

(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
02. Januar 2025 (02.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/002597 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/0622 (2014.01) H01M 4/1395 (2010.01)
B23K 26/082 (2014.01) H01M 4/38 (2006.01)
B23K 26/352 (2014.01) H01M 10/052 (2010.01)
B23K 26/364 (2014.01) B23K 103/12 (2006.01)
B23K 26/40 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/051944

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Januar 2024 (26.01.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 116 767.7
26. Juni 2023 (26.06.2023) DE

(71) Anmelder: **TRUMPF LASER- UND SYSTEMTECH-
NIK AG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzin-
gen (DE).

(72) Erfinder: **BOCKSROCKER, Oliver**; Schillerstr. 7, 74343
Sachsenheim (DE). **AMBROSY, Günter**; Satteläcker 15,
70565 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **TRUMPF PATENTABTEILUNG**; Trumpf SE
+ Co. KG Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (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, CV, CZ, DE, DJ,

DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

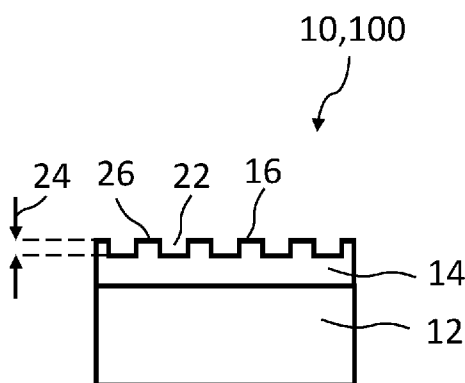
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD,
SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY,
KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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)

(54) Title: METHOD FOR REPRODUCING ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF A LITHIUM FOIL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR WIEDERHERSTELLUNG VON ELEKTROCHEMISCHEN EIGENSCHAFTEN EINER
LITHIUM-FOLIE



(57) Abstract: The invention relates to a method for processing the surface of a lithium foil (10) using a pulsed laser beam source (20) in order to reduce the ion resistance of the lithium foil (10), wherein the laser beam source (20) is designed to remove lithium compounds (18) formed on the lithium foil (10) and introduce a structure (22) into the surface (16) of the lithium foil (10). The invention also relates to a battery foil (100).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächenbearbeitung einer Lithium-Folie (10) mittels einer gepulsten Laserstrahlquelle (20) zur Verringerung des Ionenwiderstands der Lithium-Folie (10), wobei die Laserstrahlquelle (20) eingerichtet ist, an der Lithium-Folie (10) gebildete Lithiumverbindungen (18) abzutragen und eine Strukturierung (22) in eine Oberfläche (16) der Lithium-Folie (10) einzubringen, sowie eine Batteriefolie (100).

Fig. 3

WO 2025/002597 A1

Titel: Verfahren zur Wiederherstellung von
elektrochemischen Eigenschaften einer Lithium-Folie

25

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur
30 Oberflächenbearbeitung einer Lithium-Folie sowie eine
Batteriefolie für eine Festkörperbatterie.

Lithium-Folien oder Lithium-Metallfolien sowie mit Lithium
beschichtete Kupferfolien sind vielversprechend für den
35 Einsatz in Batteriesystemen, insbesondere Festkörperbatterien,
aufgrund ihrer hervorragenden elektrochemischen Eigenschaften.
Das Lithium dient dabei als Anodenmaterial. Lithium ist ein
Alkalimetall, welches hoch reaktiv ist. Daher ist die Lagerung
und Verwendung von Lithium besonders herausfordernd. Falsch

behandelte oder gelagerte Lithium-Folien führen zu verschlechtern Leistung und Kapazität von Batterien.

Die US 6,951,120 B2 offenbart eine Bearbeitung von kristallinem Lithiumniobaten mit einem Laser. Der Laser weist einen Laserstrahl mit einer Wellenlänge nahe der Absorptionskante von Lithiumniobaten auf. Der Laserstrahl wird in Impulsen von kurzer Dauer und mit einer Wiederholungsrate abgegeben, die so gewählt ist, dass die Oberfläche des Lithiumniobat abgetragen wird, ohne das Grundmaterial zu beschädigen. Der Laserstrahl und das Substrat können gegeneinander verschoben werden, um im Lithiumniobaten einen Graben mit der gewünschten Geometrie zu erzeugen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die elektrochemischen Eigenschaften einer Lithium-Folie, welche einer unsachgemäßen Atmosphäre, insbesondere Wasser, Sauerstoff und/oder Stickstoff, ausgesetzt war, wiederherzustellen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Das Verfahren sieht eine Oberflächenbearbeitung einer Lithium-Folie mittels einer gepulsten Laserstrahlquelle vor, wobei durch die Oberflächenbearbeitung der Ionenwiderstand der Lithium-Folie verringert wird. Die Laserstrahlquelle ist derart eingerichtet, an der Lithium-Folie gebildete Lithiumverbindungen abzutragen und eine Strukturierung in die Oberfläche der Lithium-Folie einzubringen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass eine unsachgemäße Lagerung von Lithium-Folien zu einer Erhöhung der Impedanz und des

Ionenwiderstands führen, da sich Lithiumverbindungen auf der Oberfläche der Lithium-Folie ablagern.

Mit dem Verfahren wird zum einen die Oberfläche der Lithium-

5 Folie gereinigt, indem die Lithiumverbindungen abgetragen werden. Dies führt zu einer Verringerung des Ionenwiderstands. Es ist überraschend, dass die Lithiumverbindungen mit einer gepulsten Laserstrahlquelle abtragbar sind. Zum anderen wird mit dem Verfahren eine Strukturierung der Oberfläche der
10 Lithium-Folie vorgenommen. Dies führt durch die größere Oberfläche zu einer weiteren Verringerung des Ionenwiderstands, sodass überraschenderweise ein geringerer Ionenwiderstand bei der wiederhergestellten Lithium-Folie als bei einer unbehandelten und richtig gehandhabten Lithium-Folie
15 erzielt werden kann. Folglich kann bei Verwendung der bearbeiteten Lithium-Folie in einer Batterie eine erhöhte Leistung und Kapazität der Batterien erlangt werden. Zudem ist das Verfahren besonders effizient, indem der Abtrag und die Strukturierung gleichzeitig vorgenommen werden kann.

20

Im Sinne dieser Erfindung ist unter einer „Lithium-Folie“ ein Flachmaterial mit Lithium zu verstehen. Das Flachmaterial kann ferner ein Trägermaterial, wie z.B. eine Kupferfolie, aufweisen. Demnach ist auch eine mit Lithium beschichtete
25 Kupferfolie als Lithium-Folie anzusehen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass eine

Pulsenergie der Laserstrahlquelle in einem Bereich zwischen
4 μJ und 6 mJ liegt, insbesondere kleiner als 50 μJ oder
30 größer als 250 μJ ist. Es ist vorteilhaft, wenn die Pulsrate der Laserstrahlquelle größer als 10 kHz ist. Es ist ferner vorteilhaft, wenn der Strahldurchmesser der Laserstrahlquelle

auf der Oberfläche der Lithium-Folie in einem Bereich zwischen 25 μm und 600 μm liegt. Damit geht der Vorteil einher, dass der Ionenwiderstand der Lithium-Folie weiter verringert wird. Demnach bewirkt die Verwendung der bearbeiteten Lithium-Folie
5 z.B. in einer Festkörperbatterie, eine erhöhte Batteriekapazität und -leistung.

Es ist vorteilhaft, wenn im Verfahren zur Oberflächenbearbeitung eine Lithium-Folie bereitgestellt wird,
10 welche zuvor eine den Ionenwiderstand erhöhende Reaktion, insbesondere eine Reaktion mit Wasser, Sauerstoff und/oder Stickstoff, durchlaufen hat. Diese tritt auf, wenn z.B. die Lithium-Folie unsachgemäß gelagert wird oder es zu einer Undichtigkeit kommt. Folglich haben sich bei der Lithium-Folie
15 eine Vielzahl von Lithiumverbindungen, insbesondere wie Lithiumoxid, Lithiumnitride, Lithiumhydroxide, Lithiumcarbonate, gebildet. Die Bereitstellung einer solchen Lithium-Folie ist besonders gut für die Verwendung der Laserstrahlquelle mit den genannten Parametern geeignet,
20 sodass eine signifikante Verringerung des Ionenwiderstands zu erwarten ist.

Es ist vorteilhaft, wenn die Laserstrahlquelle in die Oberfläche der Lithium-Folie eine Struktur mit einer
25 Strukturtiefe von wenigstens 10% und/oder von wenigstens 2,5 μm und/oder von höchstens 30% und/oder von höchstens 10 μm , insbesondere höchstens 5 μm , gegenüber den nicht strukturierten Bereichen der Oberfläche der Lithium-Folie einbringt. Damit geht eine weitere Reduzierung des
30 Ionenwiderstands einher.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Laserstrahlquelle derart eingerichtet ist, dass diese eine Pulsform mit einer Pulsspitzenleistung aufweist, welche wenigstens 10% über einer mittleren Pulsleistung der Laserstrahlquelle liegt. Damit geht
5 eine definierte Strukturformung der in die Oberflächen eingebrachten Struktur einher.

Vorzugsweise ist die Laserstrahlquelle als Ultrakurzpulslaser, insbesondere als ns-Laser, ps-Laser oder als fs-Laser,
10 ausgebildet. Damit werden hohen Intensitäten bei moderaten mittleren Leistungen erzielt, sodass ein gezielter Wärmeeintrag an der Oberfläche gewährleistet ist. Die Laserstrahlquelle kann als NIR-Laser ausgebildet sein.

15 Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die Laserstrahlquelle eine Strahlgüte M^2 in einem Bereich zwischen 1 und 5 aufweist und/oder wobei die Laserstrahlquelle Single Mode Laser oder als Multi Mode Laser ausgebildet ist. Damit ist ein gezieltes Aufschmelzen und/oder Verdampfen der
20 Oberfläche der Lithium-Folie gewährleistet.

Es ist vorteilhaft, wenn die Oberflächenbearbeitung, insbesondere die Laserbearbeitung, in einer Trockenraumatmosphäre vorgenommen wird. Damit wird eine
25 Verringerung der Reaktion der Lithium-Folie mit Wasser in der Umgebungsluft sichergestellt.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Trockenraumatmosphäre derart eingestellt ist, dass ein Taupunkt von höchstens -15°
30 vorliegt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass zur Strahlführung der Laserstrahlquelle während der Oberflächenbearbeitung eine Strahlablenkeinheit, insbesondere eine Scanneroptik, Verwendung findet. Damit ist eine hohe
5 Geschwindigkeit bei der Laserbearbeitung sichergestellt.

Es ist vorteilhaft, wenn mehrere Laserstrahlquellen und/oder mehrere Optiken gleichzeitig zum Einsatz kommen. Damit können die Scanfelder überlagert werden, um die zu erzielende
10 Konturgröße zu gewährleisten. Ferner geht damit eine höhere Produktivität einher.

Vorzugweise wird während der Oberflächenbearbeitung, insbesondere der Laserbearbeitung, die Position und/oder die
15 Umfangsgeometrie der Lithium-Folie erfasst. Dazu kann ein optisches Sensorsystem, insbesondere ein Kamerasystem und/oder eine optische Kohärenztomographie (VisonLine), zum Einsatz kommen. Folglich können Toleranzen der Lithium-Folie ausgeglichen werden, was mit einer höheren Präzision und
20 geringerem Ausschuss einhergeht.

Es ist ferner vorteilhaft, wenn in Abhängigkeit der Position und/oder der Umfangsgeometrie der Lithium-Folie die Bearbeitungsposition der Laserstrahlquelle, insbesondere der
25 Strahlablenkeinheit, angepasst wird. Folglich kann eine automatisierte Bahnprogrammierung bereitgestellt werden.

Vorteilhafterweise wird während der Oberflächenbearbeitung, insbesondere der Laserbearbeitung, die Oberfläche,
30 insbesondere die Oberflächenrauigkeit, und/oder die Schnittposition der Lithium-Folie erfasst. Dazu kann ein Abstandssensor und/oder eine optische Kohärenztomographie

und/oder Lasertriangulation zum Einsatz kommen. Mittels der Oberfläche und/oder der Schnittposition kann die Schnittposition geregelt werden, sodass eine höhere Konturtreue sichergestellt werden kann.

5

Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass eine Lithium-Folie zumindest teilweise kontinuierlich bearbeitet wird, indem die Laserstrahlquelle, insbesondere die Strahlableitvorrichtung, der Position der

10

Lithium-Folie folgt. Der Ausgleich der Relativbewegung der Lithium-Folie und der Laserstrahlquelle kann mittels einer Steuereinheit ausgeglichen werden. Demnach kann eine Lithium-Folie von einer Rolle abgerollt werden und dabei die Lithium-Folie bearbeitet werden. Damit können konstante

15

Bearbeitungsergebnisse und einer hohe Konturtreue erzielt werden.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ebenfalls durch eine Batteriefolie mit den Merkmalen des Anspruchs 15

20

gelöst. Demnach ist die Batteriefolie aus einer in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16 bearbeiteten Lithium-Folie hergestellt. Die Batteriefolie stellt demnach eine an der Oberfläche von Lithiumverbindungen gereinigte und strukturierte Folie dar.

25

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen, anhand derer Ausführungsbeispiele der Erfindung weiter beschrieben und erläutert sind.

30

Es zeigen:

Fig. 1 Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes
Verfahren;

Fig. 2 Laserbearbeitung einer verunreinigten Lithium-
5 Folie; und

Fig. 3 abgetragene und strukturierte Lithium-Folie.

10 Gemäß Fig. 1 wird im Verfahren zur Oberflächenbehandlung
zunächst eine saubere Lithium-Folie 10 mit einer Trägerschicht
12 aus Kupfer und einer auf der Trägerschicht 12 angeordneten
Lithiumschicht 14 bereitgestellt (S10).

15 Im Anschluss erfolgt eine Verunreinigung der Lithium-Folie 10,
z.B. durch eine unsachgemäße Lagerung und einen Kontakt mit
Umgebungsluft (S20). Dabei bilden sich gemäß Fig. 2 auf einer
Oberfläche 16 der Lithium-Folie 10, insbesondere auf der
Lithiumschicht 14, Lithiumverbindungen 18, insbesondere
20 Lithiumoxid, Lithiumnitride, Lithiumhydroxide,
Lithiumcarbonate, welche den Ionenwiderstand der Lithium-Folie
10 erhöht. Dabei gehen folglich die hervorragenden
elektrochemischen Eigenschaften der Lithium-Folie 10 verloren.
Demnach bewirkt eine solche verunreinigte Lithium-Folie 10
25 eine schlechtere Batteriekapazität und -leistung.

Zur Wiederherstellung der elektrochemischen Eigenschaften der
Lithium-Folie 10 wird diese mittels einer gepulsten
Lasterstrahlquelle 20 mit einem Laserstrahl 21 bearbeitet.
30 Zunächst wird dazu eine Trockenatmosphäre mit einem Taupunkt
von höchstens -15° bereitgestellt (S30).

Dann wird der Ionenwiderstand der Lithium-Folie 10 verringert, indem die Laserstrahlquelle 20 derart eingerichtet ist, an der Lithium-Folie 10, insbesondere an der Lithiumschicht 14, gebildete Lithiumverbindungen 14 abzutragen und eine

5 Strukturierung 22 in die Oberfläche 16 der Lithium-Folie 10 einzubringen (S40). Gemäß Fig. 3 weist die in die Oberfläche 16 der Lithium-Folie 10 eingebrachte Strukturierung 22 eine Strukturtiefe 24 von wenigstens 10% und/oder von 2,5 μm gegenüber den nicht strukturierten Bereichen 26 auf. Die in

10 Fig. 3 gezeigte Lithium-Folie 10 kann als Batteriefolie 100 mit hervorragenden elektrochemischen Eigenschaften für z.B. eine Festkörperbatterie Verwendung finden.

Die Laserstrahlquelle 20 weist dabei eine Pulsenergie in einem

15 Bereich zwischen 4 μJ und 6 mJ, eine Pulsrate größer als 10 kHz sowie einen Strahldurchmesser auf der Lithium-Folie 10, insbesondere auf den Lithiumverbindungen 14 und/oder auf der Lithium-Schicht 14, in einem Bereich zwischen 25 μm und 600 μm auf.

20

Die Laserstrahlquelle 20 ist derart eingerichtet, dass diese eine Pulsform mit einer Pulsspitzenleistung aufweist, welche wenigstens 10% über einer mittleren Pulsleistung der Laserstrahlquelle 20 liegt.

25

Die Laserstrahlquelle 20 ist als Ultrakurzpulslaser, insbesondere als ns-Laser, ps-Laser oder als fs-Laser, ausgebildet.

30

Die Laserstrahlquelle 20 weist eine Strahlgüte M2 in einem Bereich zwischen 1 und 5 auf. Die Laserstrahlquelle 20 ist als Single Mode Laser oder als Multi Mode Laser ausgebildet.

Zur Strahlführung weist die Laserstrahlquelle 20 eine Strahlablenkeinheit 28, insbesondere eine Scanneroptik, auf.

5 Ferner ist eine Sensorvorrichtung 30 vorgesehen, welche dazu eingerichtet ist, während der Oberflächenbearbeitung die Position und/oder die Umfangsgeometrie und/oder die Oberfläche 16, insbesondere die Oberflächenrauigkeit, und/oder die Schnittposition der Lithium-Folie 10 zu erfassen.

10

Zudem ist eine Steuerungsvorrichtung 32 vorgesehen, welche die Parameter und/oder die Position der Laserstrahlquelle 20 und/oder die Position der Lithium-Folie 10, insbesondere in Abhängigkeit der durch die Sensorvorrichtung 30

15 bereitgestellten Sensordaten, steuert.

Zur Erhöhung der Oberflächenrauigkeit kann vorzugsweise der Hatch des Laserstrahls 21 verringert werden. Der Hatch kann vorzugsweise in einem Bereich zwischen 0,006 mm und 0,2 mm

20 liegen. Als Pulsraten können dabei 200 kHz und 360 kHz gewählt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbearbeitung einer Lithium-Folie
(10) mittels einer gepulsten Laserstrahlquelle (20) zur
5 Verringerung des Ionenwiderstands der Lithium-Folie
(10),
wobei die Laserstrahlquelle (20) eingerichtet ist, an
der Lithium-Folie (10) gebildete Lithiumverbindungen
(18) abzutragen und eine Strukturierung (22) in eine
10 Oberfläche (16) der Lithium-Folie (10) einzubringen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Pulsenergie der
Laserstrahlquelle (20) in einem Bereich zwischen 4 μ J
und 6 mJ liegt, und/oder
wobei die Pulsrate der Laserstrahlquelle (20) größer als
15 10 kHz ist, und/oder
wobei der Strahldurchmesser der Laserstrahlquelle (20)
auf der Lithium-Folie (10) in einem Bereich zwischen
25 μ m und 600 μ m liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die
20 Laserstrahlquelle (20) in die Oberfläche (16) der
Lithium-Folie (10) eine Strukturierung (22) mit einer
Strukturtiefe (24) von wenigstens 10% und/oder von
2,5 μ m einbringt.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die
25 Laserstrahlquelle (20) derart eingerichtet ist, dass
diese eine Pulsform mit einer Pulsspitzenleistung
aufweist, welche wenigstens 10% über einer mittleren
Pulsleistung der Laserstrahlquelle (20) liegt.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die
30 Laserstrahlquelle (20) als Ultrakurzpulslaser,

insbesondere als ns-Laser, ps-Laser oder als fs-Laser, ausgebildet ist.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Laserstrahlquelle (20) eine Strahlgüte M^2 in einem Bereich zwischen 1 und 5 aufweist und/oder wobei die Laserstrahlquelle (20) als Single Mode Laser oder als Multi Mode Laser ausgebildet ist.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Oberflächenbearbeitung unter einer Trockenraumatmosfera vorgenommen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Trockenraumatmosfera einen Taupunkt von höchstens -15°C aufweist.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zur Strahlführung der Laserstrahlquelle (20) während der Oberflächenbearbeitung eine Strahlablenkeinheit (28), insbesondere eine Scanneroptik, Verwendung findet.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mehrere Laserstrahlquellen (20) und/oder mehrere Optiken (28) gleichzeitig zum Einsatz kommen.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei während der Oberflächenbearbeitung die Position und/oder die Umfangsgeometrie der Lithium-Folie (10) erfasst wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei in Abhängigkeit der Position und/oder der Umfangsgeometrie der Lithium-Folie (10) die Bearbeitungsposition der Laserstrahlquelle (20) angepasst wird.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei während der Oberflächenbearbeitung die Oberfläche (16) und/oder die Schnittposition der Lithium-Folie (10) erfasst wird.
- 5 14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Lithium-Folie (10) zumindest teilweise kontinuierlich bearbeitet wird, indem die Laserstrahlquelle (20) der Position der Lithium-Folie (10) folgt.
- 10 15. Batteriefolie (100) für ein Batteriesystem, wobei die Batteriefolie (100) aus einer in einem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche bearbeiteten Lithium-Folie (10) hergestellt ist.

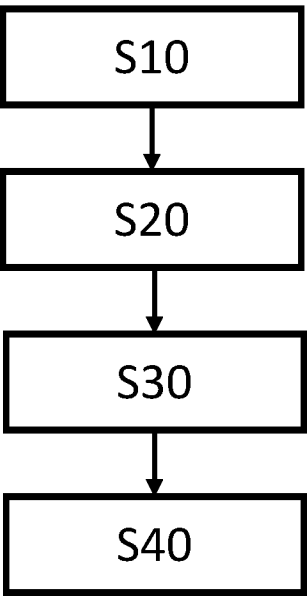


Fig. 1

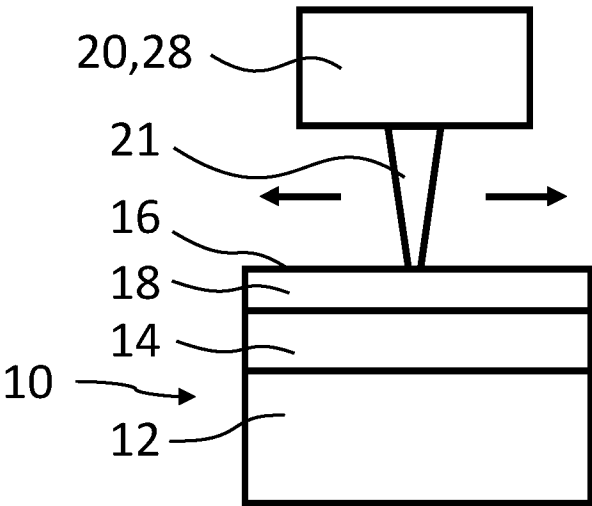
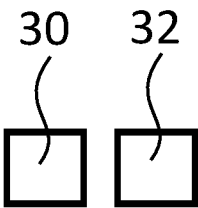


Fig. 2

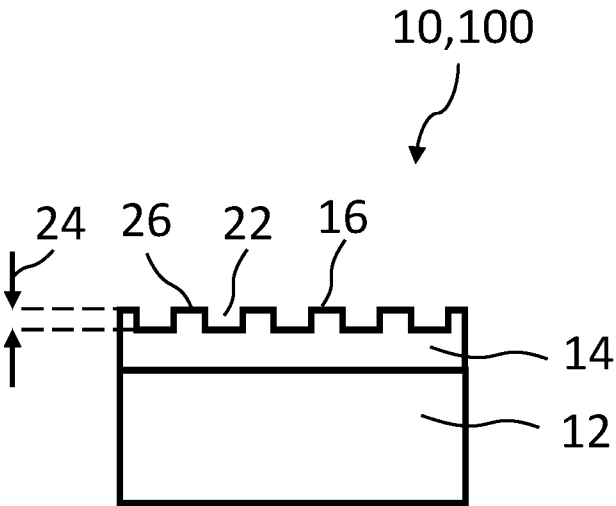


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/051944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B23K 26/0622 (2014.01)i; B23K 26/082 (2014.01)i; B23K 26/352 (2014.01)i; B23K 26/364 (2014.01)i; B23K 26/40 (2014.01)i; H01M 4/1395 (2010.01)i; H01M 4/38 (2006.01)i; H01M 10/052 (2010.01)i; B23K 103/12 (2006.01)n 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KRIEGLER JOHANNES ET AL. "Enhanced performance and lifetime of lithium-ion batteries by laser structuring of graphite anodes" <i>APPLIED ENERGY</i> , GB, Vol. 303, 01 September 2021 (2021-09-01), page 117693 DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117693 ISSN: 0306-2619, XP093087411 page 1, first column, first paragraph; page 2, first paragraph in chapter "2. Experimental setup"; page 2, second column, second paragraph; page 3, first column, third paragraph under chapter "2.2.2 Laser structuring": pulsed ytterbium fiber laser; page 3, first column, first paragraph; page 3, first column, third paragraph; page 3, in the paragraphs bridging columns 1 and 2; page 3, column 2, middle paragraph; figure 1(b)	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 25 April 2024		Date of mailing of the international search report 21 May 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Seiderer, Jens Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/051944

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LUCAS HILLE. "Laser structuring of graphite anodes and NMC cathodes - Proportionate influence on electrode characteristics and cell performance" <i>ELECTROCHIMICA ACTA</i>, AMSTERDAM, NL, Vol. 392, 01 October 2021 (2021-10-01), page 139002, Retrieved from the Internet: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468621012925/pdf?md5=9925441cdaeba62738259626c2371c98&pid=1-s2.0-S0013468621012925-main.pdf DOI: 10.1016/j.electacta.2021.139002 ISSN: 0013-4686, XP093155385 Chapter 1, 3.1 and 3.2; figure 1	1, 2, 5, 6, 9, 15

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23K26/0622 B23K26/082 B23K26/352 B23K26/364 B23K26/40	
	H01M4/1395 H01M4/38 H01M10/052	
ADD.	B23K103/12	
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	KRIEGLER JOHANNES ET AL: "Enhanced performance and lifetime of lithium-ion batteries by laser structuring of graphite anodes", APPLIED ENERGY., Bd. 303, 1. September 2021 (2021-09-01), Seite 117693, XP093087411, GB ISSN: 0306-2619, DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.117693 Seite 1, 1ste Spalte, erster Absatz; Seite 2, 1ster Paragraph in Kapitel "2. Experimental setup"; Seite 2, 2te Spalte, 2ter Paragraph; Seite 3, erste Spalte, dritter Paragraph unter Kapitel "2.2.2 Laser structuring": pulsed ytterbium fiber laser; Seite 3, erste Spalte, erster Paragraph; Seite 3, erste Spalte, dritter Paragraph; Seite 3, im die Spalten 1 und 2 -/-	1-15
☒ 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 25. April 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21/05/2024
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 Seiderer, Jens

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	übergreifenden Paragraphen; Seite 3, Spalte 2, mittlerer Absatz; Abbildung 1 (b) ----- LUCAS HILLE: "Laser structuring of graphite anodes and NMC cathodes - Proportionate influence on electrode characteristics and cell performance", ELECTROCHIMICA ACTA, Bd. 392, 1. Oktober 2021 (2021-10-01), Seite 139002, XP093155385, AMSTERDAM, NL ISSN: 0013-4686, DOI: 10.1016/j.electacta.2021.139002 Gefunden im Internet: URL:https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S0013468621012925/pdf?md5=99 25441cdaeba62738259626c2371c98&pid=1-s2.0- S0013468621012925-main.pdf> Chapter 1, 3.1 and 3.2; Abbildung 1 -----	1, 2, 5, 6, 9, 15