

(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
18. April 2019 (18.04.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/072811 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/08 (2014.01) H01M 4/70 (2006.01)
H01M 4/04 (2006.01) B23K 26/082 (2014.01)
H01M 4/66 (2006.01) B23K 26/352 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/077415

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Oktober 2018 (09.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 218 130.3
11. Oktober 2017 (11.10.2017) DE

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

(72) Erfinder: **KRETSCHMAR, Thomas**; Gruendlerstr. 10,
96199 Zapfendorf (DE). **THOMANN, David**; Langermoos
6, 96194 Erlau (DE). **SCHERNER, Martin**; Lacher Weg
1, 96132 Schluesselfeld (DE). **PROELL, Johannes**; Klos-
ter-Banz-Str. 4b, 96052 Bamberg (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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A CURRENT COLLECTOR, ELECTRODE AND BATTERY CELL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES STROMABLEITERS, ELEKTRODE UND BATTERIEZELLE

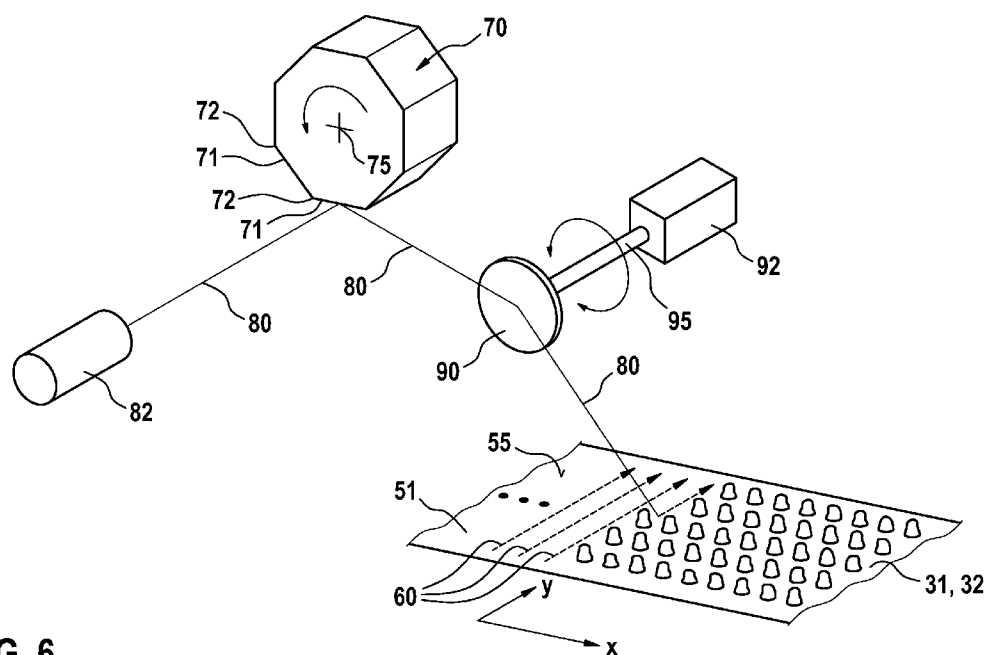


FIG. 6

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a current collector (31, 32) for an electrode of a battery cell, comprising the following steps: providing a strip-shaped collector film (51), moving the collector film (51) in a longitudinal direction (x), guiding a laser beam (80) in a plurality of lanes (60) over a top side (55) of the collector film (51) in a crosswise direction (y), while the collector film (51) is moved in the longitudinal direction (x), wherein the laser beam (80) emerges from a laser source (82) and, before reaching the top side (55) of the collector film (51), is deflected by a rotating polygon wheel (70). The invention further relates to an electrode for a battery cell, which comprises at least one current collector (31, 32), which is produced according to the method according to the invention, and to a battery cell, which comprises at least one electrode according to the invention.

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 eines Stromableiters (31, 32) für eine Elektrode einer Batteriezelle, umfassend folgende Schritte: Bereitstellen einer bandförmigen Kollektorfolie (51), Bewegen der Kollektorfolie (51) in eine Längsrichtung (x), Führen eines Laserstrahls (80) in mehreren Bahnen (60) über eine Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) in eine Querrichtung (y), während die Kollektorfolie (51) in die Längsrichtung (x) bewegt wird, wobei der Laserstrahl (80) aus einer Laserquelle (82) austritt und vor Erreichen der Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) von einem rotierenden Polygonrad (70) umgelenkt wird. Die Erfindung betrifft auch eine Elektrode für eine Batteriezelle, welche mindestens einen Stromableiter (31, 32) umfasst, der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist, sowie eine Batteriezelle, die mindestens eine erfindungsgemäße Elektrode umfasst.

Beschreibung

Titel

5 Verfahren zur Herstellung eines Stromableiters, Elektrode und Batteriezelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Stromableiters für eine Elektrode einer Batteriezelle durch Bereitstellen einer bandförmigen Kollektorfolie, Bewegen der Kollektorfolie in eine Längsrichtung und Führen eines
10 Laserstrahls in mehreren Bahnen über eine Oberseite der besagten Kollektorfolie. Die Erfindung betrifft auch eine Elektrode für eine Batteriezelle und eine Batteriezelle.

Stand der Technik

15 Elektrische Energie ist mittels Batterien speicherbar. Batterien wandeln chemische Reaktionsenergie in elektrische Energie um. Hierbei werden Primärbatterien und Sekundärbatterien unterschieden. Primärbatterien sind nur einmal funktionsfähig, während Sekundärbatterien, die auch als Akkumulator
20 bezeichnet werden, wieder aufladbar sind. In einem Akkumulator finden insbesondere sogenannte Lithium-Ionen-Batteriezellen Verwendung. Diese zeichnen sich unter anderem durch hohe Energiedichten, thermische Stabilität und eine äußerst geringe Selbstentladung aus.

25 Lithium-Ionen-Batteriezellen weisen eine positive Elektrode, die auch als Kathode bezeichnet wird, und eine negative Elektrode, die auch als Anode bezeichnet wird, auf. Die Kathode sowie die Anode umfassen je einen in der Regel metallischen Stromableiter, auf den ein Aktivmaterial aufgebracht ist. Die Elektroden der Batteriezelle sind folienartig ausgebildet und unter Zwischenlage
30 eines Separators, welcher die Anode von der Kathode trennt, beispielsweise zu einem Elektrodenwickel gewunden. Die Elektroden können auch zu einem Elektrodenstapel gestapelt sein oder auf eine andere Art eine Elektrodeneinheit bilden.

Die beiden Elektroden der Elektrodeneinheit sind elektrisch mit Polen der Batteriezelle verbunden, welche auch als Terminals bezeichnet werden. Die Elektroden und der Separator sind von einem in der Regel flüssigen Elektrolyt umgeben. Die Batteriezelle weist ferner ein Zellengehäuse auf, welches
5 beispielsweise aus Aluminium gefertigt ist. Das Zellengehäuse ist in der Regel prismatisch, insbesondere quaderförmig, ausgestaltet und druckfest ausgebildet. Aber auch andere Gehäuseformen, beispielsweise kreiszylindrisch, oder auch flexible Pouchzellen, sind bekannt.

10 Zum Aufbringen des Aktivmaterials auf den Stromableiter ist es vorteilhaft, wenn eine Oberfläche des Stromableiters strukturiert oder aufgeraut ist. Eine solche Strukturierung kann beispielsweise mittels eines Laserstrahls, der über die Oberfläche geführt wird, erzeugt werden.

15 Aus dem Artikel "Direct laser interference patterning and ultrafast laser-induced micro/nano structuring of current collectors for lithium-ion batteries" (Proc. of SPIE Vol. 9736 97361B-1) ist ein Verfahren zur Strukturierung von Metallfolien, insbesondere zum Einsatz als Stromableiter in Elektroden von Lithium-Ionen Batterien, bekannt.

20 Aus dem Artikel "Laserstrukturierung in der Batterieproduktion" (iwb newsletter 3, 8/2015) ist ebenfalls ein Verfahren zur Laserstrukturierung von Elektrodenfolien von Lithium-Ionen-Batterien bekannt. Dabei werden durch kurze Laserpulse mikroskopisch kleine Vertiefungen in Substratfolien eingebracht.

25 Aus dem Dokument WO 2016/033379 A1 ist eine Dünnschichtbatterie bekannt, welche einen Stromableiter mit einer strukturierten Oberfläche aufweist. Die Strukturierung auf der Oberfläche des Stromableiters wird durch Materialabtrag mittels eines Laserstrahls erzeugt.

30 Das Dokument US 2010/0112452 A1 offenbart einen Stromableiter für eine Batterie, welcher eine Metallfolie aufweist. Eine Oberfläche der Metallfolie weist Vorsprünge und Vertiefungen auf. Die Vorsprünge und Vertiefungen werden mittels eines Laserstrahls erzeugt.

Offenbarung der Erfindung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Stromableiters für eine Elektrode einer Batteriezelle vorgeschlagen. Bei der Elektrode kann es sich dabei um eine Anode oder um eine Kathode handeln. Das Verfahren umfasst dabei mindestens die nachfolgend aufgeführten Schritte.

Zunächst wird eine bandförmige Kollektorfolie bereitgestellt. Beispielsweise ist die Kollektorfolie auf einer Rolle aufgewickelt und weist insbesondere verhältnismäßig glatte Oberflächen auf. Wenn der Stromableiter für eine Anode vorgesehen ist, so ist die Kollektorfolie beispielsweise aus Kupfer. Wenn der Stromableiter für eine Kathode vorgesehen ist, so ist die Kollektorfolie beispielsweise aus Aluminium.

Die Kollektorfolie wird dann in eine Längsrichtung bewegt. Beispielsweise wird die Kollektorfolie von der Rolle abgewickelt.

Ein Laserstrahl wird in mehreren Bahnen über eine Oberseite der Kollektorfolie in eine Querrichtung geführt, während die Kollektorfolie in die Längsrichtung bewegt wird. Bei dem Laserstrahl kann es sich beispielsweise um einen Nanosekundenlaser oder um einen Continuous-Wave-Laser handeln. Auch weitere Arten von Laserstrahlen sind denkbar.

Der Laserstrahl tritt dabei aus einer Laserquelle aus und wird vor Erreichen der Oberseite der Kollektorfolie von einem rotierenden Polygonrad eines Polygonscanners umgelenkt. Mittels des rotierenden Polygonrades wird der Laserstrahl immer in die gleiche Richtung insbesondere in parallelen Bahnen über die Oberseite der Kollektorfolie geführt.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung rotiert das Polygonrad derart, dass der von einer Seitenfläche des Polygonrades umgelenkte Laserstrahl in genau einer Bahn über die Oberseite der Kollektorfolie geführt wird. Der von der folgenden Seitenfläche des Polygonrades umgelenkte Laserstrahl wird dann in der nächsten Bahn über die Oberseite der Kollektorfolie geführt.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird der von dem Polygonrad umgelenkte Laserstrahl vor Erreichen der Oberseite der Kollektorfolie von einer beweglichen Spiegeleinheit umgelenkt. Durch die Bewegung der Spiegeleinheit kann eine Ausrichtung des Laserstrahls weiter präzisiert werden. Insbesondere kann die Bewegung der Kollektorfolie in Längsrichtung durch eine entsprechende Bewegung der Spiegeleinheit kompensiert werden. Vorzugsweise lenkt das Polygonrad den Laserstrahl in eine als "fast axis" bezeichnete Richtung ab, und die Spiegeleinheit lenkt den Laserstrahl in eine als "slow axis" bezeichnete Richtung ab.

Bevorzugt wird die Spiegeleinheit dabei von einem Galvanometerantrieb bewegt. Galvanometerantriebe sind beispielsweise aus Wikipedia bekannt und dienen zum verhältnismäßig schnellen Antrieb von Spiegeln.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird der Laserstrahl derart über die Oberseite der Kollektorfolie geführt, dass nahe der Oberseite befindliches Material der Kollektorfolie aufgeschmolzen wird. Dabei wird nur Material bis zu einer bestimmten Eindringtiefe aufgeschmolzen. Insbesondere wird Material der Kollektorfolie, welches sich nahe der Unterseite, welche der Oberseite gegenüber liegt, befindet, nicht aufgeschmolzen, sondern bleibt in festem Zustand. Das Material der Kollektorfolie nahe der Oberseite wird dabei nur kurzzeitig flüssig und erstarrt kurz darauf wieder.

Insbesondere wird der Laserstrahl dabei derart über die Oberseite der Kollektorfolie geführt, dass aufgeschmolzenes Material der Kollektorfolie Tröpfchen bildet. Die besagten Tröpfchen bilden sich dabei infolge von unterschiedlichen Oberflächenspannungen des flüssigen Materials der Kollektorfolie. Besagter Effekt ist auch als Marangoni-Konvektion bekannt. Die Form der Tröpfchen bleibt dabei zumindest annähernd erhalten, wenn das Material der Kollektorfolie wieder erstarrt. Die erstarrten Tröpfchen bilden nunmehr konvexe Erhebungen, welche sich in eine Vertikalrichtung von der Kollektorfolie erstrecken. Die Vertikalrichtung verläuft rechtwinklig zu der Querrichtung und rechtwinklig zu der Längsrichtung.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verläuft die Querrichtung, in welche der Laserstrahl in mehreren Bahnen über die Oberseite der Kollektorfolie bewegt wird, rechtwinklig zu der Längsrichtung, in welche die Kollektorfolie bewegt wird.

5

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verläuft die Querrichtung, in welche der Laserstrahl in mehreren Bahnen über die Oberseite der Kollektorfolie bewegt wird, geneigt zu der Längsrichtung, in welche die Kollektorfolie bewegt wird. Das bedeutet, dass die besagte Querrichtung und die besagte Längsrichtung einen Winkel zwischen 0° und 90° zueinander einschließen.

10

Es wird auch eine Elektrode für einen Batteriezelle vorgeschlagen, welche mindestens einen Stromableiter umfasst, der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt ist.

15

Ferner wird auch eine Batteriezelle vorgeschlagen, welche mindestens eine erfindungsgemäße Elektrode umfasst.

20

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren gestattet eine Erzeugung einer verhältnismäßig groben Strukturierung auf einem Stromableiter. Die Strukturierung bildet dabei Verankerungsmöglichkeiten für Aktivmaterial, welches zur Herstellung einer Elektrode auf den Stromableiter aufgebracht wird. Durch die grobe Strukturierung ist die Haftung des Aktivmaterials auf dem Stromableiter bei der Herstellung der Elektrode vorteilhaft verbessert. Dadurch ist die Leitfähigkeit für Ionen und für Elektronen verbessert und die Lebensdauer einer Batteriezelle ist erhöht. Auch ist die Gefahr einer Ablösung des Aktivmaterials von dem Stromableiter im Betrieb der Batteriezelle vermindert. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Stromableiter für Elektroden sowie Elektroden mit extrem hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten, wie es für eine Massenproduktion notwendig ist, herstellbar. Der von dem Laserstrahl ausgeübte thermische Einfluss auf die Kollektorfolie kann dabei vorteilhaft reguliert,

25

30

gesteuert und für die Erzeugung einer gewünschten Oberflächenaufrauung an der Kollektorfolie vorteilhaft ausgenutzt werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Batteriezelle,

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Herstellung eines Stromableiters in Seitenansicht,

Figur 3 eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie A-A,

Figur 4 eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie B-B,

Figur 5 eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie C-C und

Figur 6 eine schematische, perspektivische Darstellung eines Teils der Anordnung zur Herstellung eines Stromableiters aus Figur 2.

Ausführungsformen der Erfindung

In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung werden gleiche oder ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente in Einzelfällen verzichtet wird. Die Figuren stellen den Gegenstand der Erfindung nur schematisch dar.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Batteriezelle 2. Die Batteriezelle 2 umfasst ein Gehäuse 3, welches prismatisch, vorliegend quaderförmig, ausgebildet ist. Das Gehäuse 3 ist vorliegend elektrisch leitend ausgeführt und beispielsweise aus Aluminium gefertigt.

Die Batteriezelle 2 umfasst ein negatives Terminal 11 und ein positives Terminal 12. Über die Terminals 11, 12 kann eine von der Batteriezelle 2 zur Verfügung gestellte Spannung abgegriffen werden. Ferner kann die Batteriezelle 2 über die Terminals 11, 12 auch geladen werden.

Innerhalb des Gehäuses 3 der Batteriezelle 2 ist eine Elektrodeneinheit 10 angeordnet, welche beispielsweise als Elektrodenstapel oder als Elektrodenwickel ausgeführt ist. Die Elektrodeneinheit 10 weist zwei Elektroden, nämlich eine Anode 21 und eine Kathode 22, auf. Die Anode 21 und die Kathode 22 sind jeweils folienartig ausgeführt und durch einen Separator 18 voneinander separiert. Der Separator 18 ist dabei ionisch leitfähig, also für Lithiumionen durchlässig.

Die Anode 21 umfasst ein anodisches Aktivmaterial 41 und einen Stromableiter 31. Der Stromableiter 31 der Anode 21 ist elektrisch leitfähig ausgeführt und aus einem Metall gefertigt, beispielsweise aus Kupfer. Der Stromableiter 31 der Anode 21 ist elektrisch mit dem negativen Terminal 11 der Batteriezelle 2 verbunden.

Die Kathode 22 umfasst ein kathodisches Aktivmaterial 42 und einen Stromableiter 32. Der Stromableiter 32 der Kathode 22 ist elektrisch leitfähig ausgeführt und aus einem Metall gefertigt, beispielsweise aus Aluminium. Der Stromableiter 32 der Kathode 22 ist elektrisch mit dem positiven Terminal 12 der Batteriezelle 2 verbunden.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Herstellung eines Stromableiters 31, 32 einer Elektrode 21, 22 der Batteriezelle 2 aus Figur 1 in Seitenansicht. Bei der Elektrode 21, 22 kann es sich dabei um die Anode 21 oder um die Kathode 22 handeln.

Eine Kollektorfolie 51 ist auf einer Rolle 54 aufgewickelt. Sofern der Stromableiter 31 der Anode 21 hergestellt wird, so ist die Kollektorfolie 51 aus Kupfer. Sofern der Stromableiter 32 der Kathode 22 hergestellt wird, so ist die Kollektorfolie 51 aus Aluminium. Die Kollektorfolie 51 wird von der Rolle 54 abgewickelt, mehrfach umgelenkt und dann in eine Längsrichtung x bewegt. Beispielsweise wird die Kollektorfolie 51 dabei mit einer Geschwindigkeit von 30 m/min bis 150 m/min in Längsrichtung x bewegt.

Ein Laserstrahl 80 wird über die Kollektorfolie 51 geführt, während die Kollektorfolie 51 in die Längsrichtung x bewegt wird. Durch die Bestrahlung mit dem Laserstrahl 80 wird eine Strukturierung in Form von Tröpfchen 57 auf der Kollektorfolie 51 erzeugt. So entsteht der Stromableiter 31, 32 der Elektrode 21, 22. Die Entstehung der besagten Strukturierung auf der Kollektorfolie 51 und des Stromableiters 31, 32 der Elektrode 21, 22 ist in den folgenden Figuren detailliert beschrieben.

Aus einer Düse 67 wird das Aktivmaterial 41, 42 in Form eines zähflüssigen Schlickers auf den Stromableiter 31, 32 aufgebracht und mittels eines Rakels 65 verteilt. Das Aktivmaterial 41, 42 wird anschließend, beispielsweise mittels einer Infrarot-Strahlung 69, getrocknet. Der Stromableiter 31, 32 mit dem aufgetragenen Aktivmaterial 41, 42 wird anschließend zwischen zwei Walzen 68 eines Kalenders kalandriert. Somit entsteht die Elektrode 21, 22 für die Batteriezelle 2.

In dem Kalender wird die Dicke des Aktivmaterials 41, 42 auf etwa 20 µm bis 300 µm reduziert. Die Dicke des Aktivmaterials 41, 42 ist dabei die Ausdehnung des Aktivmaterials 41, 42 in eine Vertikalrichtung z, welche rechtwinklig zu der Längsrichtung x verläuft.

Figur 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie A-A. Die Kollektorfolie 51 weist eine Oberseite 55 und eine der Oberseite 55 gegenüber liegende Unterseite 56 auf. Die Oberseite 55 und die Unterseite 56 der Kollektorfolie 51 weisen jeweils eine verhältnismäßig glatte Oberfläche auf. Die Dicke der Kollektorfolie 51 beträgt vorliegend etwa 15 µm. Die Dicke der Kollektorfolie 51 ist dabei die Ausdehnung der Kollektorfolie 51

in die Vertikalrichtung z, welche rechtwinklig zu der Längsrichtung x und rechtwinklig zu einer Querrichtung y verläuft.

Figur 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie B-B. Ein Laserstrahl 80 wird über die Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 in die Querrichtung y geführt, während die Kollektorfolie 51 in die Längsrichtung x bewegt wird. Bei dem Laserstrahl 80 kann es sich beispielsweise um einen Nanosekundenlaser oder um einen Continuous-Wave-Laser handeln.

Der Laserstrahl 80 dringt dabei in Vertikalrichtung z bis zu einer bestimmten Eindringtiefe in die Kollektorfolie 51 ein. Dabei wird nahe der Oberseite 55 befindliches Material der Kollektorfolie 51 aufgeschmolzen. Das Material der Kollektorfolie 51 wird dabei nur bis zu der besagten Eindringtiefe aufgeschmolzen. Material der Kollektorfolie 51, welches sich nahe der Unterseite 56 befindet, wird dabei nicht aufgeschmolzen, sondern verbleibt in festem Zustand. Das besagte Material der Kollektorfolie 51 nahe der Oberseite 55 wird dabei nur kurzzeitig flüssig und erstarrt kurz darauf wieder.

Figur 5 zeigt eine schematische Schnittdarstellung der Anordnung aus Figur 2 entlang der Schnittlinie C-C. Das aufgeschmolzene Material der Kollektorfolie 51 bildet Tröpfchen 57 aus. Die besagten Tröpfchen 57 bilden sich dabei infolge von unterschiedlichen Oberflächenspannungen des flüssigen Materials der Kollektorfolie 51 an der Oberseite 55. Besagter Effekt ist auch als Marangoni-Konvektion bekannt.

Die Form der Tröpfchen 57 bleibt dabei erhalten, wenn das Material der Kollektorfolie 51 wieder erstarrt. Die erstarrten Tröpfchen 57 bilden konvexe Erhebungen, welche sich in Vertikalrichtung z erstrecken. So entsteht der Stromableiter 31, 32 der Elektrode 21, 22.

Figur 6 zeigt eine schematische, perspektivische Darstellung eines Teils der Anordnung zur Herstellung eines Stromableiters 31, 32 aus Figur 2. Der Laserstrahl 80 tritt aus einer Laserquelle 82 aus und wird vor Erreichen der Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 umgelenkt. Der Laserstrahl 80 wird dabei in

mehreren Bahnen 60 über die Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 geführt, während die Kollektorfolie 51 in Längsrichtung x bewegt wird. Die Bahnen 60 verlaufen dabei parallel zueinander in Querrichtung y.

5 Der Laserstrahl 80 wird nach Austreten aus der Laserquelle 82 zunächst von einem rotierenden Polygonrad 70 eines Polygonscanners umgelenkt. Das Polygonrad 70 rotiert um eine Rotationsachse 75 und weist mehrere, vorliegend acht, Seitenflächen 71 auf. Die Rotationsachse 75 verläuft dabei parallel zu den Seitenflächen 71. Je zwei benachbarte Seitenflächen 71 stoßen an eine
10 gemeinsame Kante 72 an. Die Anzahl der Seitenflächen 71 entspricht somit der Anzahl der Kanten 72. Die Kanten 72 des Polygonrades 70 verlaufen parallel zu der Rotationsachse 75.

15 Vor Erreichen der Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 wird der von dem Polygonrad 70 umgelenkte Laserstrahl 80 zusätzlich von einer beweglichen Spiegeleinheit 90 umgelenkt. Die Spiegeleinheit 90 ist dabei um eine Bewegungsachse 95 beweglich und wird von einem Galvanometerantrieb 92 bewegt. Durch die Bewegung der Spiegeleinheit 90 wird beispielsweise die Bewegung der Kollektorfolie 51 in Längsrichtung x kompensiert.

20 Mittels des rotierenden Polygonrades 70 und der Spiegeleinheit 90 wird der Laserstrahl 80 immer in die gleiche Richtung in den parallelen Bahnen 60 über die Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 geführt. Dabei bewegt sich der Laserstrahl 80 auf der Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 mit einer Geschwindigkeit von bis
25 zu 1000 m/s in den besagten Bahnen 60 in Querrichtung y.

Der Laserstrahl 80 trifft nach Austreten aus der Laserquelle 82 auf eine der Seitenflächen 71 des Polygonrades 70. Das Polygonrad 70 ist derart ausgerichtet und rotiert derart, dass der von dieser Seitenfläche 71 umgelenkte
30 Laserstrahl 80 in genau einer Bahn 60 über die Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 in Querrichtung y geführt wird. Nach einer Rotation des Polygonrades 70 um die Rotationsachse 75 um einen bestimmten Winkel trifft der Laserstrahl 80 auf eine der Kanten 72 des Polygonrades 70. Danach trifft der Laserstrahl 80 auf die folgende Seitenfläche 71 des Polygonrades 70 und wird dann in der nächsten
35 Bahn 60 über die Oberseite 55 der Kollektorfolie 51 in Querrichtung y geführt.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stromableiters (31, 32) für eine Elektrode (21, 22) einer Batteriezelle (2), umfassend folgende Schritte:
 - Bereitstellen einer bandförmigen Kollektorfolie (51),
 - 10 - Bewegen der Kollektorfolie (51) in eine Längsrichtung (x),
 - Führen eines Laserstrahls (80) in mehreren Bahnen (60) über eine Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) in eine Querrichtung (y), während die Kollektorfolie (51) in die Längsrichtung (x) bewegt wird, wobei der Laserstrahl (80) aus einer Laserquelle (82) austritt und
 - 15 - vor Erreichen der Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) von einem rotierenden Polygonrad (70) eines Polygonscanners umgelenkt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei
- 20 - das Polygonrad (70) derart rotiert, dass der von einer Seitenfläche (71) des Polygonrades (70) umgelenkte Laserstrahl (80) in genau einer Bahn (60) über die Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) geführt wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
- 25 - der von dem Polygonrad (70) umgelenkte Laserstrahl (80) vor Erreichen der Oberseite (55) der Kollektorfolie (51) von einer beweglichen Spiegeleinheit (90) umgelenkt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei
- 30 - die Spiegeleinheit (90) von einem Galvanometerantrieb (92) bewegt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
der Laserstrahl (80) derart über die Oberseite (55) der Kollektorfolie (51)
geführt wird, dass
nahe der Oberseite (55) befindliches Material der Kollektorfolie (51)
aufgeschmolzen wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei
der Laserstrahl (80) derart über die Oberseite (55) der Kollektorfolie (51)
geführt wird, dass
aufgeschmolzenes Material der Kollektorfolie (51) Tröpfchen (57) bildet.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
die Querrichtung (y) rechtwinklig zu der Längsrichtung (x) verläuft.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei
die Querrichtung (y) geneigt zu der Längsrichtung (x) verläuft.
9. Elektrode (21, 22) für einen Batteriezelle (2), umfassend mindestens
einen Stromableiter (31, 32) hergestellt nach einem Verfahren nach
einem der vorstehenden Ansprüche.
10. Batteriezelle (2), umfassend mindestens eine Elektrode (21, 22) nach
Anspruch 9.

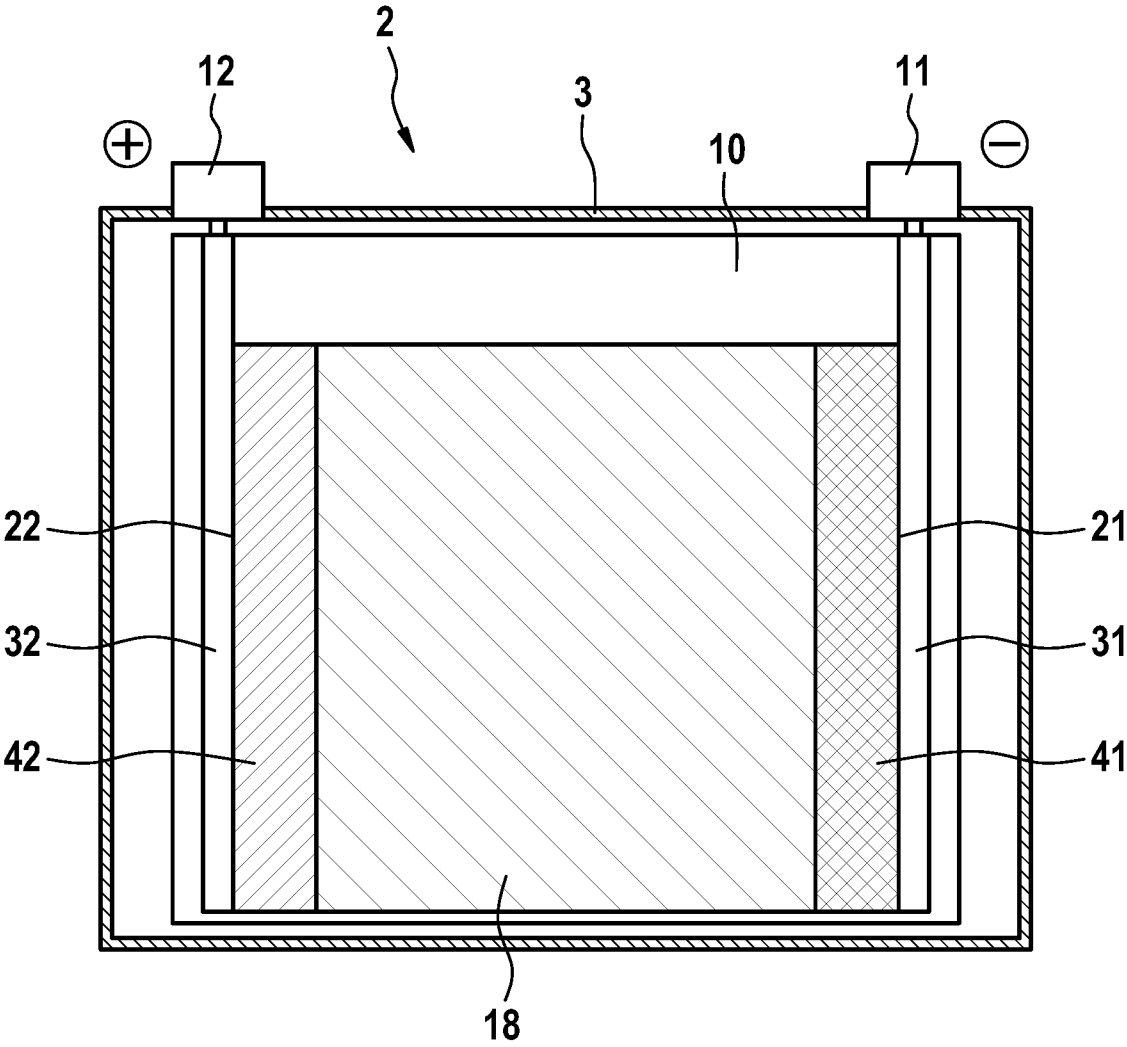


FIG. 1

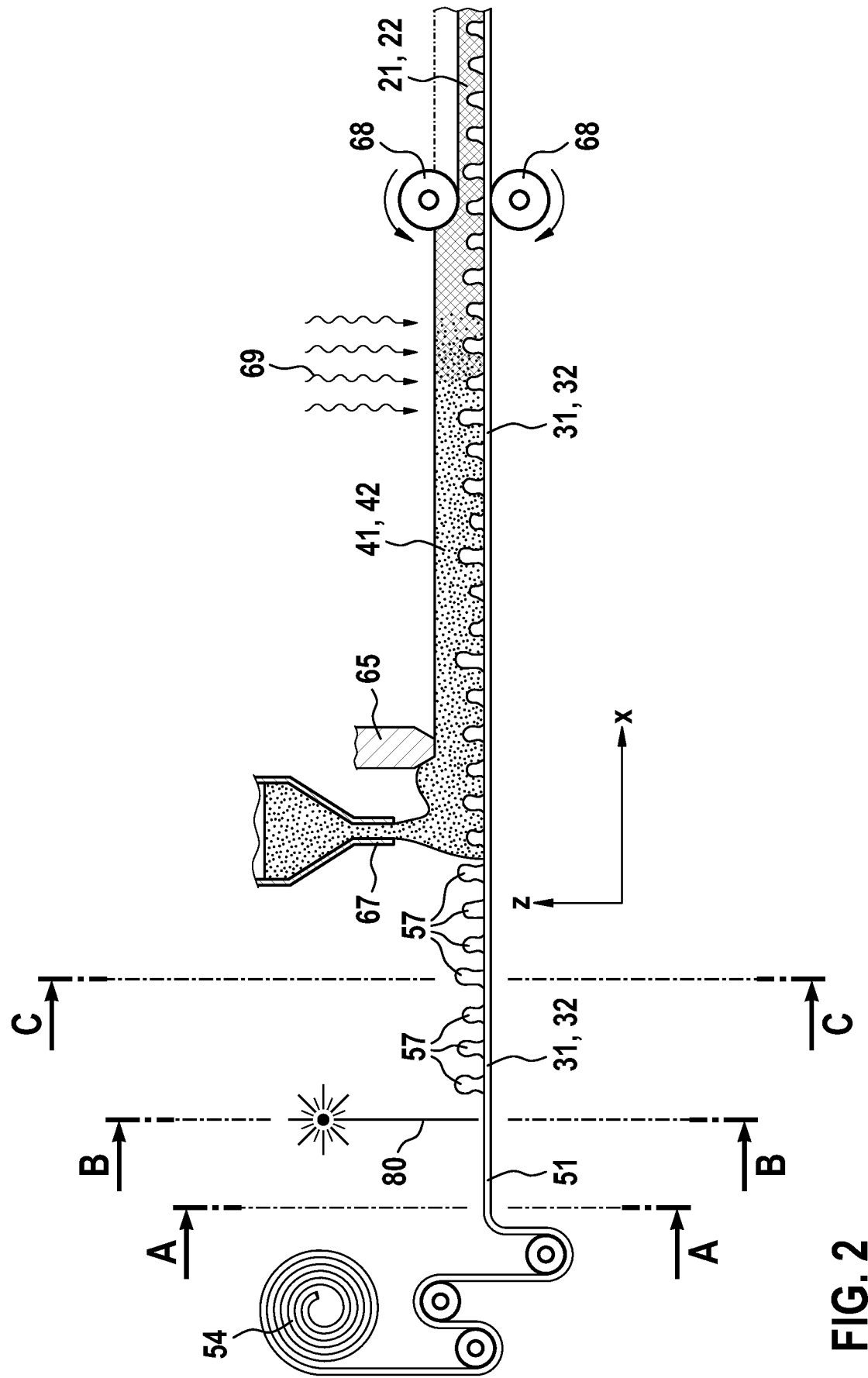


FIG. 2

FIG. 3

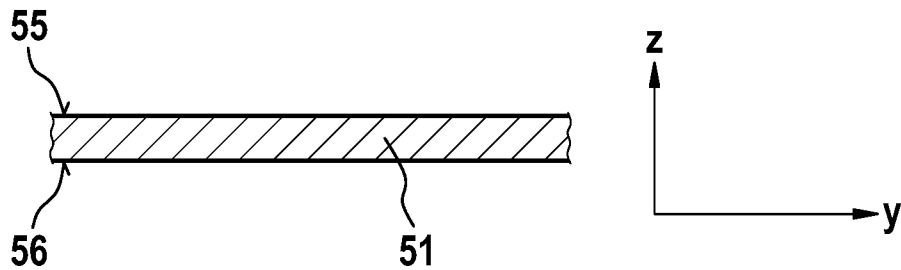


FIG. 4

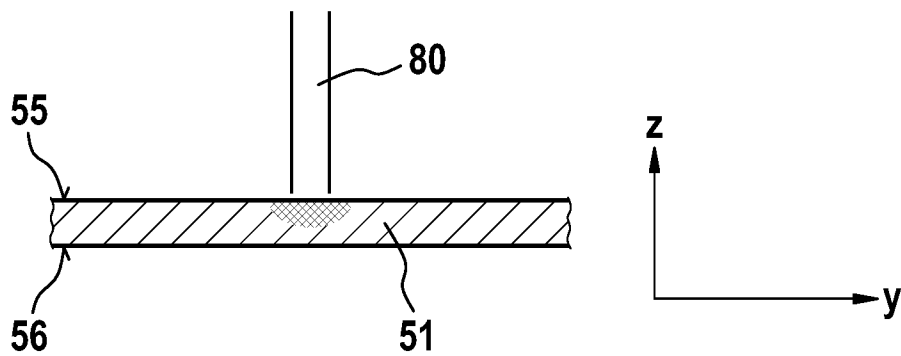
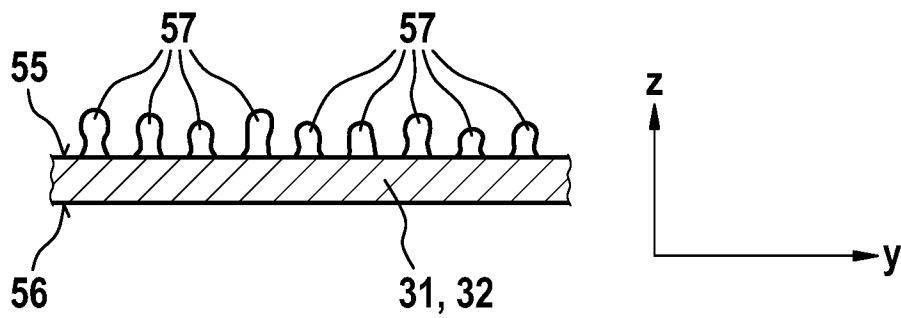


FIG. 5



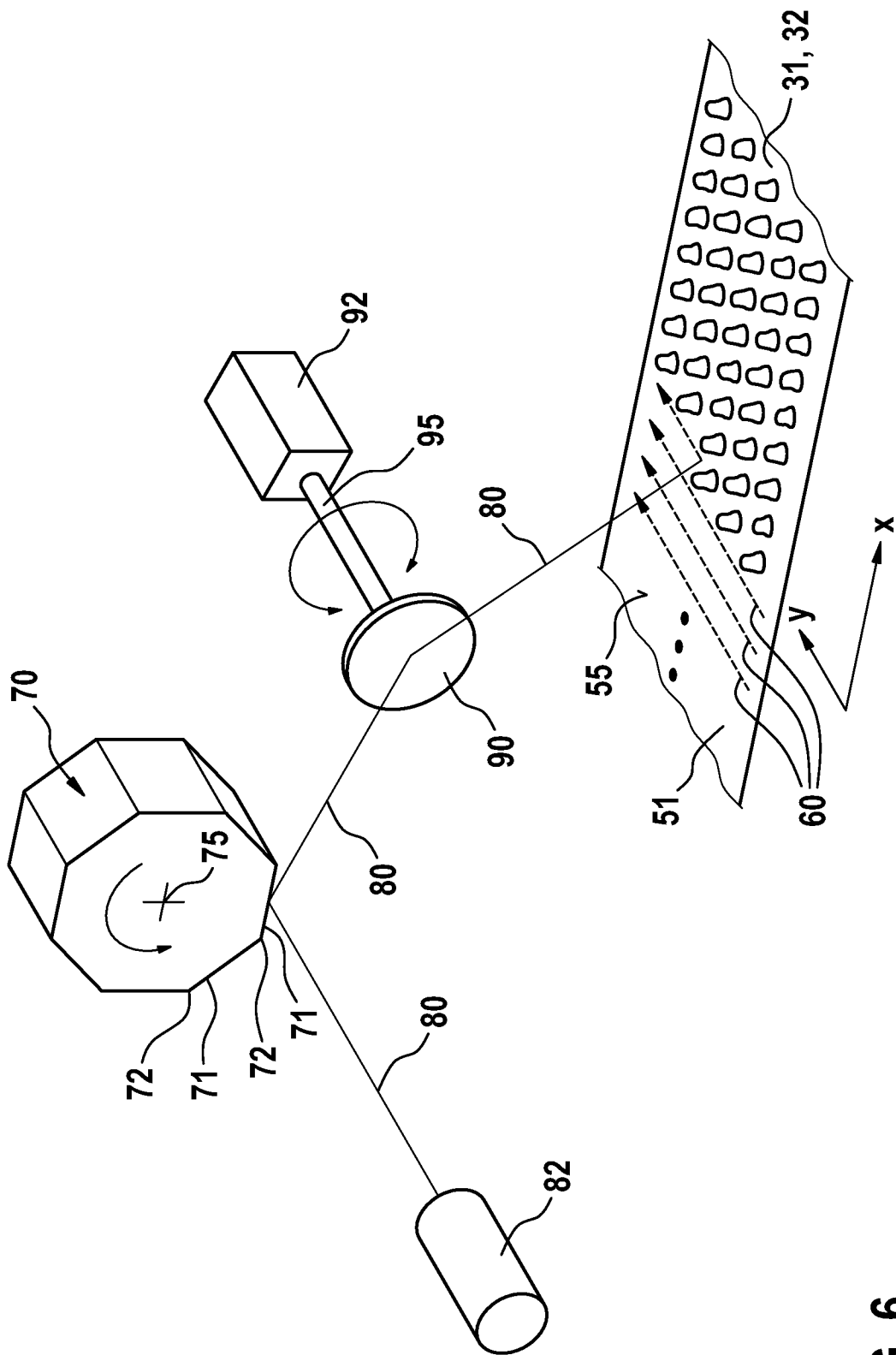


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/077415

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K 26/08(2014.01)i; **H01M 4/04**(2006.01)i; **H01M 4/66**(2006.01)i; **H01M 4/70**(2006.01)i; **B23K 26/082**(2014.01)i;
B23K 26/352(2014.01)i

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)

B23K; 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	DE 112009001247 T5 (HANA ENGINEERING CO LTD [KR]) 14 April 2011 (2011-04-14)	1,2,5,7,8
Y	paragraphs [0008], [0012], [0020], [0034] - [0049]	3,4
A	page 2; figure 2	6
X	US 2010112452 A1 (NISHIMURA TAKUHIRO [JP] ET AL) 06 May 2010 (2010-05-06)	9,10
A	abstract	6
X	WO 2016033379 A1 (APPLIED MATERIALS INC [US]) 03 March 2016 (2016-03-03)	9,10
A	abstract	6
X	ZHENG Y ET AL. "Direct laser interference patterning and ultrafast laser-induced micro/nano structuring of current collectors for lithium-ion batteries" <i>PROCEEDINGS OF SPIE; [PROCEEDINGS OF SPIE ISSN 0277-786X VOLUME 10524], SPIE, US, Vol. 9736, 24 March 2016 (2016-03-24), pages 97361B-97361B</i> DOI: 10.1117/12.2220111 ISBN: 978-1-5106-1533-5. XP060063885	9,10
A	abstract	6
Y	JP 2005262260 A (ARAI TAKEJI; KOMATA KIMIO) 29 September 2005 (2005-09-29)	3,4
	abstract; figures 1,8	

☒ 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

21 November 2018

Date of mailing of the international search report

06 December 2018

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Scheid, Michael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/077415**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6720524 B1 (HAMADA SHIRO [JP]) 13 April 2004 (2004-04-13) abstract figures 1,5,7	3,4
Y	JP 2002346775 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 04 December 2002 (2002-12-04) abstract figure 1	3,4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/077415

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	112009001247	T5	14 April 2011	CN	102046323	A	04 May 2011
				DE	112009001247	T5	14 April 2011
				KR	100900466	B1	02 June 2009
				WO	2009145542	A2	03 December 2009
US	2010112452	A1	06 May 2010	CN	101652886	A	17 February 2010
				JP	2009231263	A	08 October 2009
				KR	20090125788	A	07 December 2009
				US	2010112452	A1	06 May 2010
				WO	2009057271	A1	07 May 2009
WO	2016033379	A1	03 March 2016	CN	106663841	A	10 May 2017
				EP	3186850	A1	05 July 2017
				JP	2017530518	A	12 October 2017
				KR	20170044730	A	25 April 2017
				TW	201622228	A	16 June 2016
				WO	2016033379	A1	03 March 2016
JP	2005262260	A	29 September 2005	NONE			
US	6720524	B1	13 April 2004	CN	1378493	A	06 November 2002
				EP	1231013	A1	14 August 2002
				HK	1050867	A1	08 April 2005
				JP	2001105164	A	17 April 2001
				TW	460352	B	21 October 2001
				US	6720524	B1	13 April 2004
				WO	0124964	A1	12 April 2001
JP	2002346775	A	04 December 2002	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23K26/08	H01M4/04
	B23K26/352	H01M4/66
		H01M4/70
		B23K26/082
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B23K 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	DE 11 2009 001247 T5 (HANA ENGINEERING CO LTD [KR]) 14. April 2011 (2011-04-14)	1,2,5,7,8
Y	Absätze [0008], [0012], [0020], [0034]	3,4
A	- [0049] Seite 2; Abbildung 2	6
X	US 2010/112452 A1 (NISHIMURA TAKUHIRO [JP] ET AL) 6. Mai 2010 (2010-05-06)	9,10
A	Zusammenfassung	6
X	WO 2016/033379 A1 (APPLIED MATERIALS INC [US]) 3. März 2016 (2016-03-03)	9,10
A	Zusammenfassung	6
	----- -/-	
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. November 2018		06/12/2018
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 Scheid, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ZHENG Y ET AL: "Direct laser interference patterning and ultrafast laser-induced micro/nano structuring of current collectors for lithium-ion batteries", PROCEEDINGS OF SPIE; [PROCEEDINGS OF SPIE ISSN 0277-786X VOLUME 10524], SPIE, US, Bd. 9736, 24. März 2016 (2016-03-24), Seiten 97361B-97361B, XP060063885, DOI: 10.1117/12.2220111 ISBN: 978-1-5106-1533-5	9,10
A	Zusammenfassung -----	6
Y	JP 2005 262260 A (ARAI TAKEJI; KOMATA KIMIO) 29. September 2005 (2005-09-29) Zusammenfassung; Abbildungen 1,8 -----	3,4
Y	US 6 720 524 B1 (HAMADA SHIRO [JP]) 13. April 2004 (2004-04-13) Zusammenfassung Abbildungen 1,5,7 -----	3,4
Y	JP 2002 346775 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 4. Dezember 2002 (2002-12-04) Zusammenfassung Abbildung 1 -----	3,4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/077415

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 112009001247 T5	14-04-2011	CN 102046323 A	04-05-2011
		DE 112009001247 T5	14-04-2011
		KR 100900466 B1	02-06-2009
		WO 2009145542 A2	03-12-2009

US 2010112452 A1	06-05-2010	CN 101652886 A	17-02-2010
		JP 2009231263 A	08-10-2009
		KR 20090125788 A	07-12-2009
		US 2010112452 A1	06-05-2010
		WO 2009057271 A1	07-05-2009

WO 2016033379 A1	03-03-2016	CN 106663841 A	10-05-2017
		EP 3186850 A1	05-07-2017
		JP 2017530518 A	12-10-2017
		KR 20170044730 A	25-04-2017
		TW 201622228 A	16-06-2016
		WO 2016033379 A1	03-03-2016

JP 2005262260 A	29-09-2005	KEINE	

US 6720524 B1	13-04-2004	CN 1378493 A	06-11-2002
		EP 1231013 A1	14-08-2002
		HK 1050867 A1	08-04-2005
		JP 2001105164 A	17-04-2001
		TW 460352 B	21-10-2001
		US 6720524 B1	13-04-2004
		WO 0124964 A1	12-04-2001

JP 2002346775 A	04-12-2002	KEINE	
