



(10) **DE 10 2023 121 905 A1** 2025.02.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 121 905.7**

(22) Anmeldetag: **16.08.2023**

(43) Offenlegungstag: **20.02.2025**

(51) Int Cl.: **B23K 26/04** (2014.01)

B23K 26/08 (2014.01)

B23K 26/14 (2014.01)

B23K 26/02 (2014.01)

H01M 50/50 (2021.01)

(71) Anmelder:
**TRUMPF Laser- und Systemtechnik SE, 71254
Ditzingen, DE**

(74) Vertreter:
Spree, Cornelius, 71254 Ditzingen, DE

(72) Erfinder:
**Speker, Nicolai, 74385 Pleidelsheim, DE;
Bocksrocker, Oliver, 74343 Sachsenheim, DE;
Möller, Mauritz, 70825 Korntal-Münchingen, DE**

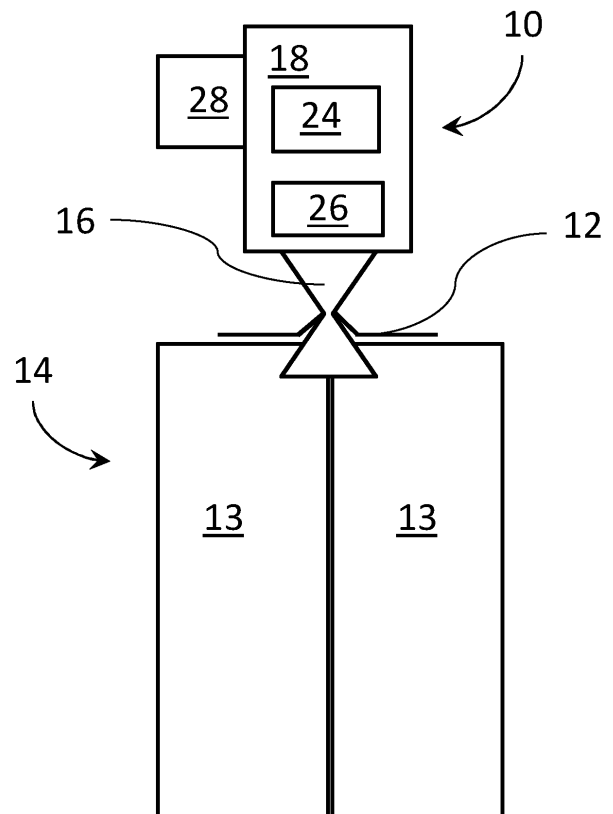
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2010 022 298	A1
DE	10 2022 100 229	A1
US	8 278 591	B2

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks mittels eines Laserstrahls**



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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Durchtrennen eines Werkstücks, insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung, mittels eines Laserstrahls mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks, insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung, mittels eines Laserstrahls mit Merkmalen des Anspruchs 10.

[0002] Batteriezellen, die insbesondere in der Automobilindustrie verwendet werden, können in einer Batteriezellenanordnung 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.

[0003] 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 Batteriezeile 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.

[0004] 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.

[0005] 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.

[0006] 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 einen halben Öff-

nungswinkel 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.

[0007] 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, bei einem Multi-Mode Laser (Strahl) aufweist.

[0008] 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 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 Brand- bzw. Explosionsgefahr der Batteriezellen kann ausgeräumt oder zumindest reduziert werden.

[0009] Das Durchtrennen kann vollständig automatisiert (ohne manuelle Intervention) durchgeführt werden. Dabei kann ein geringerer Wärmeeintrag ggü. anderen Verfahren (bspw. Plasmaschnitt) 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.

[0010] Das Strahlparameterprodukt (SPP) kann mit der folgenden Formel beschrieben werden:

$$SPP = \alpha * (d0 / 2)$$

[0011] Dabei ist α der halbe Öffnungswinkel der Divergenz und $d0$ der Strahldurchmesser des (fokussierten) Laserstrahls auf dem Werkstück.

[0012] Die obige Formel kann wie folgt umgeformt werden:

$$\alpha = SSP / (d0 / 2)$$

[0013] Der halbe Öffnungswinkel α der Divergenz wird also groß, wenn entweder das Strahlparameterprodukt (SSP) groß oder der Strahldurchmesser im Fokus $d0$ klein wird. Dabei kann der Strahldurchmesser $d0$ wie folgt definiert werden:

$$d0 = dLLK * m$$

[0014] Dabei stellt dLLK den Durchmesser des Lichtleitkabels und m das Abbildungsverhältnis dar. Der Strahldurchmesser im Fokus d0 wird also klein, wenn insbesondere das Abbildungsverhältnis klein wird. Für den halben Öffnungswinkel α der Divergenz lässt sich die folgende Formel aufstellen:

$$\alpha = \text{SSP} / (\text{dLLK} * m / 2)$$

[0015] Das Abbildungsverhältnis m kann durch die folgende Formel beschrieben werden:

$$m = f / fC$$

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

[0016] Durch das Variieren bzw. Einstellen insbesondere der Objektivbrennweite f und/oder der Kollimationsbrennweite fC lässt sich so der halbe Öffnungswinkel α bzw. die Divergenz wunschgemäß einstellen.

[0017] 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 (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 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.

[0018] 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.

[0019] 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, aufwei-

sen. Die als Single-Mode-Laser ausgebildete Laserstrahlquelle kann eine Strahlqualität aufweisen, die eine Beugungsmaßzahl M^2 von kleiner 1,7 aufweist.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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 hinter dem Werkstück angeordneten Batteriekomponenten eingebracht wird.

[0025] Gemäß einer Weiterbildung kann die Laserstrahlquelle als ein Laser mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich ausgebildet sein. Die Laserstrahlquelle kann als ein VIS (Visible)-Laser ausgebildet sein. Die Wellenlänge des VIS-Lasers kann 551 nm (grün) betragen.

[0026] Hierdurch kann bei der Verwendung eines VIS-Lasers ein optimaler Energieeintrag in das zu zerschneidende Werkstück eingebracht werden.

[0027] Gemäß einer Weiterbildung kann die Vorrichtung eine Scanneroptik zum Bewegen des Laserstrahls über das Werkstück 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.

[0028] 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.

[0029] Hierdurch kann ein optimaler Energieeintrag in das zu zerschneidende Werkstück mittels einer Scanneroptik eingebracht werden. Zudem kann mit einfachen Mitteln ein Remoteschneiden umgesetzt werden.

[0030] 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.

[0031] 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 insbesondere um Stickstoff handeln. Das Zuführen des Schneidgases kann insbesondere in den Bereich des fokussierten Laserstrahls auf dem Werkstück geschehen.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] Hierdurch kann mit einfachen Mitteln die Position des Laserstrahls und/oder des Werkstücks erfasst bzw. kontrolliert werden.

[0036] 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.

[0037] Das Verfahren umfasst die Schritte:

Erzeugen und Fokussieren eines Laserstrahls, insbesondere mittels einer Lasereinrichtung.

[0038] Dabei weist der Laserstrahl auf dem Werkstück einen Strahldurchmesser von kleiner gleich 100 μm , insbesondere von kleiner gleich 50 μm auf. Der Laserstrahl weist ferner eine Divergenz mit einem halben Öffnungswinkel von größer gleich 80 mrad auf. Ferner kann der Laserstrahl ein Strahlparameterprodukt in einem Bereich von 0,38 mm^*mrad bis 16 mm^*mrad aufweisen.

[0039] Der Laserstrahl kann ein Strahlparameterprodukt von 0,6 mm^*mrad bei einem Single-Mode-Laser(Strahl) aufweisen. Der Laserstrahl kann ein Strahlparameterprodukt von 6 mm^*mrad , insbesondere 4 mm^*mrad , bei einem Multi-Mode-Laser (Strahl) aufweisen.

[0040] 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 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 zumindest reduziert werden.

[0041] Das Durchtrennen kann vollständig automatisiert (ohne manuelle Intervention) durchgeführt werden. Dabei kann ein geringerer 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.

[0042] Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

[0043] Bewegen des Laserstrahls und/oder des Werkstücks, um einen Vorschub (Bewegung) des auf dem Werkstück fokussierten Laserstrahls zu erzeugen.

[0044] 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.

[0045] Hierdurch kann das Durchtrennen des Werkstücks weiter optimiert und eine saubere Schnittfuge umgesetzt werden.

[0046] Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

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

[0047] Durch das Zuführen des Schneidgases kann das Schneidergebnis bzw. die Schneidfuge optimiert werden.

[0048] Gemäß einer Weiterbildung kann das Verfahren den Schritt umfassen:

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

[0049] Hierdurch kann mit einfachen Mitteln eine Positionserfassung und/oder -kontrolle umgesetzt werden.

[0050] Gemäß einer Weiterbildung kann zur Durchführung des Verfahrens eine Vorrichtung gemäß obiger Ausführungen benutzt werden.

[0051] 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.

[0052] 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:

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

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

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

[0053] 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.

[0054] **Fig. 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.

[0055] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung 10 zum Durchtrennen des Werkstücks 12 gemäß **Fig. 1**. Die Vorrichtung 10 ist zum Durchtrennen des Werkstücks 12 mittels eines Laserstrahls 16 eingerichtet.

[0056] Die Vorrichtung 10 umfasst eine Lasereinrichtung 18 zur Erzeugung und/oder Fokussierung des Laserstrahls 16. Die Lasereinrichtung 18 umfasst eine Laserstrahlquelle 24.

[0057] 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 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.

[0058] 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 Laserstrahlquelle 24 kann eine Strahlqualität aufweisen, die eine Beugungsmaßzahl M^2 von kleiner 1,7 aufweist.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] Die Laserstrahlquelle 24 kann als ein Laser mit einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich, insbesondere von 515 nm, ausgebildet sein.

[0062] Vorliegend weist die Vorrichtung 10 eine Scanneroptik 26 zum Bewegen des Laserstrahls 16 über das Werkstück 12 auf. Die Scanneroptik 26 ist

eingerrichtet, 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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.

[0066] 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.

[0067] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines mittels der Vorrichtung 10 gemäß Fig. 2 erzeugten Laserstrahls 16. In Fig. 3 ist die optische Achse 21 des Laserstrahls 16 gestrichelt dargestellt. Die Laserstrahlrichtung 23 des Laserstrahls 16 ist in Fig. 3 mittels eines Pfeils angedeutet.

[0068] 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.

[0069] 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.

[0070] Das Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks 12, insbesondere eines Zellverbinders einer Batterieanordnung 14, mittels eines Laserstrahls 16 kann anhand der Fig. 1 bis 3 wie folgt beschrieben werden:

Zunächst wird vorliegend mittels der Lasereinrichtung 18 ein Laserstrahl 16 erzeugt und auf das Werkstück 12 fokussiert. Dabei weist der Laserstrahl 16 einen Strahldurchmesser 20, ein Strahlparameterprodukt und/oder einen hal-

ben Öffnungswinkel 22, wie oben beschrieben, auf.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] Es kann die Position des Laserstrahls und/oder des Werkstücks 12 ermittelt werden. Dies kann insbesondere mittels eines optischen Sensors 28 durchgeführt werden.

[0074] Zur Durchführung des Verfahrens kann eine in der Fig. 2 gezeigte Vorrichtung 10 (wie oben beschrieben) benutzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum Durchtrennen eines Werkstücks (12), 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 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 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 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, 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 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, ins-

besondere in einem Bereich von 0,5 kW bis 2 kW, aufweist.

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.

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.

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.

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 (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, **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 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 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) umfasst.

10. Verfahren zum Durchtrennen eines Werkstücks (12), insbesondere eines Zellverbinders einer Batteriezellenanordnung (14), mittels eines Laserstrahls (16), umfassend die Schritte:

- 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:

- 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 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 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 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 Ansprüche 1 bis 9 benutzt wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

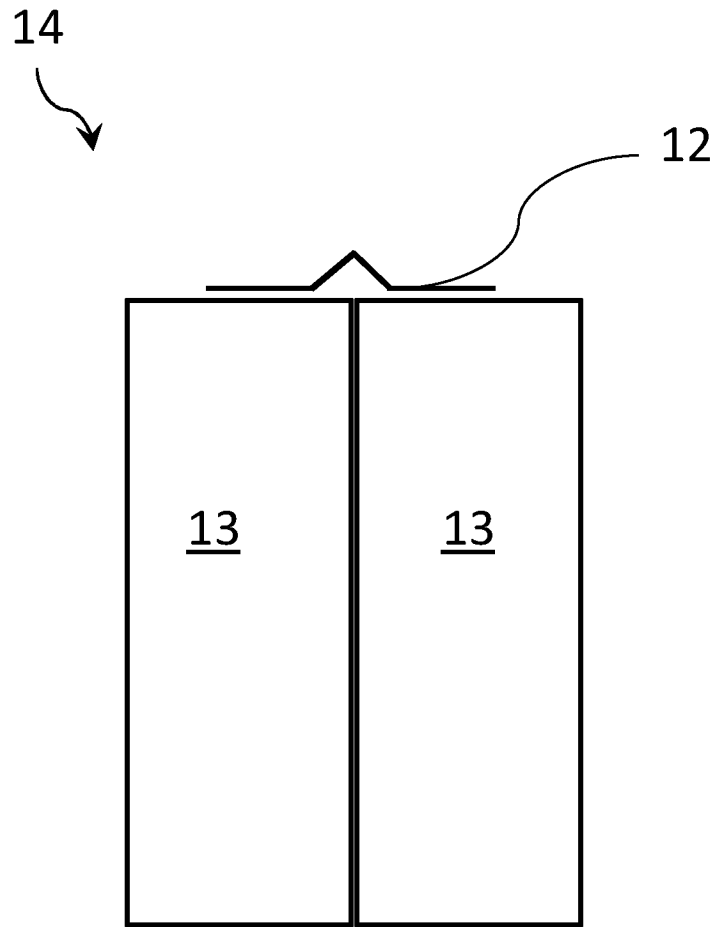


Fig.1

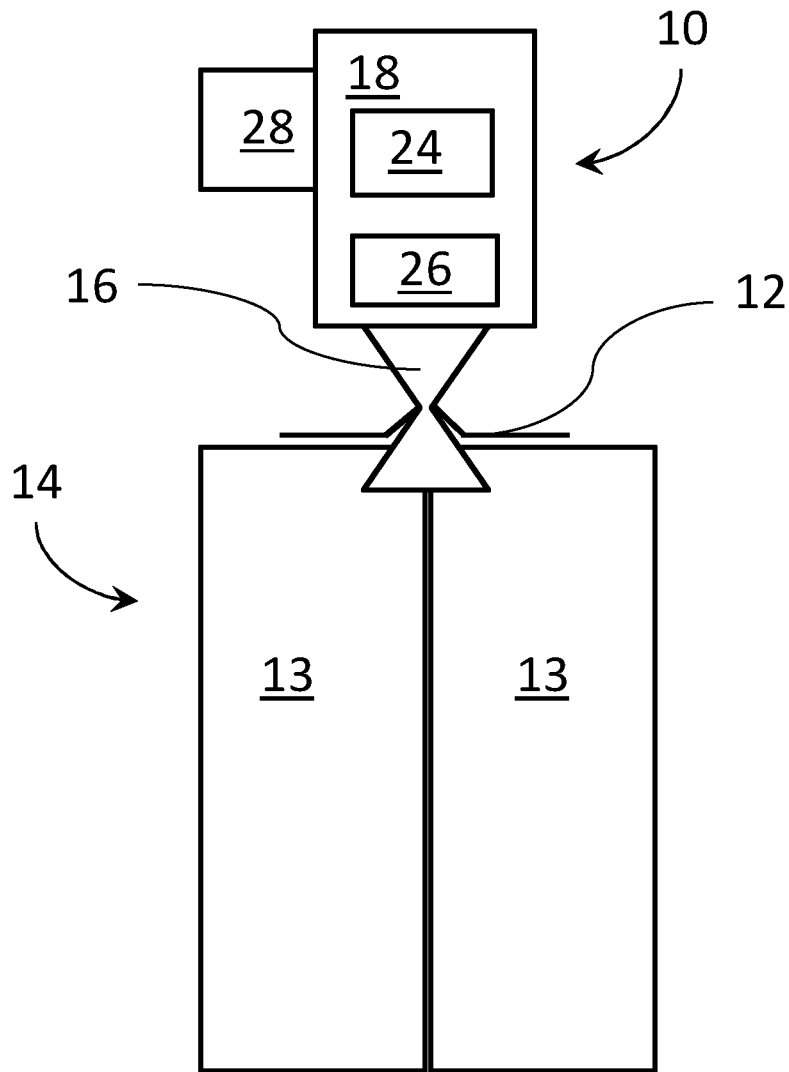


Fig.2

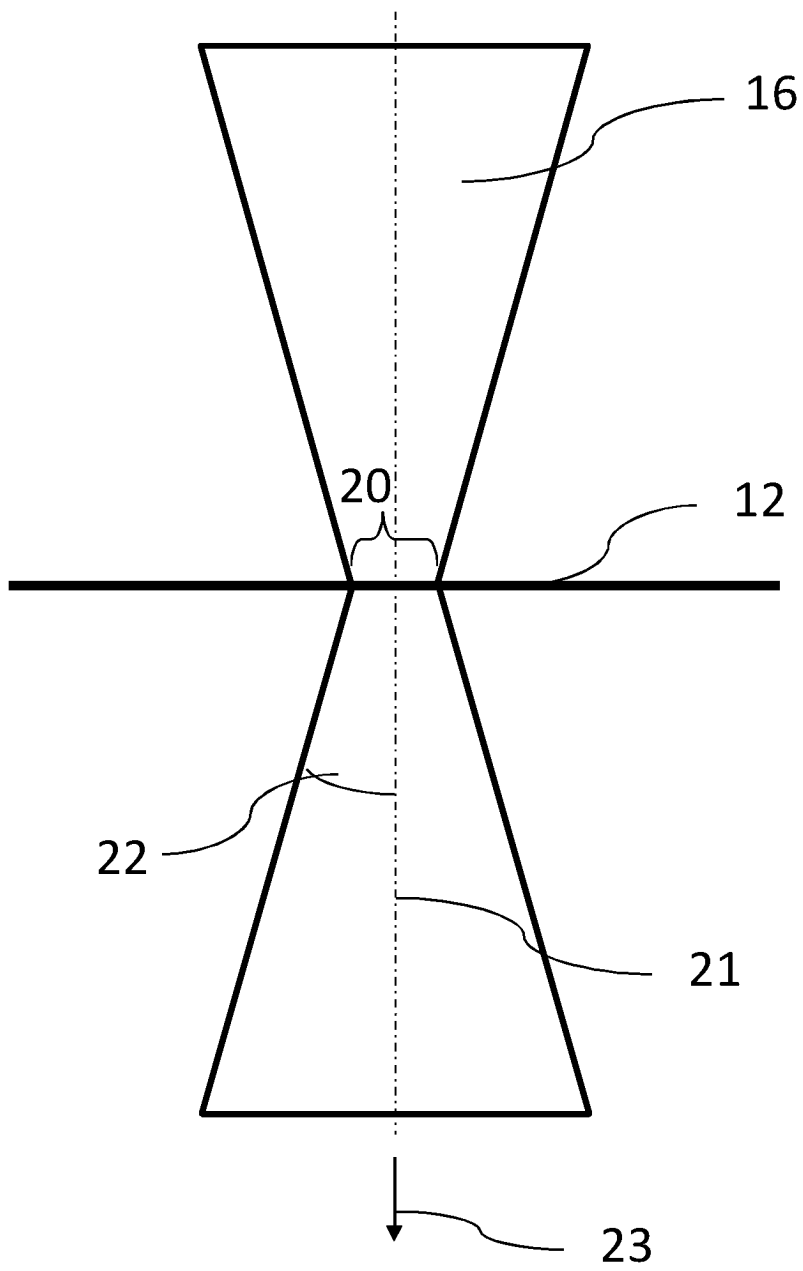


Fig. 3