessert und der Grenzflächenwiderstand verringert wird.

Anstelle der Lithiumfolie kann auch ein Schichtstapel mit einer Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung 26 und einer Schicht aus hochreinem Lithium 24 verwendet werden. Die Wärmequelle wird dann auf der Seite des Schichtstapels
15 angeordnet, auf der sich das metallische Lithium 24 befindet. Man erhält so eine elektrochemische Zelle wie in Fig. 1 gezeigt, bei der die Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung 26 gleichzeitig als Stromableiter dienen kann. Wahlweise kann auf der Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung ein herkömmlicher Stromableiter, beispielsweise aus Kupfer oder Nickel, aufgebracht sein (nicht
20 gezeigt).

Mehrere der so hergestellten elektrochemischen Zellen werden in herkömmlicher Weise zu Blöcken gebündelt, elektrisch miteinander verbunden und in einem Gehäuse unter Bildung einer Festkörperbatterie verkapselt. Die Festkörperbatterie kann als primäre oder sekundäre (wiederaufladbare) Batterie
25 verwendet werden. Besonders bevorzugt ist die Verwendung in Kraftfahrzeugen mit Hybrid- oder Elektroantrieb oder als stationärer Energiespeicher.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle (10) für eine Festkörperbatterie, die eine negative Elektrode (12) mit wenigstens einer Schicht aus metallischem Lithium (24), eine positive Elektrode (14) und einen zwischen
5 der negativen Elektrode (12) und der positiven Elektrode (14) angeordneten, Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten (16) umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

Bereitstellen der negativen Elektrode (12);

10 Bereitstellen der positiven Elektrode (14);

Bereitstellen eines Substrats aus dem Festkörperelektrolyten (16) mit einer ersten Oberfläche (18) und einer zweiten Oberfläche (20), die der ersten Oberfläche entgegengesetzt ist;

Zusammenfügen des Substrats mit der positiven Elektrode (14) auf der ersten
15 Oberfläche (18) und der negativen Elektrode (12) auf der zweiten Oberfläche (20), so dass der Festkörperelektrolyt (16) zwischen der negativen Elektrode (12) und der positiven Elektrode (14) liegt und die Schicht aus metallischem Lithium der zweiten Oberfläche (20) gegenüberliegt,

dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus metallischem Lithium (24) vor
20 dem Zusammenfügen mit dem Substrat auf wenigstens einer der zweiten Oberfläche (20) des Substrats gegenüberliegenden Fläche bis zum Erweichen erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erwärmen der Schicht aus metallischem Lithium (24) durch Induktionsheizen,
25 Erwärmen mit einer Heizvorrichtung, durch Heißgas oder durch beheizte Walzen erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus metallischem Lithium (24) auf eine Temperatur von mindestens 60 °C, bevorzugt mindestens 120 °C und besonders bevorzugt bis zum
30 Schmelzen wenigstens eines Teils des metallischen Lithiums erwärmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus metallischem Lithium (24) nur über einen Teil der Schichtdicke aufgeschmolzen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die negative Elektrode (12) eine Schichtdicke von 0,001 mm bis 1 mm aufweist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die negative Elektrode (12) aus einem Schichtstapel mit der Schicht aus metallischem Lithium (24) und einer Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung (26) gebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus dem metallischen Lithium (24) in dem Schichtstapel eine Dicke von einer Dicke von 0,00001 bis 0,9 mm aufweist, insbesondere von 10 nm bis 1 µm.

8. Elektrochemische Zelle (10) für eine Festkörperbatterie mit einer negativen Elektrode (12), einer positiven Elektrode (14) und einem zwischen der negativen Elektrode und der positiven Elektrode angeordneten, Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten (16), wobei die negative Elektrode (12) eine Schicht aus metallischem Lithium (24) umfasst, die direkt an den Festelektrolyten (16) angrenzt, und eine Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung (26) auf der Schicht aus metallischem Lithium.

9. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Metall der Lithium-Metall-Legierung aus der aus Indium, Aluminium, Silizium, Magnesium, Germanium und Gallium sowie Kombinationen davon bestehenden Gruppe ausgewählt ist.

10. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Lithium-Metall-Legierung aus dem Metall in einem Anteil von 0,00001 bis 30 Gewichts-% und zum Rest Lithium sowie unvermeidbaren Verunreinigungen besteht.

11. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lithium-Metall-Legierung das Metall in einem Anteil

von 0,0001 bis 10 Gewichts-% enthält, bevorzugt in einem Anteil von 0,001 bis 2 Gewichts-%.

12. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung keine
5 weitere Metallschicht aufgebracht ist.

13. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Schicht aus der Lithium-Metall-Legierung eine weitere Metallschicht als Stromableiter aufgebracht ist.

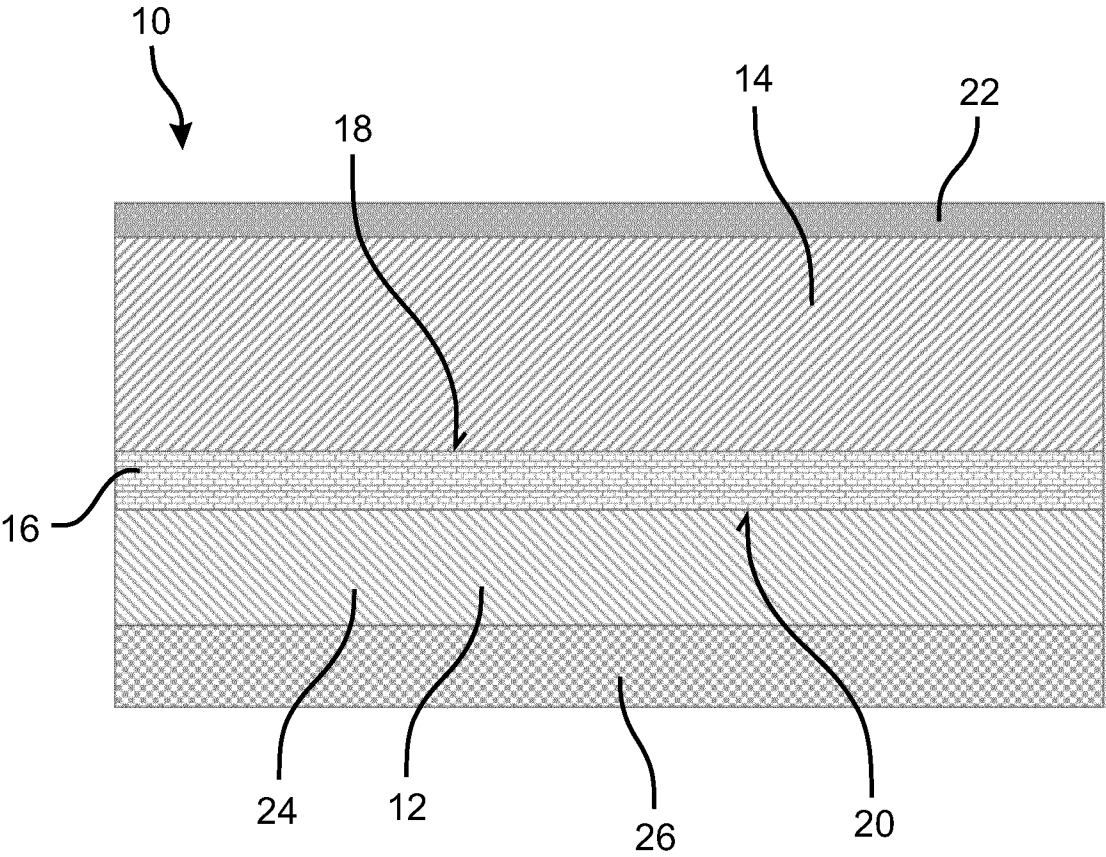


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/059700

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01M4/04 H01M4/134 H01M4/1395 H01M10/052 H01M10/0562
H01M4/36 H01M4/38 H01M4/40

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	JP H03 37970 A (YUASA BATTERY CO LTD) 19 February 1991 (1991-02-19)	1-5,7
A	page 2, line 3 - line 8 page 2, line 12 - line 16 page 2, line 29 - line 32; claims 1,2,4; figure 2	6
A	----- US 2003/003364 A1 (MORI MITSUHIRO [JP] ET AL) 2 January 2003 (2003-01-02) paragraphs [0044] - [0056], [0061], [0064], [0069] - [0078], [0080]; figure 1	1-7
X,P	----- WO 2017/006591 A1 (NGK INSULATORS LTD [JP]) 12 January 2017 (2017-01-12) paragraphs [0015], [0017] - [0020], [0027], [0033], [0035]; figure 1 ----- -/--	1,3



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

30 June 2017

Date of mailing of the international search report

21/09/2017

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

Mugnaini, Veronica

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2017/059700

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-7

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-7

Method for producing an electrochemical cell which is suitable for a solid-state battery, comprising a positive electrode, a negative electrode with at least one layer of metallic lithium, and a lithium-ion-conducting solid electrolyte, the method comprising the following steps:

providing the negative electrode;

providing the positive electrode;

providing a substrate from the solid electrolyte;

joining the substrate with the positive and the negative electrode, characterized in that the layer of metallic lithium is heated until it softens before being joined together with the substrate.

2. Claims 8-13

Method for producing an electrochemical cell which is suitable for a solid-state battery, comprising a positive electrode, a negative electrode with at least one layer of metallic lithium, and a lithium-ion-conducting solid electrolyte, the negative electrode comprising the following elements:

a layer of metallic lithium which directly adjoins the solid electrolyte;

and a layer of a lithium-metal alloy on the layer of metallic lithium.

The electrochemical cell according to claim 8 is not necessarily produced according to the method as per claim 1, but can be produced according to any method.

-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/059700

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012 160324 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 23 August 2012 (2012-08-23) paragraphs [0008], [0009], [0026], [0036] - [0039] -----	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/059700

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP H0337970 A	19-02-1991	JP 2546378 B2 JP H0337970 A	23-10-1996 19-02-1991
US 2003003364 A1	02-01-2003	CN 1392624 A JP 2002373707 A KR 20020095448 A US 2003003364 A1	22-01-2003 26-12-2002 26-12-2002 02-01-2003
WO 2017006591 A1	12-01-2017	TW 201703318 A WO 2017006591 A1	16-01-2017 12-01-2017
JP 2012160324 A	23-08-2012	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01M4/04 H01M4/36	H01M4/134 H01M4/38
	H01M4/1395 H01M4/40	H01M10/052 H01M10/0562
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	JP H03 37970 A (YUASA BATTERY CO LTD) 19. Februar 1991 (1991-02-19)	1-5,7
A	Seite 2, Zeile 3 - Zeile 8 Seite 2, Zeile 12 - Zeile 16 Seite 2, Zeile 29 - Zeile 32; Ansprüche 1,2,4; Abbildung 2	6
A	----- US 2003/003364 A1 (MORI MITSUHIRO [JP] ET AL) 2. Januar 2003 (2003-01-02) Absätze [0044] - [0056], [0061], [0064], [0069] - [0078], [0080]; Abbildung 1	1-7
X,P	----- WO 2017/006591 A1 (NGK INSULATORS LTD [JP]) 12. Januar 2017 (2017-01-12) Absätze [0015], [0017] - [0020], [0027], [0033], [0035]; Abbildung 1	1,3
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 30. Juni 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/09/2017
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 Mugnaini, Veronica

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2012 160324 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 23. August 2012 (2012-08-23) Absätze [0008], [0009], [0026], [0036] - [0039] -----	1-7

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-7

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-7

Verfahren zur Herstellung einer elektrochemischen Zelle geeignet für eine Festkörperbatterie, die eine positive Elektrode, eine negative Elektrode mit wenigstens einer Schicht aus metallischem Lithium, und einen Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
Bereitstellen der negativen Elektrode;
Bereitstellen der positiven Elektrode;
Bereitstellen eines Substrats aus dem Festkörperelektrolyten;
Zusammenfügen des Substrats mit der positiven und negativen Elektrode, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht aus metallischem Lithium vor dem Zusammenfügen mit dem Substrat bis zum Erweichen erwärmt wird.

2. Ansprüche: 8-13

Elektrochemische Zelle geeignet für eine Festkörperbatterie, die eine positive Elektrode, eine negative Elektrode und einen Lithiumionen leitenden Festkörperelektrolyten umfasst, wobei die negative Elektrode folgende Elemente umfasst:
eine Schicht aus metallischem Lithium, die direkt an den Festelektrolyten angrenzt;
und eine Schicht aus einer Lithium-Metall-Legierung, die auf der Schicht aus metallischem Lithium ist.
Die Elektrochemische Zelle gemäß Anspruch 8 ist nicht zwingend nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 hergestellt, sondern kann nach jedem beliebigen Verfahren hergestellt worden sein.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/059700

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP H0337970	A	19-02-1991	JP	2546378 B2	23-10-1996
			JP	H0337970 A	19-02-1991

US 2003003364	A1	02-01-2003	CN	1392624 A	22-01-2003
			JP	2002373707 A	26-12-2002
			KR	20020095448 A	26-12-2002
			US	2003003364 A1	02-01-2003

WO 2017006591	A1	12-01-2017	TW	201703318 A	16-01-2017
			WO	2017006591 A1	12-01-2017

JP 2012160324	A	23-08-2012	KEINE		
