

(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
20. Februar 2025 (20.02.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/036655 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/0622 (2014.01) B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/38 (2014.01) B23K 26/082 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/070661

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2024 (22.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 121 905.7
16. August 2023 (16.08.2023) DE

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

(72) Erfinder: **BOCKSROCKER, Oliver**; Schillerstr. 7, 74343
Sachsenheim (DE). **SPEKER, Nicolai**; Buchenweg 11,
74385 Pleidelsheim (DE). **MÖLLER, Mauritz**; Pestaloz-
ziweg 4/2, 70825 Kornthal (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).

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CUTTING THROUGH A WORKPIECE BY MEANS OF A LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM DURCHTRENNEN EINES WERKSTÜCKS MITTELS EINES
LASERSTRAHLS

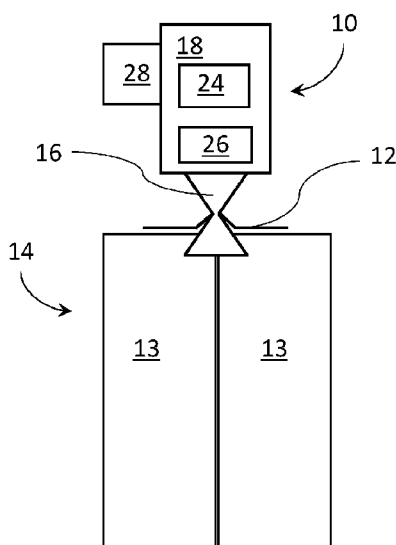


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a device (10) for cutting through a workpiece (12), in particular a cell connector of a battery-cell assembly (14), by means of a laser beam (16) and to a method for cutting through a workpiece (12), in particular a cell connector of a battery-cell assembly (14), by means of a laser beam (16).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zum Durchtrennen eines Werkstücks (12), insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezel-
lenanordnung (14), mittels eines Laserstrahls (16) und ein Verfahren zum Durch-
trennen eines Werkstücks (12), insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezel-
lenanordnung (14), mittels eines Laserstrahls (16).



WO 2025/036655 A1

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

5

10

15

20

25 **Titel:** **Vorrichtung und Verfahren zum Durchtrennen eines
Werkstücks mittels eines Laserstrahls**

Beschreibung

30 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Durchtrennen eines
Werkstücks, insbesondere eines Zellverbinders einer
Batteriezellenanordnung, mittels eines Laserstrahls mit den
Merkmale des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren
zum Durchtrennen eines Werkstücks, insbesondere eines
35 Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung, mittels eines
Laserstrahls mit Merkmalen des Anspruchs 10.

Batteriezellen, die insbesondere in der Automobilindustrie
verwendet werden, können in einer Batteriezellenanordnung
40 angeordnet und elektrisch miteinander verbunden werden. Zum

elektrischen Verbinden der einzelnen Batteriezellen werden in der Regel Zellverbinder aus Metall eingesetzt. Bei der Demontage einer solchen Batterieanordnung müssen diese Zellverbinder durchgeschnitten werden, um die einzelnen Batteriezellen voneinander trennen zu können.

Das Durchschneiden der Zellverbinder kann mittels eines Lasers durchgeführt werden. Beim Durchschneiden eines Zellverbinders kann der Laserstrahl durch die Schnittfuge hindurchtreten und die meist unter dem Zellverbinder angeordneten Batteriezellen bzw. deren Komponenten beschädigen. Eine beschädigte Batteriezelle kann eine Gefahrenquelle (Brand- und Explosionsgefahr) darstellen. Es ist daher äußerst wichtig die meist unter dem Zellverbinder angeordneten Batteriezellen bzw. deren Komponenten nicht zu beschädigen.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks, insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung, mittels eines Laserstrahls bereitzustellen, wobei eine Beschädigung der in Laserstrahlrichtung hinter dem Werkstück angeordneten Komponenten vermieden wird.

Die obige Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Durchtrennen eines Werkstücks mittels eines Laserstrahls mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bei dem Werkstück kann es sich um einen Zellverbinder einer Batteriezellenanordnung handeln.

Die Vorrichtung umfasst eine Lasereinrichtung zur Erzeugung und/oder Fokussierung des Laserstrahls. Die Lasereinrichtung ist derart eingerichtet, dass der (erzeugte) Laserstrahl auf

dem Werkstück einen Strahldurchmesser von kleiner gleich 100 μm (Mikrometer), insbesondere von kleiner gleich 50 μm aufweist. Die Lasereinrichtung ist weiter derart eingerichtet, dass der (erzeugte) Laserstrahl eine Divergenz aufweist, die
5 einen halben Öffnungswinkel von größer gleich 80 mrad aufweist. Vorzugsweise weist der Laserstrahl ferner ein Strahlparameterprodukt im Bereich von 0,38 mm*mrad (Millimeter * Milliradian) bis 16 mm*mrad auf.

- 10 Die Lasereinrichtung kann derart eingerichtet sein, dass der Laserstrahl ein Strahlparameterprodukt von 0,6 mm*mrad bei einem Single-Mode-Laser(Strahl) aufweist. Die Lasereinrichtung kann derart eingerichtet sein, dass der Laserstrahl ein Strahlparameterprodukt von 6 mm*mrad, insbesondere 4 mm*mrad,
15 bei einem Multi-Mode Laser (Strahl) aufweist.

- Hierdurch kann eine (Laser) Intensität bereitgestellt werden, die aufgrund des kleinen Laserspots auf der Oberfläche des Werkstücks ausreichend groß ist um dieses zu trennen. Aufgrund
20 der großen Divergenz kann eine (Laser) Intensität auf der Oberfläche der im Laserstrahlrichtung hinter dem Werkstück liegenden Batteriezellkomponenten möglichst geringgehalten werden, um diese nicht zu beschädigen. Eine Gefahr von Entflammung von Dämmungsmaterial und/oder Brandt- bzw.
25 Explosionsgefahr der Batteriezellen kann ausgeräumt oder zumindest reduziert werden.

- Das Durchtrennen kann vollständig automatisiert (ohne manuelle Intervention) durchgeführt werden. Dabei kann ein geringerer
30 Wärmeeintrag ggü. anderen Verfahren (bspw. Plasmaschnitt) erzielt werden. Zudem kann eine Spanentstehung ggü. anderen Verfahren (bspw. Fräsen) verhindert werden (spanfreies

Durchtrennen der Zellverbinder). Es werden keine Fremdstoffe durch bspw. Kühlmittel oder weitere Betriebsmittel, welche bei anderen Verfahren eingesetzt werden müssen, benötigt.

- 5 Das Strahlparameterprodukt (SPP) kann mit der folgenden Formel beschrieben werden:

$$SPP = \alpha * (d_0/2)$$

- 10 Dabei ist α der halbe Öffnungswinkel der Divergenz und d_0 der Strahldurchmesser des (fokussierten) Laserstrahls auf dem Werkstück.

Die obige Formel kann wie folgt umgeformt werden:

15

$$\alpha = SSP / (d_0/2)$$

- Der halbe Öffnungswinkel α der Divergenz wird also groß, wenn entweder das Strahlparameterprodukt (SSP) groß oder der
20 Strahldurchmesser im Fokus d_0 klein wird. Dabei kann der Strahldurchmesser d_0 wie folgt definiert werden:

$$d_0 = d_{LLK} * m$$

- 25 Dabei stellt d_{LLK} den Durchmesser des Lichtleitkabels und m das Abbildungsverhältnis dar. Der Strahldurchmesser im Fokus d_0 wird also klein, wenn insbesondere das Abbildungsverhältnis klein wird. Für den halben Öffnungswinkel α der Divergenz lässt sich die folgende Formel aufstellen:

30

$$\alpha = SSP / (d_{LLK} * m / 2)$$

Das Abbildungsverhältnis m kann durch die folgende Formel beschrieben werden:

$$m = f/f_C$$

5

wobei f die Objektivbrennweite und f_C die Kollimationsbrennweite darstellt. Das Abbildungsverhältnis m wird insbesondere klein, wenn die Objektivbrennweite f klein und/oder die Kollimationsbrennweite f_C groß wird.

10

Durch das Variieren bzw. Einstellen insbesondere der Objektivbrennweite f und/oder der Kollimationsbrennweite f_C lässt sich so der halbe Öffnungswinkel α bzw. die Divergenz wunschgemäß einstellen.

15

Gemäß einer Weiterbildung kann die Lasereinrichtung zur Erzeugung des Laserstrahls eine Laserstrahlquelle aufweisen. Die Laserstrahlquelle kann als eine gepulste Laserstrahlquelle ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann eine

20

(ns(Nanosekunden) -gepulste) Laserstrahlquelle sein. Die Laserstrahlquelle kann eine Leistung in einem Bereich von 70 W (Watt) bis 1000 W, insbesondere in einem Bereich von 500 W bis 600 W, aufweisen. Die Laserstrahlquelle kann insbesondere eine Pulsdauer in einem Bereich von 3 ns bis 2000 ns, insbesondere

25

in einem Bereich von 50 ns bis 500 ns, aufweisen. Die Laserstrahlquelle kann eine Repetitionsrate in einem Bereich von 1 kHz (KiloHertz) bis 4 MHz (MegaHertz), insbesondere in einem Bereich von 20 kHz bis 80 kHz, aufweisen.

30

Hierdurch kann die Laserleistung optimal eingestellt werden. Es kann so möglichst viel Energie in das zu zerschneidende Werkstück eingebracht werden, wobei zeitgleich möglichst wenig

Energie in die in Strahlrichtung hinter dem Werkstück angeordneten Batteriekomponenten eingebracht wird.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Lasereinrichtung zur Erzeugung des Laserstrahls eine Laserstrahlquelle aufweisen.

Die Laserstrahlquelle kann als ein Faserlaser ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein Single-Mode-Laser ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein CW (continuous wave)-Laser ausgebildet sein. Die

Laserstrahlquelle kann eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW (Kilowatt) bis 5 kW, insbesondere in einem Bereich von 0,5 kW bis 2 kW, aufweisen. Die als Single-Mode-Laser ausgebildete Laserstrahlquelle kann eine Strahlqualität aufweisen, die eine Beugungsmaßzahl M^2 von kleiner 1,7 aufweist.

Hierdurch kann die Laserleistung optimal eingestellt werden. Es kann so möglichst viel Energie in das zu zerschneidende Werkstück eingebracht werden, wobei zeitgleich möglichst wenig Energie in die in Strahlrichtung hinter dem Werkstück angeordneten Batteriekomponenten eingebracht wird.

Gemäß einer Weiterbildung kann die Lasereinrichtung zur Erzeugung des Laserstrahls eine Laserstrahlquelle aufweisen. Die Laserstrahlquelle kann als ein Scheibenlaser ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein Multi-Mode-Laser ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein CW-Laser ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW bis 24 kW, insbesondere in einem Bereich von 2 kW bis 8 kW, aufweisen.

Hierdurch kann die Laserleistung optimal eingestellt werden. Es kann so möglichst viel Energie in das zu zerschneidende

Werkstück eingebracht werden, wobei zeitgleich möglichst wenig Energie in die in Strahlrichtung hinter dem Werkstück angeordneten Batteriekomponenten eingebracht wird.

- 5 Gemäß einer Weiterbildung kann die Laserstrahlquelle als ein Infrarotlaser ausgebildet sein. Die als ein Infrarotlaser ausgebildete Laserstrahlquelle kann eine Wellenlänge in einem Bereich von 800 nm (Nanometer) bis 1200 nm, insbesondere von 1030 nm oder 1070 nm, aufweisen.

10

Hierdurch kann die Laserleistung weiter optimiert werden und eingestellt werden. Es kann so möglichst viel Energie in das zu zerschneidende Werkstück eingebracht werden, wobei zeitgleich möglichst wenig Energie in die in Strahlrichtung

15

hinter dem Werkstück angeordneten Batteriekomponenten eingebracht wird.

- Gemäß einer Weiterbildung kann die Laserstrahlquelle als ein Laser mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich ausgebildet
20 sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein VIS (Visible)-Laser ausgebildet sein. Die Wellenlänge des VIS-Lasers kann 551 nm (grün) betragen.

- Hierdurch kann bei der Verwendung eines VIS-Lasers ein
25 optimaler Energieeintrag in das zu zerschneidende Werkstück eingebracht werden.

- Gemäß einer Weiterbildung kann die Vorrichtung eine Scanneroptik zum Bewegen des Laserstrahls über das Werkstück
30 umfassen. Die Scanneroptik kann eingerichtet sein, um den Laserstrahl mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich von 10 m/min (Meter pro Minute) bis 80 m/min, insbesondere in einem

Bereich von 20 m/min bis 60 m/min, über das Werkstück zu bewegen. Mittels der Scanneroptik kann der Laserspot auf dem Werkstück bewegt werden. Mittels der Scanneroptik kann der Laserstrahl auf dem Werkstück ausgerichtet werden.

5

Die Scanneroptik kann ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1 bis 2:1, aufweisen.

10 Hierdurch kann ein optimaler Energieeintrag in das zu zerschneidende Werkstück mittels einer Scanneroptik eingebracht werden. Zudem kann mit einfachen Mitteln ein Remoteschneiden umgesetzt werden.

15 Gemäß einer Weiterbildung kann die Vorrichtung eine Festoptik zum fixen Ausrichten des Laserstrahls umfassen. Dabei kann der Laserstrahl auf dem Werkstück bewegt werden, indem das Werkstück und/oder die Festoptik (relativ zueinander) bewegt werden.

20

Die Festoptik kann eine Schneiddüse zum Ausrichten und/oder Fokussieren des Laserstrahls (auf dem Werkstück) umfassen. Die Festoptik kann eine Gaszufuhr zum Zuführen eines (inerten) Schneidgases umfassen. Bei dem Schneidgas kann es sich

25 insbesondere um Stickstoff handeln. Das Zuführen des Schneidgases kann insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls auf dem Werkstück geschehen.

Die Festoptik kann ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich
30 von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1 bis 2:1.

Hierdurch kann ein optimaler Energieeintrag in das zu zerschneidende Werkstück mittels einer Festoptik umgesetzt werden. Zudem kann aufgrund der Schneiddüse und/oder des Schneidgases das Schneidergebnis optimiert werden.

5

Gemäß einer Weiterbildung kann die Vorrichtung einen optischen Sensor zur Positionserfassung des Laserstrahls und/oder des Werkstücks umfassen. Der optische Sensor kann kamerabasiert ausgebildet sein. Der optische Sensor kann als eine Kamera ausgebildet sein. Der optische Sensor kann zur Positionskontrolle des Laserstrahls und/oder des Werkstücks eingerichtet sein.

10

Hierdurch kann mit einfachen Mitteln die Position des Laserstrahls und/oder des Werkstücks erfasst bzw. kontrolliert werden.

15

Die obige Aufgabe wird weiter durch ein Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks mittels eines Laserstrahls mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. Bei dem Werkstück kann es sich um einen Zellverbinder einer Batteriezellenanordnung handeln.

20

Das Verfahren umfasst die Schritte:

25

Erzeugen und Fokussieren eines Laserstrahls, insbesondere mittels einer Lasereinrichtung.

Dabei weist der Laserstrahl auf dem Werkstück einen Strahldurchmesser von kleiner gleich $100\text{ }\mu\text{m}$, insbesondere von kleiner gleich $50\text{ }\mu\text{m}$ auf. Der Laserstrahl weist ferner eine Divergenz mit einem halben Öffnungswinkel von größer gleich 80

30

mmrad auf. Ferner kann der Laserstrahl ein Strahlparameterprodukt in einem Bereich von 0,38 mm*mmrad bis 16 mm*mmrad aufweisen.

- 5 Der Laserstrahl kann ein Strahlparameterprodukt von 0,6 mm*mmrad bei einem Single-Mode-Laser(Strahl) aufweisen. Der Laserstrahl kann ein Strahlparameterprodukt von 6 mm*mmrad, insbesondere 4 mm*mmrad, bei einem Multi-Mode-Laser(Strahl) aufweisen.

10

Hierdurch kann eine (Laser) Intensität bereitgestellt werden, die aufgrund des kleinen Laserspots auf der Oberfläche des Werkstücks ausreichend groß ist um dieses zu trennen. Aufgrund der großen Divergenz kann eine (Laser) Intensität auf der

15 Oberfläche der im Laserstrahlrichtung hinter dem Werkstück liegenden Batteriezellkomponenten möglichst geringgehalten werden, um diese nicht zu beschädigen. Eine Gefahr von Entflammung von Dämmungsmaterial und/oder Brandt- bzw. Explosionsgefahr der Batteriezellen kann ausgeräumt oder

20 zumindest reduziert werden.

Das Durchtrennen kann vollständig automatisiert (ohne manuelle Intervention) durchgeführt werden. Dabei kann ein geringerer Wärmeeintrag ggü. anderen Verfahren (bspw. Plasmaschnitt)

25 erzielt werden. Zudem kann eine Spanantstehung ggü. anderen Verfahren (bspw. Fräsen) verhindert werden (spanfreies Durchtrennen der Zellverbinder). Es werden keine Fremdstoffe durch bspw. Kühlmittel oder weitere Betriebsmittel, welche bei anderen Verfahren eingesetzt werden müssen, benötigt.

30

Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

Bewegen des Laserstrahls und/oder des Werkstücks, um einen Vorschub (Bewegung) des auf dem Werkstück fokussierten Laserstrahls zu erzeugen.

5

Dabei kann der Vorschub in einem Bereich von 10 m/min bis 80 m/min, insbesondere in einem Bereich von 20 m/min bis 60 m/min, liegen.

10 Hierdurch kann das Durchtrennen des Werkstücks weiter optimiert und eine saubere Schnittfuge umgesetzt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

15

Zuführen eines (inerten) Schneidgases. Das Schneidgases kann als Stickstoff ausgebildet sein. Das Schneidgases kann insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls auf dem Werkstück zugeführt werden.

20

Durch das Zuführen des Schneidgases kann das Schneidergebnis bzw. die Schneidfuge optimiert werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

25

Ermitteln der Position des (fokussierten) Laserstrahls und/oder des Werkstücks. Das Ermitteln der Position kann dabei mittels eines optischen Sensors umgesetzt werden.

30

Hierdurch kann mit einfachen Mitteln eine Positionserfassung und/oder -kontrolle umgesetzt werden.

Gemäß einer Weiterbildung kann zur Durchführung des Verfahrens eine Vorrichtung gemäß obiger Ausführungen benutzt werden.

- 5 Hinsichtlich der damit erzielbaren Vorteile wird auf die diesbezüglichen Ausführungen zur Vorrichtung verwiesen. Zur weiteren Ausgestaltung des Verfahrens können die im Zusammenhang mit der Vorrichtung beschriebenen und/oder die nachfolgend noch erläuterten Maßnahmen dienen.

10

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Es zeigen:

15

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Batteriezellenanordnung mit einem Werkstück;

20

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Durchtrennen des Werkstücks gemäß Figur 1 und

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines mittels der Vorrichtung gemäß Figur 2 erzeugten Laserstrahls.

25

In der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Figuren tragen sich entsprechende Bauteile und Elemente gleiche Bezugszeichen. Der besseren Übersichtlichkeit wegen sind nicht in allen Figuren sämtliche Bezugszeichen wiedergegeben.

30

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Batteriezellenanordnung 14 mit einem Werkstück 12. Das Werkstück 12 ist vorliegend als ein Zellverbinder der

Batteriezellenanordnung 14 ausgebildet. Die Batteriezellenanordnung 14 umfasst vorliegend zwei Batteriezellen 13, die mittels des Werkstücks 12 elektrisch miteinander verbunden sind.

5

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 10 zum Durchtrennen des Werkstücks 12 gemäß Figur 1. Die Vorrichtung 10 ist zum Durchtrennen des Werkstücks 12 mittels eines Laserstrahls 16 eingerichtet.

10

Die Vorrichtung 10 umfasst eine Lasereinrichtung 18 zur Erzeugung und/oder Fokussierung des Laserstrahls 16. Die Lasereinrichtung 18 umfasst eine Laserstrahlquelle 24.

15

Die Laserstrahlquelle 24 kann als eine (ns-)gepulste Laserstrahlquelle 24 ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle 24 kann eine Leistung in einem Bereich von 70 W bis 1000 W, insbesondere in einem Bereich von 500 W bis 600 W, aufweisen. Die Laserstrahlquelle 24 kann eine Pulsdauer in einem Bereich

20

von 3 ns bis 2000 ns, insbesondere in einem Bereich von 50 ns bis 500 ns, und/oder eine Repetitionsrate in einem Bereich von 1 kHz bis 4 MHz, insbesondere in einem Bereich von 20 kHz bis 80 kHz, aufweisen.

25

Die Laserstrahlquelle 24 kann als ein Faserlaser insbesondere ein Single-Mode-Laser, ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle 24 kann dabei eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW bis 5 kW, insbesondere in einem Bereich von 0,5 kW bis 2 kW, aufweisen. Die als Single-Mode-Laser ausgebildete

30

Laserstrahlquelle 24 kann eine Strahlqualität aufweisen, die eine Beugungsmaßzahl M^2 von kleiner 1,7 aufweist.

Die Laserstrahlquelle 24 kann als ein Scheibenlaser, insbesondere ein Multi-Mode-Laser, ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle 24 kann dabei eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW bis 24 kW, insbesondere in einem Bereich von 2 kW bis 8 kW, aufweisen.

Die Laserstrahlquelle 24 kann als ein Infrarotlaser mit einer Wellenlänge in einem Bereich von 800 nm bis 1200 nm, insbesondere von 1030 nm oder 1070 nm, ausgebildet sein.

Die Laserstrahlquelle 24 kann als ein Laser mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich, insbesondere von 515 nm, ausgebildet sein.

Vorliegend weist die Vorrichtung 10 eine Scanneroptik 26 zum Bewegen des Laserstrahls 16 über das Werkstück 12 auf. Die Scanneroptik 26 ist eingerichtet, um den Laserstrahl 16 mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich 10 m/min bis 80 m/min, insbesondere in einem Bereich von 20 m/min bis 60 m/min, über das Werkstück 12 zu bewegen.

Die Scanneroptik 26 kann ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1 bis 2:1, aufweisen. Mittels der Scanneroptik 26 kann ein Remoteschneiden des Werkstücks 12 umgesetzt werden.

Die Vorrichtung 10 kann auch eine Festoptik zum fixen Ausrichten des Laserstrahls 16 umfassen. Die Festoptik kann eine Schneiddüse zum Ausrichten und/oder Fokussieren des Laserstrahls 16 umfassen. Die Festoptik kann eine Gaszufuhr zum Zuführen eines Schneidgases (bspw. Stickstoff),

insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls 16 auf dem Werkstück 12 umfassen.

Die Festoptik kann ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1 bis 2:1, aufweisen.

Die Vorrichtung 10 umfasst vorliegend einen optischen Sensor 28. Mittels des optischen Sensors 28 kann die Position des Laserstrahls 16 und/oder des Werkstücks 12 erfasst bzw. kontrolliert werden.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines mittels der Vorrichtung 10 gemäß Figur 2 erzeugten Laserstrahls 16. In Figur 3 ist die optische Achse 21 des Laserstrahls 16 gestrichelt dargestellt. Die Laserstrahlrichtung 23 des Laserstrahls 16 ist in Figur 3 mittels eines Pfeils angedeutet.

Der Laserstrahl 16 wird auf dem Werkstück 12 fokussiert. Der fokussierte Laserstrahl hat auf dem Werkstück 12 einen Strahldurchmesser 20. Der Strahldurchmesser 20 kann kleiner gleich 100 μm , insbesondere kleiner gleich 50 μm sein.

Der Laserstrahl 16 weist vorliegend einen halben Öffnungswinkel 22 der Divergenz von größer gleich 80 mrad auf. Das Strahlparameterprodukt des Laserstrahls 16 liegt dabei in einem Bereich von 0,38 mm*mrad bis 16 mm*mrad.

Das Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks 12, insbesondere eines Zellverbinders einer Batterieanordnung 14,

mittels eines Laserstrahls 16 kann anhand der Figuren 1 bis 3 wie folgt beschrieben werden:

- Zunächst wird vorliegend mittels der Lasereinrichtung 18 ein
- 5 Laserstrahl 16 erzeugt und auf das Werkstück 12 fokussiert. Dabei weist der Laserstrahl 16 einen Strahldurchmesser 20, ein Strahlparameterprodukt und/oder einen halben Öffnungswinkel 22, wie oben beschrieben, auf.
- 10 Der Laserstrahl 16 und/oder das Werkstück 12 können bewegt werden, um einen Vorschub (Bewegung) des auf dem Werkstück 12 fokussierten Laserstrahls 16 zu erzeugen. Dabei kann der Vorschub in einem Bereich, wie oben beschrieben, liegen.
- 15 Es kann ein Schneidgas zugeführt werden. Dabei kann das Schneidgases, insbesondere Stickstoff, in den Bereich des fokussierten Laserstrahls 16 auf dem Werkstück 12 zugeführt werden.
- 20 Es kann die Position des Laserstrahls und/oder des Werkstücks 12 ermittelt werden. Dies kann insbesondere mittels eines optischen Sensors 28 durchgeführt werden.

Zur Durchführung des Verfahrens kann eine in der Figur 2

25 gezeigte Vorrichtung 10 (wie oben beschrieben) benutzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Durchtrennen eines Werkstücks (12),
5 insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung (14), mittels eines Laserstrahls (16), umfassend eine Lasereinrichtung (18) zur Erzeugung und/oder Fokussierung des Laserstrahls (16), dadurch gekennzeichnet, dass
10 die Lasereinrichtung (18) derart eingerichtet ist, dass der Laserstrahl (16) auf dem Werkstück (12) einen Strahldurchmesser (20) von kleiner gleich 100 μm , insbesondere von kleiner gleich 50 μm , aufweist, sowie eine Divergenz mit einem halben Öffnungswinkel (22) von
15 größer gleich 80 mrad.
2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasereinrichtung (18) zur Erzeugung des Laserstrahls (16) eine Laserstrahlquelle (24) aufweist, wobei die Laserstrahlquelle (24) als eine
20 gepulste Laserstrahlquelle (24) ausgebildet ist, eine Leistung in einem Bereich von 70 W bis 1000 W, insbesondere in einem Bereich von 500 W bis 600 W, eine Pulsdauer in einem Bereich von 3 ns bis 2000 ns, insbesondere in einem Bereich von 50 ns bis 500 ns,
25 und/oder eine Repetitionsrate in einem Bereich von 1 kHz bis 4 MHz, insbesondere in einem Bereich von 20 kHz bis 80 kHz, aufweist.
3. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasereinrichtung (18) zur
30 Erzeugung des Laserstrahls (16) eine Laserstrahlquelle (24) aufweist, wobei die Laserstrahlquelle (24) als ein

Faserlaser, insbesondere ein Single-Mode-Laser, ausgebildet ist und/oder eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW bis 5 kW, insbesondere in einem Bereich von 0,5 kW bis 2 kW, aufweist.

- 5 4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasereinrichtung (18) zur Erzeugung des Laserstrahls (16) eine Laserstrahlquelle (24) aufweist, wobei die Laserstrahlquelle (24) als ein Scheibenlaser, insbesondere ein Multi-Mode-Laser, ausgebildet ist und/oder eine Leistung in einem Bereich von 0,5 kW bis 24 kW, insbesondere in einem Bereich von 2 kW bis 8 kW, aufweist.
- 10
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlquelle (24) als ein Infrarotlaser mit einer Wellenlänge in einem Bereich von 800 nm bis 1200 nm, insbesondere von 1030 nm oder 1070 nm, ausgebildet ist.
- 15
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserstrahlquelle (24) als ein Laser mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich, insbesondere von 515 nm, ausgebildet ist.
- 20
7. Vorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) eine Scanneroptik (26) zum Bewegen des Laserstrahls (16) über das Werkstück (12) umfasst, insbesondere wobei die Scanneroptik (26) eingerichtet ist, um den Laserstrahl (16) mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich 10 m/min bis 80 m/min, insbesondere in einem Bereich von 20 m/min bis 60 m/min, über das Werkstück (12) zu bewegen, insbesondere wobei die Scanneroptik
- 25
- 30

(26) ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1 bis 2:1, aufweist.

8. Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) eine Festoptik zum fixen Ausrichten des Laserstrahls (16) umfasst, wobei die Festoptik eine Schneiddüse zum Ausrichten und/oder Fokussieren des Laserstrahls (16) umfasst, insbesondere wobei die Festoptik eine Gaszufuhr
10 zum Zuführen eines Schneidgases, insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls (16) auf dem Werkstück (12), umfasst, wobei die Festoptik vorzugsweise ein Abbildungsverhältnis in einem Bereich von 1:1 bis 5:1, insbesondere in einem Bereich von 1,5:1
15 bis 2:1, aufweist.
9. Vorrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (10) einen optischen Sensor (28) zur Positionserfassung des Laserstrahls (16) und/oder des Werkstücks (12)
20 umfasst.
10. Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks (12), insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung (14), mittels eines Laserstrahls (16), umfassend die Schritte:
- 25 - Erzeugen und Fokussieren eines Laserstrahls (16), insbesondere mittels einer Lasereinrichtung (18),
- wobei der Laserstrahl (16) auf dem Werkstück (12) einen Strahldurchmesser (20) von kleiner gleich 100 µm, insbesondere von kleiner gleich 50 µm aufweist, und eine

Divergenz mit einem halben Öffnungswinkel (22) von 80 mrad.

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch den Schritt:

- 5 - Bewegen des Laserstrahls (16) und/oder des Werkstücks (12), um einen Vorschub des auf dem Werkstück (12) fokussierten Laserstrahls (16) zu erzeugen,
 - wobei der Vorschub in einem Bereich von 10 m/min bis 80 m/min, insbesondere in einem Bereich von 20 m/min bis
10 60 m/min, liegt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch den Schritt:

- Zuführen eines Schneidgases, insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls (16) auf dem
15 Werkstück (12).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch den Schritt:

- Ermitteln der Position des Laserstrahls (16) und/oder des Werkstücks (12), insbesondere mittels eines
20 optischen Sensors (28).

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, gekennzeichnet dadurch, dass zur Durchführung des Verfahrens eine Vorrichtung (10) nach einem der
25 Ansprüche 1 bis 9 benutzt wird.

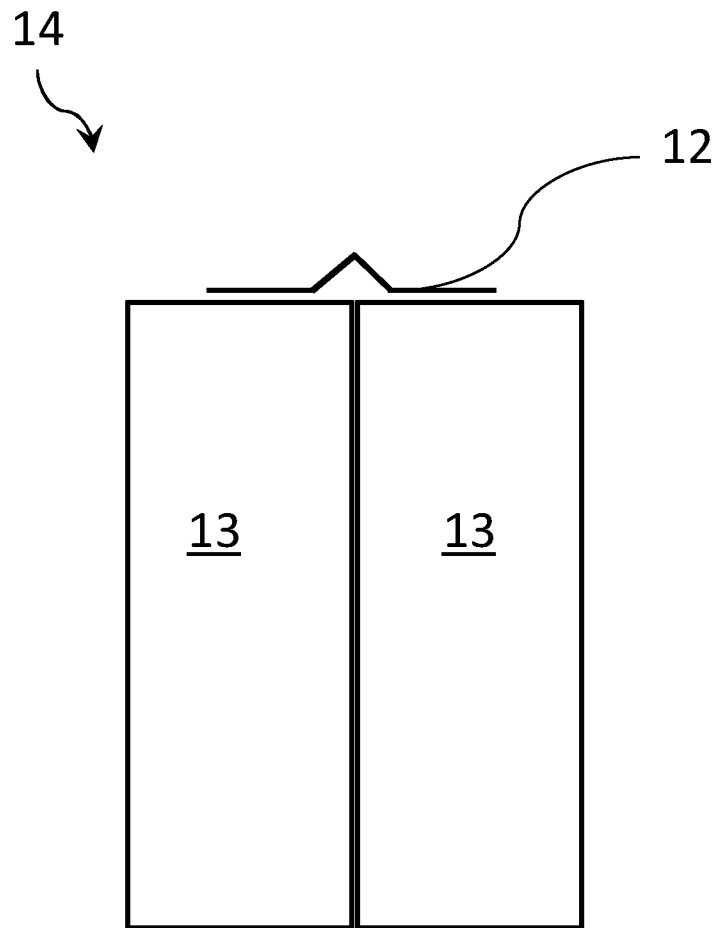


Fig.1

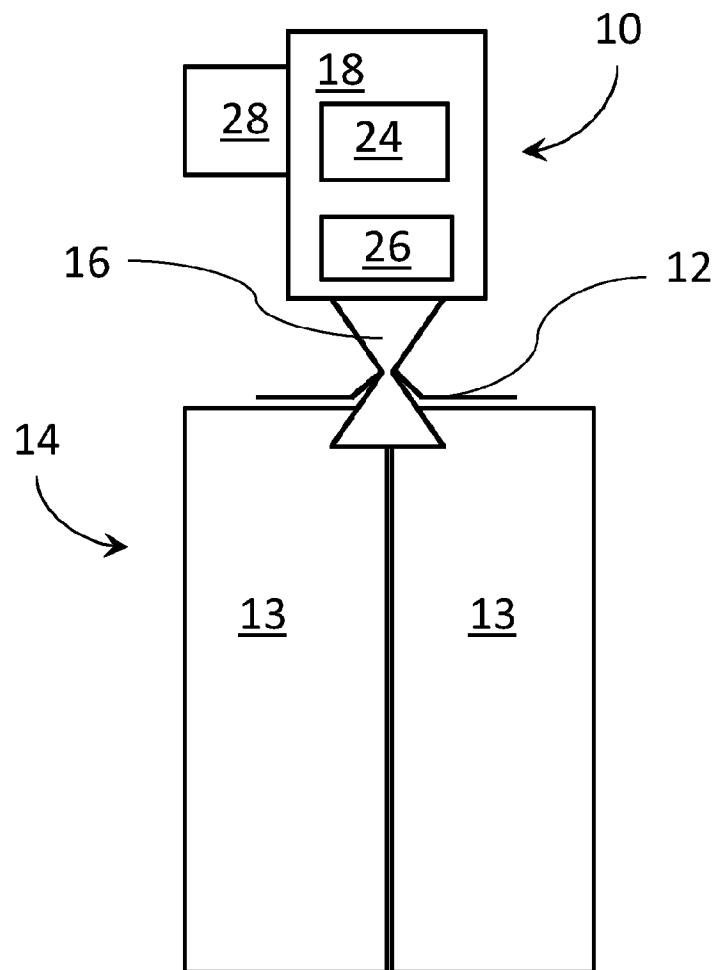


Fig. 2

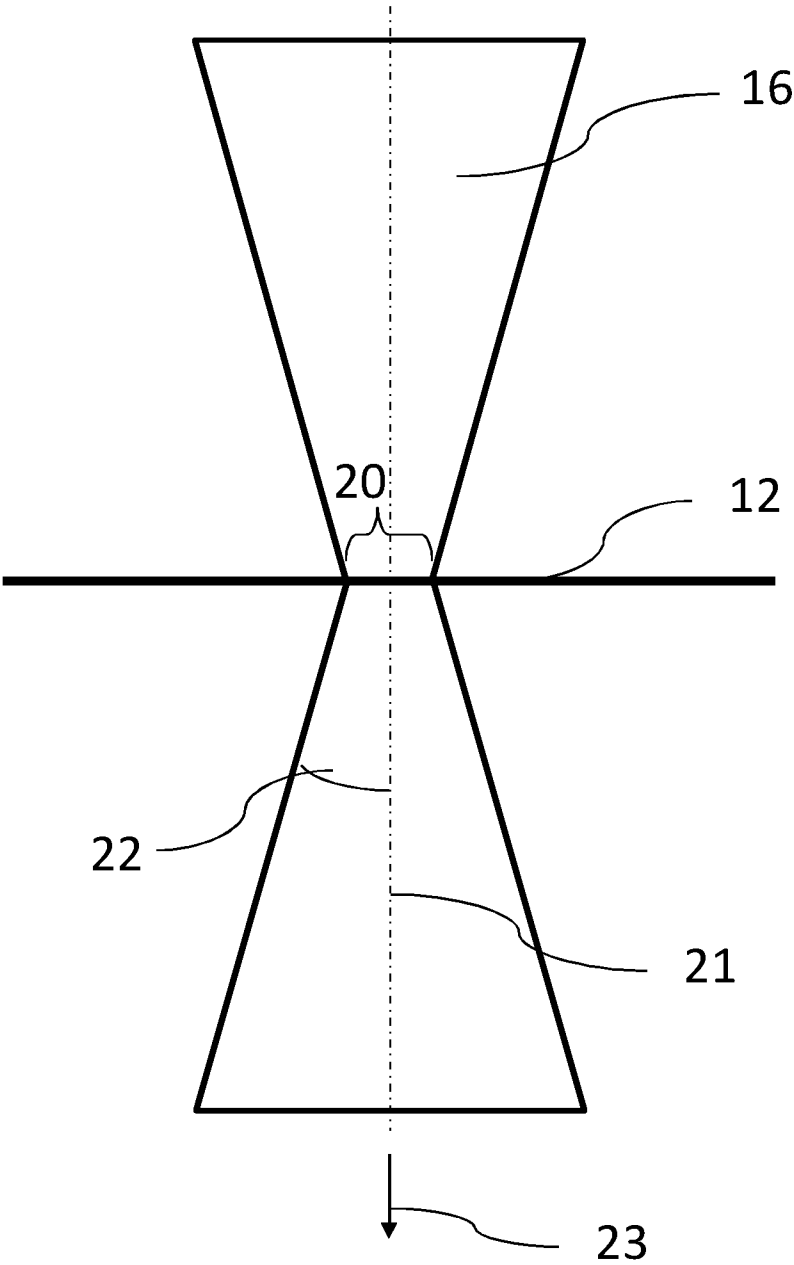


Fig.3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/070661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B23K 26/0622 (2014.01)i; B23K 26/38 (2014.01)i; B23K 26/06 (2014.01)i; B23K 26/082 (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 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	DE 102021119750 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 02 February 2023 (2023-02-02)	1-4,8-10,12,14
Y	figures 1, 4 paragraphs [0003], [0012], [0014], [0015], [0018], [0021], [0029], [0033], [0043] claims 1, 3, 4,10	5-7,11,13
Y	DE 102019213417 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 04 March 2021 (2021-03-04) figure 1 paragraphs [0008], [0013], [0014]	5.6
Y	DE 102013004095 A1 (LINDE AG [DE]) 11 September 2014 (2014-09-11) claims 1.7 paragraph [0042]	7.11
Y	DE 102012001609 B3 (PRECITEC KG [DE]) 21 February 2013 (2013-02-21) claims 1.6	13
☐ 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 12 December 2024		Date of mailing of the international search report 09 January 2025
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 Perret, William Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2024/070661

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102021119750	A1	02 February 2023	DE	102021119750	A1	02 February 2023
				WO	2023006611	A1	02 February 2023
DE	102019213417	A1	04 March 2021	NONE			
DE	102013004095	A1	11 September 2014	DE	102013004095	A1	11 September 2014
				EP	2777863	A1	17 September 2014
DE	102012001609	B3	21 February 2013	DE	102012001609	B3	21 February 2013
				WO	2013110467	A1	01 August 2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B23K26/0622 B23K26/38 B23K26/06 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		
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	DE 10 2021 119750 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 2. Februar 2023 (2023-02-02)	1-4, 8-10,12, 14
Y	Abbildungen 1,4 Absätze [0003], [0012], [0014], [0015], [0018], [0021], [0029], [0033], [0043] Ansprüche 1,3,4,10	5-7,11, 13
Y	DE 10 2019 213417 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. März 2021 (2021-03-04) Abbildung 1 Absätze [0008], [0013], [0014]	5,6
Y	DE 10 2013 004095 A1 (LINDE AG [DE]) 11. September 2014 (2014-09-11) Ansprüche 1,7 Absatz [0042]	7,11
	- / - -	
☒ 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 12. Dezember 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 09/01/2025
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 Perret, William

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2012 001609 B3 (PRECITEC KG [DE]) 21. Februar 2013 (2013-02-21) Ansprüche 1,6 -----	13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/070661

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102021119750 A1	02-02-2023	DE 102021119750 A1	02-02-2023
		WO 2023006611 A1	02-02-2023
DE 102019213417 A1	04-03-2021	KEINE	
DE 102013004095 A1	11-09-2014	DE 102013004095 A1	11-09-2014
		EP 2777863 A1	17-09-2014
DE 102012001609 B3	21-02-2013	DE 102012001609 B3	21-02-2013
		WO 2013110467 A1	01-08-2013