

(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
01. August 2019 (01.08.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/145482 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B29C 65/08 (2006.01) *B29L 9/00* (2006.01)
H01M 2/14 (2006.01) *B29K 709/02* (2006.01)
B29L 31/34 (2006.01) *B29K 23/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/051869

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Januar 2019 (25.01.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 201 293.8
29. Januar 2018 (29.01.2018) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Werner-
straße 1, 70469 Stuttgart (DE). **GS YUASA INTERNA-**

TIONAL LTD. [JP/JP]; 1, Inobaba-cho, Nishinosho, Kis-
shoin, Minami-ku, Kyoto-shi, Kyoto, 601-8520 (JP).

(72) Erfinder: **KRETSCHMAR, Thomas**; Gruendlerstr. 10,
96199 Zapfendorf (DE). **HARTMANN, Kai**; Bergstr. 29,
96149 Breitenguessbach (DE). **DERRA, Mathias**; Hoeh-
str. 1, 97478 Knetzgau (DE). **PROELL, Johannes**; Klos-
ter-Banz-Str. 4b, 96052 Bamberg (DE). **SCHMITT, Jonas**;
Finkenweg 12, 97522 Sand a. Main (DE). **TAUBMANN,**
Udo; Hopfengartenstr. 29, 96049 Bamberg (DE). **GER-**
LACH, Martin; Gartenaecker 1, 96129 Strullendorf (DE).
HEROLD, Juergen; Buckendorf 36, 96260 Weismain
(DE). **SCHLUND, Christoph**; Weidendamm 7, 96047
Bamberg (DE). **SCHWEIBOLD, Thomas**; Frankenstr. 21,
97483 Eltmann (DE).

(74) Anwalt: **ISARPATENT - PATENT- UND RECHTS-**
ANWÄLTE BEHNISCH BARTH CHARLES HASSA

(54) Title: ULTRASONIC WELDING METHOD

(54) Bezeichnung: ULTRASCHALL-SCHWEIßVERFAHREN

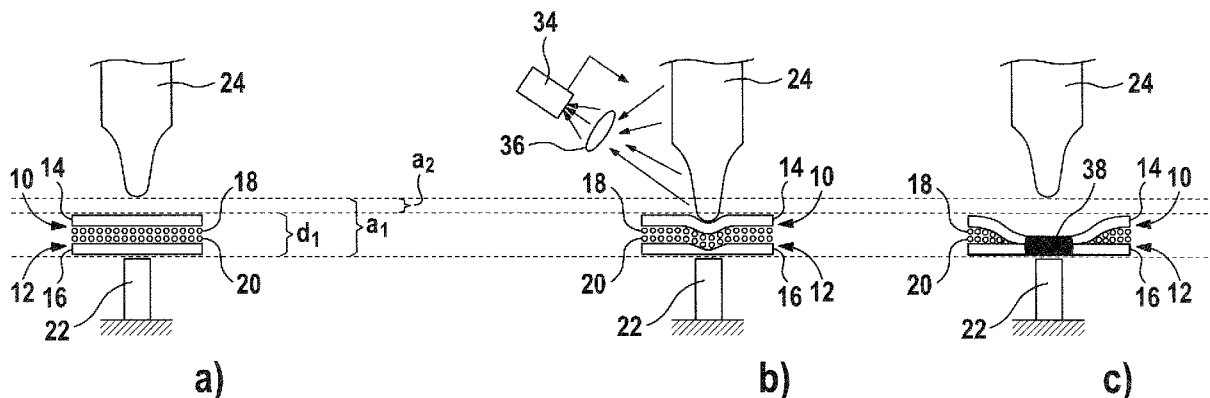


FIG. 3

(57) **Abstract:** The present invention relates to a method for joining two film elements (10, 12) using an ultrasonic welding method, wherein the film elements (10, 12) are arranged with respect to each other in a welding device between a sonotrode (24) and a counter-element such that joining regions of the film elements (10, 12) are positioned adjacent to each other and such that ultrasonic waves are introduced into the film elements (10, 12) by means of the sonotrode (24) for integrally joining same. While the ultrasonic waves are being introduced into the film elements (10, 12), there is a distance between the sonotrode (24), when this is in a basic position with respect to its longitudinal amplitude, and the counter-element (22), said distance being greater than the aggregated thickness of the film elements (10, 12) being joined. While the ultrasonic waves are being introduced into the film elements (10, 12), there is a distance between the sonotrode (24), when this is in a basic position with respect to its longitudinal amplitude, and a film element (10) located adjacent to the sonotrode (24), said distance being smaller than the amplitude of the sonotrode (24).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden zweier Folienelemente (10, 12) mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens, wobei die Folienelemente (10, 12) in einer Schweißvorrichtung zwischen einer Sonotrode (24) und einem Gegenelement derart zueinander angeordnet werden, dass Fügebereiche der Folienelemente (10, 12) benachbart zueinander positioniert sind, und dass mittels der Sonotrode (24) Ultraschallwellen zum stoffschlüssigen Verbinden der Folienelemente (10, 12)



PECKMANN UND PARTNER MBB; Friedrichstraße 31,
80801 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

in diese eingeleitet werden, wobei während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente (10, 12) zwischen der Sonotrode (24), wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement (22) ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte Dicke der zu fügenden Folienelemente (10, 12), und wobei während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente (10, 12) zwischen der Sonotrode (24), wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und einem benachbart zu der Sonotrode (24) befindlichen Folienelement (10) ein Abstand vorgesehen ist, der geringer ist, als die Amplitude der Sonotrode (24).

Beschreibung

Titel

Ultraschall-Schweißverfahren

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ultraschall-Schweißverfahren. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren, bei dem keramikbeschichtete Polymerfolien mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens miteinander schädigungsfrei verbunden werden können.

10

Stand der Technik

15

Oftmals ist es notwendig, Bauteile, wie etwa Folienelemente, miteinander zu verbinden. Beispielhaft sei hier die Herstellung von Batterien beziehungsweise von Batteriezellen genannt. Bei deren Herstellung müssen oftmals dünne Folien, die etwa beschichtet sein können, miteinander verbunden werden, etwa als Separatorfolien. Dieser Schritt ist oftmals eine Herausforderung insbesondere mit Bezug auf die Prozessführung. Ein hierzu geeignetes Verfahren umfasst beispielsweise das Ultraschall-Schweißen.

20

25

US 2015/0303426 A1 beschreibt diesbezüglich das Verbinden zweier Separatorfolien mittels eines Ultraschallschweißens. Die Separatorfolien weisen ein Harz auf, das mit einer hitzebeständigen Schicht versehen ist. Die Separatorfolien werden dabei von einem Vibrator verpresst, der Vorsprünge aufweist, durch welche das Material der hitzebeständigen Schicht aus der Fügezone entfernt werden soll.

30

WO 2015/050084 A1 beschreibt gleichermaßen ein Verfahren zum Verbinden zweier mit einer hitzebeständigen Schicht versehenen Separatorlagen mittels Ultraschallschweißens. Dabei wird eine einen Vorsprung aufweisende Sonotrode in Kontakt mit einer zu verbindenden Lage gebracht und diese gegen die weitere zu verbindende Lage gepresst, wobei Ultraschallwellen eingetragen werden.

35

US 2014/0138012 A1 beschreibt ferner ein System zum Ultraschallschweißen. Ein derartiges System umfasst eine Vielzahl von Sensoren, um den Schweißprozess zu überwachen.

Offenbarung der Erfindung

40

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Verbinden zweier Folienelemente mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens, wobei die Folienelemente in einer Schweißvorrichtung zwischen einer Sonotrode und einem Gegenelement derart zueinander angeordnet werden, dass Fügebereiche der Folienelemente benachbart zueinander positioniert sind, und dass mittels der Sonotrode Ultraschallwellen zum stoffschlüssigen Verbinden der Folienelemente in diese eingeleitet werden, wobei während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte Dicke der zu fügenden Folienelemente, und wobei während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und einem benachbart zu der Sonotrode befindlichen Folienelement ein Abstand vorgesehen ist, der geringer ist, als die Amplitude der Sonotrode.

Insbesondere durch ein wie vorstehend beschrieben ausgestaltetes Verfahren lässt sich auf sichere und schonende Weise ein Verbinden zweier Folienelemente mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens realisieren.

Das vorliegend beschriebene Verfahren dient somit dem Verbinden zweier Folienelemente mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens.

Ein Folienelement ist im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere ein Element beziehungsweise ein Bauteil, welches flexibel verformbar ist und dabei eine zu der Breite und Länge geringe Dicke aufweist. Insbesondere aber nicht beschränkt hierauf weist ein Folienelement etwa eine Dicke auf, wie diese nachstehend beschrieben ist.

Ferner soll unter einem Ultraschall-Schweißverfahren insbesondere ein derartiges Verfahren verstanden werden, bei dem Ultraschallwellen in die zu verbindenden insbesondere zumindest teilweise aus einem thermoplastischen Material ausgestalteten Bauteile eingebracht beziehungsweise eingeleitet werden. Dadurch schmelzen die Bauteile meist mittels innerer Reibung auf und werden so miteinander stoffschlüssig verbunden. Dadurch kann in an sich bekannter Weise eine dauerhaft stabile und einfach ausbildbare insbesondere stoffschlüssige Verbindung erzeugt werden, die sich in Form einer „glasigen“ Schweißnaht abzeichnen kann. Eine „glasige“ Schweißnaht resultiert aus dem Aufschmelzen einer etwa zuvor gereckten und damit mit μm - und nm -skaligen Poren versehenen Kunststoffmembran, wie etwa einem Separator, die weiß erscheint, wobei die Schmelze in Form eines dichten aber amorphen Gefüges erstarrt. Die Naht erscheint glasig bzw. durchsichtig.

Hierzu werden die Folienelemente in eine Schweißvorrichtung eingebracht. Die Schweißvorrichtung für einen Ultraschall-Schweißprozess umfasst eine Sonotrode, mittels der Ultraschallwellen in die zu fügenden Bauteile eingeleitet werden können, und ein Gegenelement, das als Auflage für die zu fügenden Bauteile dient, so dass die Bauteile beziehungsweise in dem hier beschriebenen Verfahren die Folienelemente zwischen der Sonotrode und dem Gegenelement angeordnet werden können. Als Gegenelement kann beispielsweise ein Amboss dienen.

Die Folienelemente werden zwischen der Sonotrode und dem Gegenelement derart zueinander angeordnet, dass Fügebereiche der Folienelemente benachbart zueinander positioniert sind. Somit werden die Folienelemente vor einem Fügen in einer definierten relativen Lage derart zueinander angeordnet, dass die Fügepositionen, an denen die Folienelemente miteinander verbunden werden sollen, aneinandergelegt werden.

Bei dem hier beschriebenen Verfahren ist es ferner vorgesehen, dass während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte Dicke der zu fügenden Folienelemente, wobei während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und einem benachbart zu der Sonotrode befindlichen Folienelement ein Abstand vorgesehen ist, der geringer ist, als die Amplitude. In anderen Worten befindet sich zwischen den zu fügenden Folienelementen und der Sonotrode, wenn diese sich in einem Grundzustand bezüglich ihrer Schwingung befindet ein Spalt. Weiterhin kann es bevorzugt vorgesehen sein, dass während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die Amplitude der Sonotrode. Dadurch kann ein negativer Einfluss der Sonotrode auf das Gegenelement, welches grundsätzlich ein Amboss sein kann, verhindert werden, wodurch hierdurch auftretende Beschädigungen verhindert werden können.

Beispielhaft und in keiner Weise beschränkend können zwei Folienelemente miteinander verbunden werden, welche jeweils eine Dicke von 16 μm aufweisen, wobei der Abstand zwischen der Sonotrode im Grundzustand und dem Gegenelement ein Abstand von 36 μm vorliegen und kann die Amplitude der Sonotrode einstellbar sein beziehungsweise liegen bei 20 μm . Weiter beispielhaft

können zwei Folienelemente miteinander verbunden werden, welche jeweils eine Dicke von 20 μm aufweisen, wobei der Abstand zwischen der Sonotrode im Grundzustand und dem Gegenelement ein Abstand von 45 μm vorliegen und kann die Amplitude der Sonotrode einstellbar sein beziehungsweise liegen bei 24 μm .

5

Insbesondere eine Ausgestaltung mit den vorgenannten Abstandsangaben ermöglicht ein vorteilhaftes und insbesondere schonendes Verbinden beziehungsweise Fügen der Folienelemente.

10

Dem Vorstehenden Folgend ist es bei dem hier beschriebenen Verfahren somit vorgesehen, dass nicht, wie im Stand der Technik üblich, die zu fügenden Elemente bereits vor dem Fügeprozess zwischen der Sonotrode und dem Gegenelement eingepresst werden, sondern es ist vielmehr vorgesehen, dass der Abstand zwischen Sonotrode und Gegenelement derart ausgestaltet ist, dass dieser größer ist, als die

15 Dicke der zu fügenden Folienelemente. Der Abstand bezieht sich insbesondere auf einen Zustand der Sonotrode in einem Grundzustand zwischen einer negativen und einer positiven Amplitude. Dabei soll in an sich bekannter Weise die Amplitude die Auslenkung bedeuten, die die Sonotrode in eine Richtung durch ihre Schwingungen aufweist. Die positive Amplitude verläuft dabei in Richtung der zu fügenden

20 Bauteile, wohingegen die negative Amplitude in die entgegengesetzte Richtung verläuft. Der Grundzustand ist die Mittelposition zwischen positiver und negativer Amplitude. Der Betrag der positiven Amplitude und negativen Amplitude ist gleich.

20

25

Dadurch, dass der zwischen den zu fügenden Folienelementen und der Sonotrode vorliegende Spalt geringer ist, als die Amplitude der Sonotrode, kann es durch das hier beschriebene Verfahren erreicht werden, dass der mechanische Einfluss der Sonotrode auf die zu fügenden Bauteile ausreichend ist, um ein Fügen mittels Schweißen zu ermöglichen. Gegenüber Verfahren, bei denen die zu fügenden Bauteile vor dem Schwingen der Sonotrode zwischen dieser und dem Gegenelement eingepresst werden, ist der mechanische Einfluss jedoch durch den vorgesehenen

30 Spalt signifikant reduziert. Dadurch lässt sich die mechanische Beeinflussung bei einem Schweißvorgang auch bei sehr dünnen zu fügenden Elementen, wie insbesondere bei Folienelementen, sehr gering halten. Ein Beschädigen der Folienelemente durch einen Schweißprozess kann somit verhindert oder zumindest

35 signifikant reduziert werden.

30

35

Somit kann es durch das hier beschriebene Verfahren auf der einen Seite ermöglicht werden, dass eine stabile stoffschlüssige Verbindung der Folienelemente erzeugt wird, dass jedoch auf der anderen Seite eine mechanische Beschädigung, wie etwa

ein Durchstoßen der Sonotrode durch die Folienelemente, im Wesentlichen verhindert werden kann.

Es kann bevorzugt sein, dass während des Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente zwischen der Sonotrode, wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte Dicke der zu fügenden Folienelemente um einen Betrag in einem Bereich von größer oder gleich $1\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $7\mu\text{m}$, beispielsweise von größer oder gleich $3\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $5\mu\text{m}$. Insbesondere derartige Größen können es erlauben, dass bei dem hier beschriebenen Verfahren eine gleichermaßen stabile wie auch schonende Verbindung der Folienelemente erzeugt werden kann, wobei die Folienelemente insbesondere die vorbeschriebenen Dicken aufweisen können. Die Amplitude der Sonotrode wird dann entsprechend derart gewählt, dass die Folienelemente wie gewünscht gefügt und während des Betriebs der Sonotrode durch die Amplitude der Sonotrode komprimiert werden.

Insbesondere lassen sich durch einen hier beschriebenen Schweißprozess derartige Folienelemente miteinander verbinden, die eine Hauptlage aus einem thermoplastischen Kunststoff aufweisen, wobei die Hauptlage mit einer Keramikschiicht beschichtet ist, wobei die Keramikschiichten bei einem Fügen beziehungsweise bei dem Durchführen des hier beschriebenen Schweißprozesses zueinander benachbart angeordnet werden. Denn diesbezüglich ist es problemlos möglich, dass bei dem Durchführen des Verfahrens die Keramikschiicht aus der Fügezone verdrängt wird und somit die Kunststoffe schadigungsfrei miteinander stoffschlüssig verbunden werden. Derartige Folienelemente lassen sich gemäß dem Stand der Technik nicht oder nur schwierig schadigungsfrei fügen.

Beispielsweise folgende Elemente lassen sich durch das hier beschriebene Verfahren verschweißen: einseitig keramikbeschichtete Folien, wobei die Keramikschiichten vis-à-vis angeordnet sind oder beidseitig keramikbeschichtete Folien, wobei die Keramikschiichten hierbei vis-à-vis angeordnet sind wobei beidseitig beschichtete Folien etwa als Batterieseparatoren vorteilhaft sein können, da sie erhöhte elektrochemische Stabilität aufweisen.

Beispiele für thermoplastische Kunststoffe der Folienelemente beziehungsweise der Hauptlage umfassen etwa Polyolefine, beispielsweise Polyethylen oder Polypropylen, wobei entsprechende Modifikationen, wie etwa geeignete Kettenverzweigungen, enthalten sein sollen und/oder wobei diese teilkristallin sein können. Auch können keramikbeschichtete Faservliese, welche auch als „nonvoven

separators“ bezeichnet werden können, etwa aus Polyamid oder Polypropylen, geeignet sein.

5 Ferner können entsprechende beschichtete Glasfaservliese für einen Schweißvorgang geeignet sein.

10 Als Polymere können etwa für die genannten Beispiele HD-PE (high density polyethylen) und LD-PE (low density polyethylen) genannt werden, wobei das Polyethylen beispielsweise einen Kristallisationsgrad in einem Bereich von größer oder gleich 40% bis kleiner oder gleich 80% aufweisen kann und/oder einen Schmelzpunkt in einem Bereich von größer oder gleich 50°C bis kleiner oder gleich 150°C. Der Kristallisationsgrad kann in an sich bekannter Weise bestimmbar sein mittels IR-Spektroskopie.

15 Bezüglich Polypropylen können ebenfalls diverse Kristallstrukturen, wie etwa isotaktisches oder syndiotaktisches Polypropylen, wie auch deren Modifikationen (α -PP, β -PP oder γ -PP) geeignet sein. Ferner kann das Polypropylen beispielsweise einen Kristallisationsgrad in einem Bereich von größer oder gleich 30% bis kleiner oder gleich 60% aufweisen und/oder kann es einen Schmelzpunkt in einem Bereich von größer oder gleich 160°C bis kleiner oder gleich 220°C aufweisen. Der Kristallisationsgrad kann wiederum in an sich bekannter Weise bestimmbar sein mittels IR-Spektroskopie.

25 Grundsätzlich kann der Kunststoff der Folienelemente eine axial oder biaxial gereckte Folie aus Polyethylen oder Polypropylen ausbilden, die einen Porositätsgrad in einem Bereich von größer oder gleich 30% bis kleiner oder gleich 60% aufweist und/oder isotrope oder anisotrope mechanische und gegebenenfalls thermische Eigenschaften aufweist, wobei die Poren grundsätzlich eine offene Porosität, eine geschlossene Porosität oder eine Mischung ausbilden können. Das Hohlraumvolumen und damit der Porositätsgrad sind in an sich bekannter Weise durch Porosimetrie gemäß ASTM D-2873 zu bestimmen.

35 Bezüglich der Keramikbeschichtung kann es ferner vorgesehen sein, dass diese porös ist und/oder eine insbesondere chemisch inerte Oxidkeramik aufweist. Beispielhafte Keramiken umfassen etwa Aluminiumoxid (Al_2O_3) oder Zirkonoxid (ZrO_2) oder auch deren Modifikationen, wie beispielsweise Böhmit ($\text{AlO}(\text{OH})$).

40 Grundsätzlich kann die Keramikbeschichtung eine Schichtdicke in einem Bereich von größer oder gleich 0,5 μm bis kleiner oder gleich 5 μm aufweisen, etwa in einem Bereich von größer oder gleich 1 μm bis kleiner oder gleich 3 μm . Ferner kann die

Keramikbeschichtung aus Partikeln ausgestaltet sein, die eine Primärpartikelgröße aufweisen in einem Bereich von größer oder gleich 20nm bis kleiner oder gleich 2µm, beispielsweise in einem Bereich von größer oder gleich 200nm bis kleiner oder gleich 1µm.

Anwendungsgebiete für das Fügen derartiger Folienelemente umfassen beispielsweise die Herstellung von Verpackungen, wie etwa von Verpackungsbeuteln, die Herstellung von Bauteilen aus der Elektronik- oder Halbleiterindustrie oder die Herstellung von Bauteilen der Batterietechnik, wie etwa Separatorfolien, Umhüllungen von Elektrodenstapeln etwa in Pouch-Zellen, zur Reduzierung der Partikelkontamination durch das Schweißverfahren und zur Sicherheitssteigerung, wie auch zur Erhöhung der Stapelbarkeit.

Es kann ferner bevorzugt sein, dass wenigstens eines von der Sonotrode und dem Gegenelement eine Struktur mit einer Strukturtiefe in einem Bereich von größer oder gleich 0,5µm bis kleiner oder gleich 5µm aufweisen und/oder Strukturabstände in einem Bereich von größer oder gleich 10µm bis kleiner oder gleich 1mm, etwa in einem Bereich von größer oder gleich 100µm bis kleiner oder gleich 800µm, aufweisen. Dreidimensionale Strukturen mit Strukturtiefen und -abständen auch in Bereichen von weniger als 50µm sind problemlos erzielbar etwa durch den Einsatz von Ultrakurzpuls-Lasern für die Strukturierung. Es kann diesbezüglich eine direkte Strukturierung für Strukturen >1µm erfolgen. Ferner kann etwa durch selbstorganisierende Strukturen mittels sogenanntem Laser-induced periodic surface structures (LIPSS) auch für Strukturabstände von <1µm eine gute Strukturierung erfolgen.). Dadurch wird es möglich, dass ein flexibles Aspektverhältnis, also ein „Tiefe-zu-Breite“-Verhältnis der Struktur eingestellt werden kann. Dies ist im Gegensatz zu dünnen Folien in Sonotroden- und Amboss-Vollmaterialien aus Metall möglich. Insbesondere durch eine Struktur in einer derartig geringen Höhe oder Tiefe kann ein besonders schädigungsfreies Fügen der Folienelemente verbunden werden mit einem gezielten Eintrag der durch die Schallwellen erzeugten Energie im Sinne eines Energierichtungsgebers durch die Mikrostruktur. Dabei können sowohl Erhöhungen wie auch Vertiefungen mit der vorbeschriebenen Höhe beziehungsweise Tiefe vorliegen in einer grundsätzlich wählbaren Struktur, beispielsweise in der Form eines Schachbrettmusters oder in ähnlichen Strukturen.

Besonders bevorzugt kann es vorgesehen sein, dass die Keramikbeschichtung eine Struktur mit einer Strukturtiefe in einem Bereich von größer oder gleich 0,5µm bis kleiner oder gleich 5µm aufweist und/oder Strukturabstände in einem Bereich von größer oder gleich 10µm bis kleiner oder gleich 1mm, etwa in einem Bereich von

größer oder gleich $50\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $800\mu\text{m}$, aufweist. Dabei ist die Strukturtiefe nicht größer, als die Dicke der Beschichtung. In dieser Ausgestaltung kann die Konzentrierung der eingetragenen Energie im Sinne eines Energierichtungsgebers durch eine Struktur in der Keramikbeschichtung ermöglicht werden. Dadurch kann eine besonders effektive Konzentrierung der Energie ermöglicht werden, was die erzeugten Verbindungen besonders stabil gestalten kann und ferner Schädigungen der Folienelemente besonders effektiv verhindern kann.

Bezüglich des hier beschriebenen Verfahrens kann es besonders bevorzugt sein, dass die Folienelemente eine Dicke aufweisen in einem Bereich von größer oder gleich $5\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $5000\mu\text{m}$, etwa in einem Bereich von größer oder gleich $5\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $50\mu\text{m}$, beispielsweise in einem Bereich von größer oder gleich $9\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $16\mu\text{m}$. Insbesondere für derartige Folienelemente kann das Ultraschall-Schweißverfahren von Vorteil sein, da insbesondere Folienelemente mit derart geringen Dicken oftmals gemäß dem Stand der Technik nur schwer beschädigungsfrei zu fügen sind, so dass die Vorteile des Verfahrens insbesondere in dieser Ausgestaltung besonders effektiv sind.

Beispielsweise bei den hier beschriebenen Dicken kann es von Vorteil sein, dass die Dicke der Keramikbeschichtung in einem Bereich liegt von größer oder gleich $0,5\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $5\mu\text{m}$, etwa in einem Bereich von größer oder gleich $1\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $4\mu\text{m}$, beispielsweise in einem Bereich von größer oder gleich $2\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $3\mu\text{m}$.

Diesbezüglich kann es bevorzugt sein, dass die Sonotrode mit einer longitudinalen Amplitude in einem Bereich von größer oder gleich $16\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $32\mu\text{m}$, vorzugsweise in einem Bereich von größer oder gleich $18\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $22\mu\text{m}$, arbeitet, also jeweils als positive und negative Amplitude. Insbesondere derartige Amplituden der Sonotrode können es gewährleisten, dass bei dem hier beschriebenen Verfahren eine gleichermaßen stabile wie auch schonende Verbindung der Folienelemente erzeugt werden kann. Beispielhaft kann diese Ausgestaltung gewählt werden bei einer Dicke der Folienelemente von insgesamt $32\mu\text{m}$, also etwa $16\mu\text{m}$ pro Folienelement, wobei diese eine thermoplastische Lage in einer Dicke von $13\mu\text{m}$ und eine Keramikbeschichtung von $3\mu\text{m}$ aufweisen können.

Bezüglich der vorgenannten Parameter für ein Ultraschallschweißen von Folienelementen, um eine stabile Verbindung zu kombinieren mit einem schonenden Fügeprozess kann es insbesondere bevorzugt sein, dass das Verhältnis der Amplitude der Sonotrode zu dem Abstand zwischen Sonotrode und Gegenelement zu der addierten Dicke der Folienelemente in einem Bereich liegt von 0,6 (Amplitude

der Sonotrode) : 1,13 (Abstand zwischen Sonotrode und Gegenelement) : 1,0 (addierte Dicke der Folienelemente) wobei jeder der Parameter abweichen kann in einem Bereich von kleiner oder gleich 50%, bevorzugt kleiner oder gleich 20%, besonders bevorzugt kleiner oder gleich 5%, also in einer Ungenauigkeit von 50% für jeden der genannten Parameter, bevorzugt in einer Ungenauigkeit von 20 % für jeden der genannten Parameter, besonders bevorzugt in einer Ungenauigkeit von 5% für jeden der genannten Parameter. In anderen Worten kann über dieses Verhältnis bei gegebenen Dicken der Folienelemente die Amplitude und der Abstand zwischen Sonotrode und Gegenelement einstellbar sein.

Es kann weiterhin bevorzugt sein, dass die Sonotrode zumindest an einer Sonotrodenspitze temperiert wird auf einen Bereich von größer oder gleich 30°C bis kleiner oder gleich 120 °C. In dieser Ausgestaltung kann der Fügeprozess thermisch unterstützt werden. Dies kann insbesondere dadurch realisierbar sein, dass die Sonotrode beziehungsweise die Spitze derselben sich durch Temperaturanstieg ausdehnt, was den Abstand zwischen Sonotrode und Gegenelement weiter verringert. Optimale Temperaturen liegen etwa in einem Bereich von größer oder gleich 30°C bis kleiner oder gleich 120°C, beispielsweise in einem Bereich von größer oder gleich 40°C bis kleiner oder gleich 80°C, vorzugsweise in einem Bereich von größer oder gleich 50°C bis kleiner oder gleich 60°C. Eine Temperaturmessung kann beispielsweise erfolgen durch einen IR-Detektor. Die Temperatur kann ferner eingestellt beziehungsweise geregelt werden durch aktive Temperiermittel oder auch durch entsprechendes „Einfahren“ des Prozesses durch Kontakt der Sonotrode mit den Folienelementen etwa im Rahmen von Testschweißungen. Weiterhin kann die optimale Sonotrodentemperatur über ein Freischwingen der Sonotrode bei 35kHz, etwa ohne Kontakt mit dem Folienelement, gehalten werden.

Es kann ferner bevorzugt sein, dass die Folienelemente mit einem definierten Vorschub relativ zu wenigstens einem von der Sonotrode und dem Amboss miteinander verschweißt werden. Geeignete Vorschubgeschwindigkeiten liegen grundsätzlich in einem Bereich von größer oder gleich 10 mm/s bis kleiner oder gleich 500mm/s, insbesondere von größer oder gleich 50 mm/s bis kleiner oder gleich 100mm/s. In Abhängigkeit der Schweißfrequenz und der Vorschubgeschwindigkeit sowie gegebenenfalls der Sonotrodenform, also Durchmesser der Spitze, der Struktur und gegebenenfalls der Ambossform, also Durchmesser, Geometrie, der Struktur, können kontinuierliche Schweißnähte oder aneinander gereimte Punktschweißungen als Schweißnaht erzeugt werden.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gegenstände werden durch die Zeichnungen veranschaulicht. Es zeigen

- Fig. 1 eine schematische Ansicht zweier zu fügender Folienelemente;
Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Schweißvorrichtung mit positionierten zu fügenden Folienelementen;
5 Fig. 3 eine schematische Ansicht darstellend ein Schweißverfahren;
Fig. 4 eine schematische Ansicht zeigend Energierichtungsgeber an einer Sonotrode;
Fig. 5 eine schematische Ansicht zeigend Energierichtungsgeber an einem Amboss;
10 Fig. 6 eine schematische Ansicht zeigend Energierichtungsgeber an einer Keramikbeschichtung;
Fig. 7 eine schematische Ansicht zeigend eine Schweißnaht in einer ersten Ausgestaltung; und
Fig. 8 eine schematische Ansicht zeigend eine Schweißnaht in einer zweiten Ausgestaltung.
15

Die Figuren zeigen ein Verfahren, das insbesondere anwendbar ist zur Herstellung von Ultraschall-Schweißverbindungen zwischen Folienelementen 10, 12, wie etwa zwischen keramikbeschichteten teilkristallinen Thermoplasten unter Einsatz
20 beispielsweise temperierter etwa als Stabsonotroden ausgestalteter Sonotroden 24 mit Schallwellenkonzentration im Sinne von Energierichtungsgebern (ERG) im Submillimeterbereich. Dabei sind sämtliche Merkmale und insbesondere Wertebereiche als grundsätzliche Merkmale zu sehen, welche unabhängig der spezifischen Ausgestaltung einen Teil der Erfindung ausbilden können.
25

In der Figur 1 sind zwei zu fügende Folienelemente 10, 12 gezeigt, welche durch ein Verfahren gemäß der Erfindung mittels eines Ultraschweiß-Verfahrens miteinander verbunden werden sollen.

30 Die Folienelemente 10, 12 weisen jeweils eine etwa aus einem thermoplastischen Kunststoff, wie etwa Polyethylen oder Polypropylen, gefertigte Hauptlage 14, 16 auf, die jeweils mit einer Keramikbeschichtung 18, 20 beschichtet sind. Die jeweiligen Folienelemente 10, 12 können beispielsweise als Separatorlagen für eine Batteriezelle ausgestaltet sein. Für einen Fügeprozess sind die Folienelemente 10, 12
35 derart angeordnet, dass die Keramikbeschichtungen 18, 20 zueinander benachbart angeordnet sind.

In der Figur 2 ist eine Anordnung gezeigt, mit welcher die Folienelemente 10, 12 mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens gefügt werden können. Die Anordnung
40 umfasst einen Amboss 22, der als Auflage für die Folienelemente 10, 12 dient. Der

Amboss 22 ist vorzugsweise aus gehärtetem Stahl, etwa schallhartem Stahl, ausgebildet und/oder kann feststehend sein oder in horizontaler Ebene beweglich sein. Ferner kann der Amboss 22 unstrukturiert sein oder mit einer Struktur versehen, welche als Energierichtungsgeber dienen kann. Die Struktur kann insbesondere eine

5 Strukturtiefe in einem Bereich von größer oder gleich $0,5\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $5\mu\text{m}$ aufweisen und/oder Strukturabstände in einem Bereich von größer oder gleich $10\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich 1mm aufweisen.

Gegenüberliegend von dem Amboss 22 ist eine Sonotrode 24 angeordnet, die als

10 Stabsonotrode ausgestaltet ist und Ultraschallschwingungen in die Folienelemente 10, 12 einbringen kann. Die Sonotrode 24 kann beispielsweise aus Aluminium, Titan oder gehärtetem Stahl, wie etwa 1.4125-Stahl oder 1.2510-Stahl ausgestaltet sein und/oder einen Durchmesser in einem Bereich von größer oder gleich 1mm bis kleiner oder gleich 12mm , beispielsweise größer oder gleich 2mm bis kleiner oder

15 gleich 16mm , etwa von 4mm , aufweisen.

Ferner kann zwischen der Sonotrode 24 in ihrer Grundstellung bezüglich der Amplitude und dem Amboss 22 ein Spalt ausgebildet sein, der eine Dicke von größer oder gleich $20\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $40\mu\text{m}$, bevorzugt von größer oder gleich

20 $35\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $38\mu\text{m}$ aufweist. Der Spalt kann insbesondere an die gewählte Amplitude der Sonotrode 24 und die Dicken der Folienelemente 10, 12 angepasst sein. Grundsätzlich kann es vorgesehen sein, dass die Eindringtiefe der Sonotrode 24 in zwei Lagen Material beziehungsweise in zwei Folienelemente 10, 12 in einem Bereich liegt von größer oder gleich $12\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $19\mu\text{m}$.

Grundsätzlich können die Parameterbereiche eingestellt werden, so dass das Verhältnis der Amplitude der Sonotrode zu dem Abstand zwischen Sonotrode und

25 Gegenelement zu der addierten Dicke der Folienelemente in einem Bereich liegt von $0,6 : 1,13 : 1,0$, wobei jeder der Parameter abweichen kann in einem Bereich von kleiner oder gleich 50% , bevorzugt kleiner oder gleich 20% , besonders bevorzugt kleiner oder gleich 5% . Beispiele umfassen etwa $20\mu\text{m} : 36\mu\text{m} : 32\mu\text{m}$ oder $24\mu\text{m} : 45\mu\text{m} : 40\mu\text{m}$. In beiden Fällen ist es erkennbar, dass sich der Abstand von

30 Sonotrode 24 zu Amboss 22 bei einem Sonotrodenhub, also einer Amplitude, auf 16 beziehungsweise $21\mu\text{m}$ verringert, die Folienelemente 10, 12 dadurch auf die Hälfte der Ursprungsdicke komprimiert werden. Zusätzlich wird der Abstand zwischen

35 Sonotrode 24 in ihrem Grundzustand zu dem Amboss 22 gegebenenfalls durch Schwingungen des Ambosses 22 reduziert, die während des Ultraschall-Schweißverfahrens induziert werden. Entsprechend können schallharte Materialien für den Amboss 22 vorteilhaft sein, die die Aufnahme von Schwingungsenergie

verhindern und durch Reflektion eine stehende Welle ausbilden beziehungsweise induzieren.

Die Sonotrode 24 ist Teil eines Schwingungsgebildes 26, das neben der Sonotrode 24 einen Konverter 28 und einen Booster 30 aufweist. Das Schwingungsgebilde 26 schwingt dabei in Resonanz. Der Konverter 28, der ein elektrisches Signal in ein mechanisches Signal umwandeln kann, kann von einem Generator 31 angesteuert werden, etwa mit einer Frequenz von größer oder gleich 20KHz bis kleiner oder gleich 40KHz, etwa von 35 KHz. Der Booster 30 kann eine Amplitudenerhöhung oder Amplitudenreduzierung in einem Verhältnis von 1:1 bis 1:2, beispielsweise von 1:1, 1:1,5 der 1:2 ermöglichen, wobei die vorstehenden Werte nicht beschränkend sind.

Ferner ist eine Vorschubeinheit 32 vorgesehen, welche bezüglich der Sonotrode 24 longitudinal, also in Amplitudenrichtung, wirken kann. Somit ist durch die Vorschubeinheit 32 die Schweißkraft ausbildbar, etwa servo-getrieben oder über Pneumatikzylinder.

In der Figur 3 ist ein Ultraschall-Schweißprozess im Detail gezeigt. Dabei zeigt Figur 3a den Ausgangszustand mit dem Amboss 22, auf dem die Folienelemente 10, 12 angeordnet sind und der Sonotrode 24, die in einem Grundzustand zu dem Folienelement 10 beabstandet ist. Die Sonotrode 24 ist als Stabsonotrode ausgestaltet und weist eine Spitze mit einem Durchmesser von 4mm auf, wohingegen der Amboss 22 einen Durchmesser von 6mm aufweist. Die Sonotrode 24 arbeitet mit einer Amplitude von $20\mu\text{m}$ für jede Hubrichtung, also einem Gesamtverfahrweg von $40\mu\text{m}$. Die addierte Dicke beider Folienelemente 10, 12 liegt bei $32\mu\text{m}$ als Dicke d_1 , wohingegen der Abstand von Amboss 22 zu Sonotrode 24 als Abstand a_1 bei $36\mu\text{m}$ liegt. Somit liegt der Abstand a_2 zwischen Folienelement 10 und Sonotrode 24 bei $4\mu\text{m}$. Der Amboss 22 beziehungsweise das Gegenelement kann auch erhöht angeordnet sein, etwa in einem Bereich von 0,05-0,3mm, wobei der Abstand zwischen Amboss 22 und Sonotrode 24 gleich bleibt. Dadurch kann der Amboss 22, etwa im Falle eines unbewegten Ambosses 22, etwas angehoben werden, damit das obere und das untere zu fügenden Folienelement 10, 12 jeweils „verjüngt“ in den Spalt einlaufen und bspw. nicht nur das obere Folienelement 10 gegen das untere Folienelement 12 gedrückt wird. Erfahrungsgemäß reduziert dies die Fehlerbildung in Form von Rissen an der Schweißnahtkante.

In der Figur 3b ist ein Zustand während des Schweißprozesses gezeigt. Dabei wird über einen IR-Detektor 34, etwa unter Zuhilfenahme einer Linse 36, die Temperatur der Sonotrode 24 an ihrer Spitze gemessen und diese entsprechend auf 50-60°C

geregelt. Dadurch kann der Fügeprozess thermisch unterstützt werden. Dies dadurch, dass die Sonotrode 24 beziehungsweise die Spitze derselben sich durch Temperaturanstieg ausdehnt, was den Abstand zwischen Sonotrode 24 und Amboss 22 weiter verringert. Optimale Temperaturen liegen etwa in einem Bereich von größer oder gleich 30°C bis kleiner oder gleich 120°C, beispielsweise in einem Bereich von größer oder gleich 40°C bis kleiner oder gleich 80°C, vorzugsweise in einem Bereich von größer oder gleich 50°C bis kleiner oder gleich 60°C.

Hierzu kann zunächst die Sonotrode 24 sozusagen warmlaufen und zu einer Temperatur im vorbeschriebenen Bereich aufgeheizt werden. Es ist ferner gezeigt, dass durch die Amplitude der Sonotrode von 20 µm bei einer Frequenz von 35 Hz die Folienelemente 10, 12 durch eine Kraft zusammengepresst werden, so dass am Endhub der Sonotrode 24 der Abstand zwischen Amboss 22 und Sonotrode 24 noch bei 16µm liegt.

Die Sonotrode 24 kann entlang den Folienelemente 10, 12 bewegt werden etwa mit einer Haltekraft beziehungsweise Schweißkraft von 20-400N, beispielsweise 100N spaltkontrolliert auf Festanschlag. Dabei kann, Um die Spaltkontrolle zu erzielen, das Schwinggebilde beispielsweise pneumatisch gegen einen Festanschlag gedrückt werden, wobei eine stehende Welle erzeugt werden kann. Es erfolgt eine Komprimierung beziehungsweise Verformung der Folienelemente 10, 12 durch die Spitze der Sonotrode 24 und ein erstes Aufbrechen der Keramikbeschichtung 18, 20 und damit ein erstes Austreiben des Materials der Keramikbeschichtung 18, 20 aus der Schweißzone durch die statische Schweißkraft. Ein vollständiges Austreiben des Materials der Keramikbeschichtung 18, 20 aus der Fügezone erfolgt durch die Vibrationen der Ultraschallwellen.

Figur 3c zeigt ferner einen Zustand, bei dem die Folienelemente 10, 12 gefügt sind. Dabei ist eine Schweißnaht 38 gezeigt, aus der das Material der Keramikbeschichtung 18, 20 verdrängt wurde und das thermoplastische Material der Hauptlagen 14, 16 der Folienelemente 10, 12 stoffschlüssig verbunden ist.

Bezüglich der thermoplastischen Materialien wird zur stoffschlüssigen Verbindung eine Schmelze erzeugt durch das Eintragen von Ultraschallwellen und dabei insbesondere durch elastische Hysterese, Grenzflächengleiten und plastische Verformung gegebenenfalls in Kombination mit Abschmelzen des Materials unterhalb des Energierichtungsgebers (ERG), also etwa eines Teils des Folienelements unterhalb der Keramikschicht. Das geschmolzene Material wirkt dabei als Schallabsorber und wandelt Schallenergie kontinuierlich in Wärme um. Dadurch erfolgt ein Temperaturanstieg und die Ausbreitung der Schweißnaht 38 über

die gesamte Fügezone. Die restliche Keramik der Keramikbeschichtungen 18, 20 wird durch die durch die Schmelzdynamik gemeinsam mit dem geschmolzenen Material aus der Fügezone ausgepresst.

Die Verweilzeit der Sonotrode 24 pro Position der Folienelemente 10, 12 durch eine horizontale Bewegung der Sonotrode 24 beziehungsweise des Ambosses 22 ist wählbar in Abhängigkeit der Verfahrensgeschwindigkeit und ist gemeinsam mit der Schweißkraft dafür verantwortlich, dass und wie die Schmelze der thermoplastischen Materialien erstarrt.

In der Figur 4 ist eine erste Ausgestaltung gezeigt, um die Energie der Ultraschallwellen gezielt in die Folienelemente 10, 12 einzubringen. Gemäß dieser Ausgestaltung ist eine profilierte Spitze der Sonotrode 24 vorgesehen, um so eine Struktur 40 zu schaffen, die als Energierichtungsgeber dient. Eine derartige Struktur kann mittels eines Lasers eingebracht werden, wie etwa mittels eines Pikosekundenlasers (ps-Laser) oder eines Femtosekundenlaser (fs-Laser) und hat eine Höhe oder Tiefe beziehungsweise Strukturtiefe im Submillimeterbereich, etwa wie vorstehend beschrieben. Grundsätzlich ist es bei einem Energierichtungsgeber vorgesehen, dass die maximale Amplitude dort auftritt und eine Konzentrierung des Eintrags der Schallwellen beziehungsweise der entsprechenden Energie erfolgen kann.

In Figur 5 ist eine weitere Ausgestaltung eines Energierichtungsgebers gezeigt. Im Detail ist in Figur 5 zu sehen, dass der Amboss 22 eine entsprechende Struktur 42 aufweist. Wie vorstehend beschrieben für die Sonotrode 24, weist auch die Struktur 42 des Amboss 22 eine entsprechende Strukturtiefe beziehungsweise einen entsprechenden Strukturabstand auf. Die Struktur 42 des Energierichtungsgebers kann beispielsweise Rändelformen, wie etwa Quadrate, Spitzen, Pyramidenstümpfe, oder Rauten umfassen. Die Strukturen können wiederum beispielsweise mittels eines Lasers eingebracht werden, etwa mittels eines Pikosekundenlasers (ps-Laser) oder eines Femtosekundenlaser (fs-Laser).

Figur 6 zeigt eine weitere Ausgestaltung eines Energierichtungsgebers. Diese Ausgestaltung umfasst eine Struktur 44, 46 in der Keramikschicht 18, 20, die ebenfalls in der vorgenannten Tiefe im Submillimeterbereich vorliegen kann. Diese kann etwa erzeugt werden durch Strukturieren der Kunststofffolien vor dem Aufbringen der Keramik, etwa mittels Rändeln, Lasern oder Nadeln. Ferner kann die Struktur in die Keramikschicht 18, 20 selbst eingebracht werden. Dies kann wiederum ermöglicht werden durch das Einwirken eines Lasers, etwa mittels eines Pikosekundenlasers (ps-Laser) oder eines Femtosekundenlasers (fs-Laser).

Die Figuren 7 und 8 zeigen Ausgestaltungen jeweils einer Kontur einer Schweißnaht 38, die mit einem Verfahren der Erfindung erzeugt werden können. Grundsätzlich können etwa mittels pneumatischem oder elektrisch gesteuertem Vorschub die
5 Folienelemente 10, 12 über einem stehenden Amboss 22 mit beweglicher Sonotrode 24 oder auf einem bewegten Amboss 22 fixiert bei stehender Sonotrode 24 bewegt werden. Grundsätzlich sind verschiedene Konturen der Schweißnähte 38 möglich, wie etwa in einer Linienform, L-Form, M-Form, U-Form, geschlossener Kontur.

10 In Abhängigkeit der Schweißfrequenz und der Vorschubgeschwindigkeit sowie der Sonotrodenform, also Durchmesser der Spitze, der Struktur usw. und der Ambossform, also Durchmesser, Geometrie, der Struktur usw. können kontinuierliche Schweißnähte 38 oder aneinander gereihte Punktschweißungen als Schweißnaht 38 erzeugt werden.

15 Geeignete Vorschubgeschwindigkeiten des Amboss 22 oder der Sonotrode 24 liegen grundsätzlich in einem Bereich von größer oder gleich 10 mm/s bis kleiner oder gleich 500mm/s, insbesondere von größer oder gleich 50 mm/s bis kleiner oder gleich 100mm/s.

20 Figur 7 zeigt dabei eine Draufsicht auf eine U-förmige Schweißnaht, welche erzeugt werden kann mittels geringem Vorschub und hoher Verweilzeit.

25 Figur 8 zeigt eine gepunktete Schweißnaht, welche erzeugbar ist durch einen vergleichsweise schnellen Vorschub und einer geringen Verweilzeit.

Ansprüche

1. Verfahren zum Verbinden zweier Folienelemente (10, 12) mittels eines
Ultraschall-Schweißverfahrens, wobei die Folienelemente (10, 12) in einer
Schweißvorrichtung zwischen einer Sonotrode (24) und einem Gegenelement
(22) derart zueinander angeordnet werden, dass Fügebereiche der
Folienelemente (10, 12) benachbart zueinander positioniert sind, und dass
mittels der Sonotrode (24) Ultraschallwellen zum stoffschlüssigen Verbinden
der Folienelemente (10, 12) in diese eingeleitet werden, dadurch
gekennzeichnet, dass während des Einleitens der Ultraschallwellen in die
Folienelemente (10, 12) zwischen der Sonotrode (24), wenn diese sich in einer
Grundposition bezüglich ihrer longitudinalen Amplitude befindet, und dem
Gegenelement (22) ein Abstand vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte
Dicke der zu fügenden Folienelemente (10, 12), und wobei während des
Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente (10, 12) zwischen der
Sonotrode (24), wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer
longitudinalen Amplitude befindet, und einem benachbart zu der Sonotrode (24)
befindlichen Folienelement (10) ein Abstand vorgesehen ist, der geringer ist, als
die Amplitude der Sonotrode (24).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass während des
Einleitens der Ultraschallwellen in die Folienelemente (10, 12) zwischen der
Sonotrode (24), wenn diese sich in einer Grundposition bezüglich ihrer
longitudinalen Amplitude befindet, und dem Gegenelement (22) ein Abstand
vorgesehen ist, der größer ist, als die summierte Dicke der zu fügenden
Folienelemente (10, 12) um einen Betrag in einem Bereich von größer oder
gleich $1\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $7\mu\text{m}$.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die
Folienelemente (10, 12) eine Hauptlage (14, 16) aus einem thermoplastischen
Kunststoff aufweisen, wobei die Hauptlage (14, 16) mit einer Keramikschicht
(18, 20) beschichtet ist, und wobei die Keramikschichten (18, 20) der
Folienelemente (10, 12) zueinander benachbart angeordnet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens eines von der Sonotrode (24) und dem Gegenelement (22) eine
Struktur (40, 42) mit einer Strukturtiefe in einem Bereich von größer oder gleich
 $0,5\mu\text{m}$ bis kleiner oder gleich $5\mu\text{m}$ aufweisen und/oder Strukturabstände in

einem Bereich von größer oder gleich 10µm bis kleiner oder gleich 1mm aufweisen.

- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Keramikbeschichtung (18, 20) eine Struktur (44) mit einer Strukturtiefe in einem Bereich von größer oder gleich 0,5µm bis kleiner oder gleich 5µm aufweist und/oder Strukturabstände in einem Bereich von größer oder gleich 10µm bis kleiner oder gleich 1mm aufweist.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrode (24) mit einer longitudinalen Amplitude in einem Bereich von größer oder gleich 16µm bis kleiner oder gleich 32µm arbeitet.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Folienelemente (10, 12) eine Dicke aufweisen in einem Bereich von größer oder gleich 5µm bis kleiner oder gleich 5000µm.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis der Amplitude der Sonotrode (24) zu dem Abstand zwischen Sonotrode (24) und Gegenelement (22) zu der addierten Dicke der Folienelemente (10, 12) in einem Verhältnis liegt von 0,6 : 1,13 : 1,0, in einer Ungenauigkeit von 50% für jeden der genannten Parameter.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Sonotrode (24) zumindest an einer Sonotrodenspitze temperiert wird auf eine Temperatur in einem Bereich von größer oder gleich 30°C bis kleiner oder gleich 120 °C.
- 30 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Folienelemente (10, 12) mit einem definierten Vorschub relativ zu wenigstens einem von der Sonotrode (24) und dem Gegenelement (22) miteinander verschweißt werden.

1 / 3

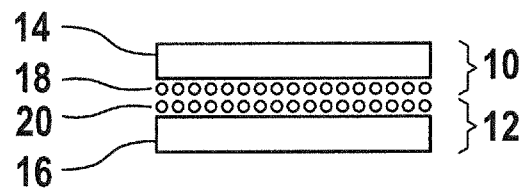


FIG. 1

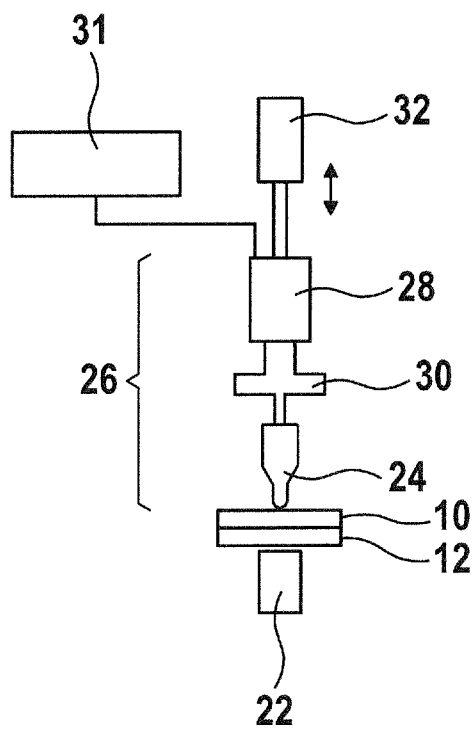


FIG. 2

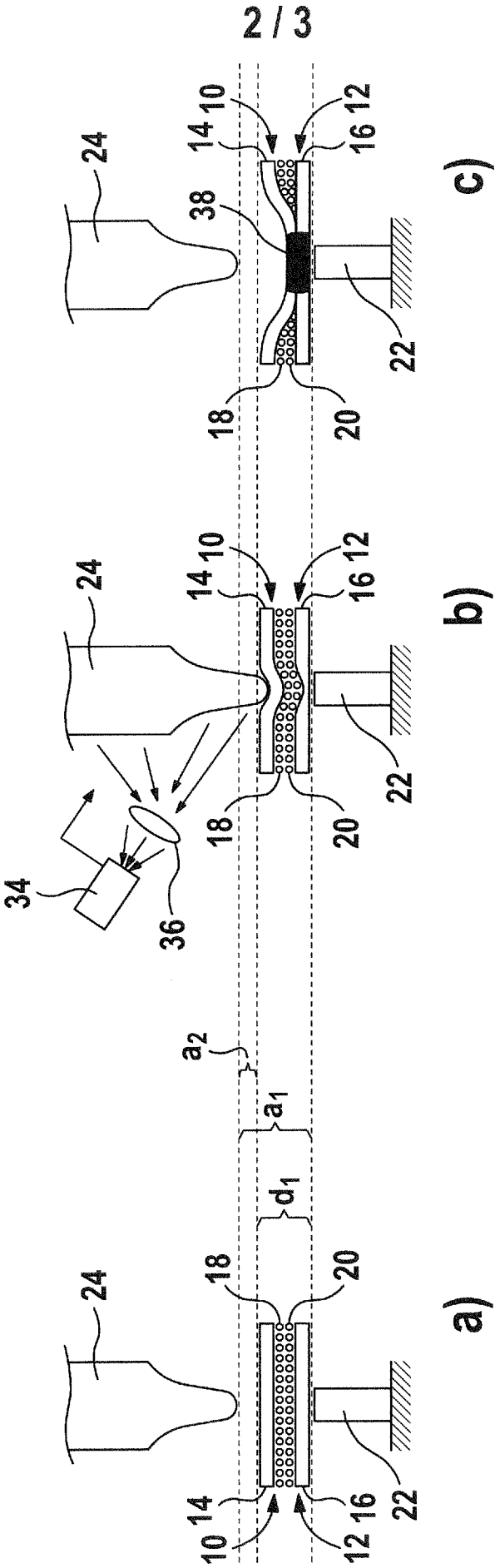


FIG. 3

3 / 3

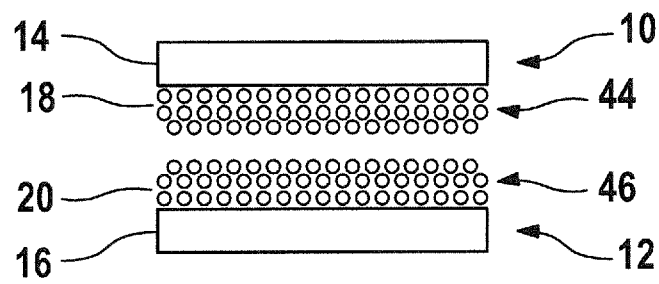
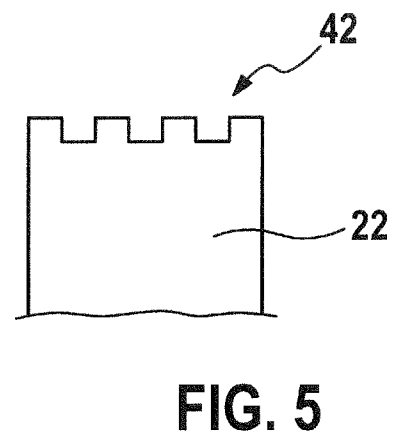
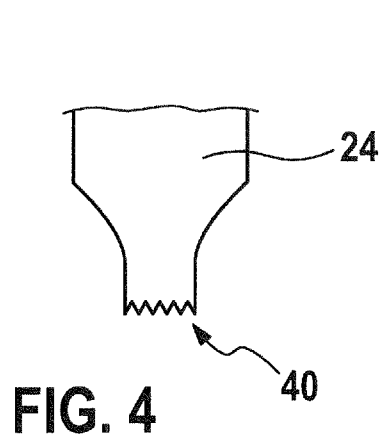


FIG. 6

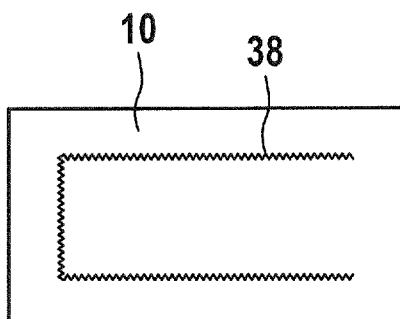


FIG. 7

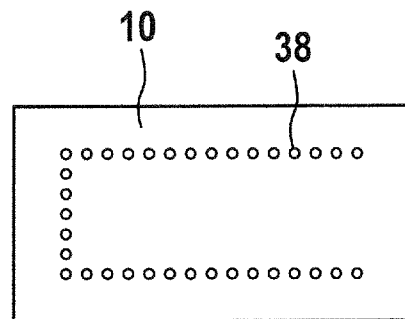


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/051869**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

B29C 65/08(2006.01)i; **H01M 2/14**(2006.01)n; **B29L 31/34**(2006.01)n; **B29L 9/00**(2006.01)n; **B29K 709/02**(2006.01)n;
B29K 23/00(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)

B29C; H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP H0957853 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 04 March 1997 (1997-03-04) paragraph [0029]; figure 5	1,7,10
A	EP 2496401 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 September 2012 (2012-09-12) paragraphs [0009], [0018]; claims 1,3,4,5,9,11	1-10
A	WO 2015050084 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 09 April 2015 (2015-04-09) cited in the application figures 8,10,14	1-10
A	EP 3054501 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 10 August 2016 (2016-08-10) figures 8,10,14	1-10
A	EP 3165321 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 10 May 2017 (2017-05-10) figure 7	1-10

☐ 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

09 April 2019

Date of mailing of the international search report

18 April 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Carré, Jérôme

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/051869

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	H0957853	A	04 March 1997	NONE			
EP	2496401	A1	12 September 2012	DE	102009046319	A1	05 May 2011
				EP	2496401	A1	12 September 2012
				WO	2011054605	A1	12 May 2011
WO	2015050084	A1	09 April 2015	JP	6197877	B2	27 September 2017
				JP	WO2015050084	A1	09 March 2017
				WO	2015050084	A1	09 April 2015
EP	3054501	A1	10 August 2016	CN	105637675	A	01 June 2016
				EP	3054501	A1	10 August 2016
				JP	6115648	B2	10 May 2017
				JP	WO2015050228	A1	09 March 2017
				KR	20160046876	A	29 April 2016
				US	2016211544	A1	21 July 2016
				WO	2015050228	A1	09 April 2015
EP	3165321	A1	10 May 2017	CN	106660165	A	10 May 2017
				EP	3165321	A1	10 May 2017
				JP	6399092	B2	03 October 2018
				JP	WO2016002059	A1	27 April 2017
				KR	20170019445	A	21 February 2017
				US	2017120505	A1	04 May 2017
				WO	2016002059	A1	07 January 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B29C65/08

ADD. H01M2/14

B29L31/34

B29L9/00

B29K709/02

B29K23/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B29C H01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP H09 57853 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 4. März 1997 (1997-03-04) Absatz [0029]; Abbildung 5 -----	1,7,10
A	EP 2 496 401 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. September 2012 (2012-09-12) Absätze [0009], [0018]; Ansprüche 1,3,4,5,9,11 -----	1-10
A	WO 2015/050084 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 9. April 2015 (2015-04-09) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 8,10,14 -----	1-10
A	EP 3 054 501 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 10. August 2016 (2016-08-10) Abbildungen 8,10,14 ----- -/-	1-10



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

9. April 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/04/2019

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

Carré, Jérôme

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 165 321 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 10. Mai 2017 (2017-05-10) Abbildung 7 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/051869

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP H0957853	A	04-03-1997	KEINE
EP 2496401	A1	12-09-2012	DE 102009046319 A1 05-05-2011 EP 2496401 A1 12-09-2012 WO 2011054605 A1 12-05-2011
WO 2015050084	A1	09-04-2015	JP 6197877 B2 27-09-2017 JP WO2015050084 A1 09-03-2017 WO 2015050084 A1 09-04-2015
EP 3054501	A1	10-08-2016	CN 105637675 A 01-06-2016 EP 3054501 A1 10-08-2016 JP 6115648 B2 10-05-2017 JP WO2015050228 A1 09-03-2017 KR 20160046876 A 29-04-2016 US 2016211544 A1 21-07-2016 WO 2015050228 A1 09-04-2015
EP 3165321	A1	10-05-2017	CN 106660165 A 10-05-2017 EP 3165321 A1 10-05-2017 JP 6399092 B2 03-10-2018 JP WO2016002059 A1 27-04-2017 KR 20170019445 A 21-02-2017 US 2017120505 A1 04-05-2017 WO 2016002059 A1 07-01-2016