

(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
6. Oktober 2016 (06.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/156234 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: **C03B 33/023** (2006.01) **C03B 33/09** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/056612
- (22) Internationales Anmeldedatum: 24. März 2016 (24.03.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2015 104 801.9 27. März 2015 (27.03.2015) DE
- (71) Anmelder: **SCHOTT AG** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10, 55122 Mainz (DE).
- (72) Erfinder: **VOGT, Jürgen**; Forstweg 1, 55413 Oberheimbach (DE). **ROSSMEIER, Thomas**; Im Westrum 3, 55294 Bodenheim (DE). **FÖRTSCH, Dirk**; Rümmlersheimer Str. 4, 55425 Waldalgesheim (DE).
- (74) Anwalt: **BLUMBACH & ZINNGREBE**; Alexandrastrasse 5, 65187 Wiesbaden (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE CONTINUOUS SEPARATION OF GLASS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KONTINUIERLICHEN TRENNEN VON GLAS

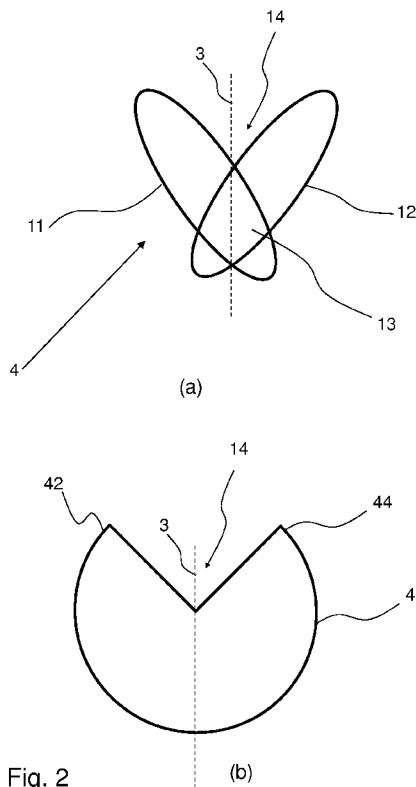


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for separating thin glass (1), in which method the thin glass (1) is progressively heated along a path which forms a parting line (3), wherein the heating of the glass is realized by way of the energy of at least one energy source within an area of action of said energy source on the thin glass (1), and, by way of a temperature gradient of the glass heated by way of the at least one energy source in relation to the surrounding glass, a mechanical stress is generated in the glass, by way of which mechanical stress a crack (7) propagates, following the mechanical stress, along the parting line (3).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas (1), bei welchem das Dünnglas (1) entlang eines eine Trennlinie (3) bildenden Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei das Erwärmen des Glases durch die Energie zumindest einer Energiequelle innerhalb eines Einwirkungsfeldes dieser Energiequelle auf dem Dünnglas (1) erfolgt und durch einen Temperaturgradienten des mittels der zumindest einen Energiequelle aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt.

WO 2016/156234 A1

CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
- *mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1*

Verfahren und Vorrichtung zum kontinuierlichen Trennen von Glas

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein das Zerteilen von Glas. Insbesondere betrifft die Erfindung das Zerteilen von Glas durch Spannungsrisstrennen.

10

Ein gängiges Verfahren, um Glas zu zerteilen, ist das Ritzbrechen. Dabei wird mechanisch, typischerweise mit einem Ritzrad eine linienförmige Schädigungszone in das Glas eingebracht. Durch Anwenden einer mechanischen Spannung kann dann das Glas entlang dieser Schädigungszone leicht zerteilt werden. Nachteilig ist hieran allerdings, dass die Glaskante eines derart gewonnenen Glaselements noch Schädigungen der zuvor erzeugten Schädigungszone aufweisen kann. Da gerade die Kanten besonders kritisch in Bezug auf eine mechanische Beanspruchung des Glases mit Zugspannungen sind, kann ein Zerteilen eines Glases durch Ritzbrechen zu einer deutlichen Herabsetzung der Festigkeit, insbesondere bei einer Biegebelastung führen.

20

25

Flachgläser, insbesondere Dünn- und Dünnstgläser mit Dicken unter 1,2 Millimeter, vorzugsweise unter 200 Mikrometer werden heutzutage vielfach in Form langer Bänder hergestellt. Herstellungsbedingt, beispielsweise beim Wiederziehen eines Glasbands aus einer Vorform oder dem Ziehen aus einer Schmelze bilden sich typischerweise am Rand des Glasbands verdickte Randbereiche, sogenannte Borten aus. Es ist günstig, diese Borten nach der Herstellung des Glasbands abzutrennen, unter anderem, um

30

bei Dünngläsern das Aufwickeln auf eine Rolle oder
allgemein die Weiterverarbeitung zu erleichtern. Dadurch
können Probleme vermieden werden wie beispielsweise das
durch die dickeren Borten bedingte Entstehen höherer
5 mechanischer Spannungen oder eine Verstärkung von
Verwindungen oder Verwölbungen (sogenannter „Warp“) des
Dünnglases.

Aus der US 2013/0126576 A1 sind eine Vorrichtung und ein
10 Verfahren zur kontinuierlichen Kantenabtrennung eines
dünnen Glasbands bekannt. Bei dieser Vorrichtung werden mit
einer Ritzeinrichtung Anfangsschädigungen in das Glasband
eingefügt. Während das Glasband entlang seiner
Längsrichtung über eine gebogene Levitationsunterlage
15 geführt wird, wird es mittels eines Laserstrahls erhitzt
und durch einen Fluid abgekühlt, so dass innerhalb des
Glasbands thermische Spannungen induziert werden. Dadurch
reißt das Glasband ausgehend von einer Anfangsschädigung
entlang seiner Längsrichtung.

20 Die WO 2011/026074 A1 beschreibt ein Verfahren zum Einfügen
eines Schlitzes in ein Glassubstrat. Bei diesem Verfahren
wird ein Laserstrahl auf eine Schädigung gerichtet und über
die Glasoberfläche weiterbewegt. Darüber hinaus wird ein
25 Fluidstrahl direkt auf den Laserspot auf der Glasoberfläche
gerichtet, so dass das Glas abgekühlt wird, noch bevor die
durch den Laserstrahl erzeugte Temperatur vollständig durch
die Dicke des Glassubstrats äquilibriert ist. Dadurch ist
die thermische Spannung auf einen Teil der Dicke des
30 Glassubstrats begrenzt und der entstehende Schlitz
erstreckt sich nur teilweise durch die Dicke des
Glassubstrats.

Mittels laserinduziertem Spannungsritzbrechen hergestellte Glaskanten weisen typischerweise keine oder sehr wenige Schädigungen, insbesondere an den Ecken des Kantenprofils auf. Nun werden die Festigkeit eines Glases und dessen Lebensdauer unter Biegebeanspruchung maßgeblich durch die Festigkeit der Kanten beeinflusst. Insofern sollten mit laserinduziertem Spannungsrisstrennen hergestellte Kanten an sich eine hohe Festigkeit und die so hergestellten Glasscheiben eine entsprechend hohe Lebensdauer unter Biegebelastung aufweisen. Überraschend zeigen Bruchtests an dünnen Gläsern allerdings, dass dies nicht generell der Fall ist und mit Spannungsrisstrennen hergestellte Kanten geringere Festigkeiten aufweisen können, als mit herkömmlichem Ritzbrechen erzeugte Kanten. Hierbei kommt es nicht nur auf die mittlere Bruchfestigkeit an, vielmehr ist auch die Breite der Bruchwahrscheinlichkeits-Verteilung ausschlaggebend. Weist eine auf bestimmte Weise hergestellte Glaskante eine an sich sehr hohe Bruchfestigkeit auf, die allerdings stark von Probe zu Probe schwankt, kann daraus eine höhere Ausfallwahrscheinlichkeit resultieren, verglichen mit einer weniger festen Kante, die aber nur eine geringere Variation in der Bruchspannung aufweist.

Für das Spannungsrisstrennen werden vorzugsweise CO₂-Laser verwendet. Das Verfahren wurde ursprünglich für das Schneiden von Gläsern mit einer Dicke zwischen 0,5 mm und 4 mm entwickelt. Dabei soll durch die oberflächlich eingebrachte Energie des Laserstrahls ein Temperaturgradient zwischen Ober- und Unterseite des Glases aufgebaut werden. Mittels einer Kühldüse wird dann der

erforderliche Temperatur- und Spannungsgradient aufgebaut, der den Spannungsriss vorantreibt.

5 Beim Versuch, das Verfahren auf dünnere Gläser, insbesondere mit Dicken unter 250 µm anzuwenden, ergibt sich das Problem, das diese Gläser so schnell (typischerweise innerhalb von Millisekunden) durchwärmt sind, dass bis zum Auftreffen des Kühlstrahls kein hinreichend hoher Temperaturgradient aufrechterhalten
10 werden kann.

Ein weiteres Problem ist, dass sich die für den Spannungsriss erforderliche Wärmeenergie zur Erzeugung des Spannungsgradienten nur über die Leistung der Wärmequelle
15 über der Fläche der Strahlgeometrie in das Glas einbringen lässt. Bisher geschieht dies mittels einer bestimmten Strahlgeometrie, sowie über eine einstellbare und variable Leistungsdichte. Aufgrund der zweidimensionalen Ausdehnung des Laserspots auf der Oberfläche des Glases, auf der
20 nahezu die gesamte Leistung des Lasers absorbiert wird, ergeben sich keine scharfen Temperaturgradienten. Diese sind je nach lokaler Leistungsdichte und Wärmeleitfähigkeit mehr oder weniger diffus. Dies kann dann dazu führen, dass der Vortrieb des Spannungsrisses nicht exakt auf der
25 vorgesehenen Spur erfolgt. Gleiches gilt im umgekehrten Fall auch für die gezielte Kühlung der Glasoberfläche.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Festigkeit und den definierten Verlauf von Glaskanten, die
30 mit laserinduziertem Spannungsrisstrennen hergestellt wurden, zu verbessern. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte

Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben. Dieses Ziel wird mit einer besonderen Vorgehensweise erreicht, um die Wärmeenergie optimal zu verteilen und im umgekehrten Fall durch Kühlung wieder zu entziehen, um einen besonders steilen
5 Temperaturgradienten zu erzeugen.

Wie oben dargelegt, ist es schwierig, einen Spannungsgradienten zwischen Ober- und Unterseite sehr
10 dünner Gläser aufzubauen. Mit der Erfindung wird demgegenüber ein Spannungsgradient zweidimensional über das gesamte Volumen des Glases erzeugt, der gegenüber dem oben dargelegten Prozess folglich um 90° gedreht wirkt und so ebenfalls zu einem kontrollierten Trennen entlang einer
15 gewünschten Trennungslinie ermöglicht. Um den Spannungsgradienten in die Ebene des Glases zu legen, ist erfindungsgemäß zumindest eine Energiequelle mit einem Einwirkfeld oder einer Einwirkzone vorgesehen. Das zu schneidende Glas absorbiert also die Energie und wird
20 aufgrund seiner geringen Dicke sehr schnell durchwärmt. Gleichzeitig beginnt die Wärmeleitung im Volumen des Glases, was dazu führt, dass sich durch die besondere Form des erfindungsgemäßen Einwirkfelds beidseitig neben dem vorbestimmten Schnitt eine Druckspannung aufbaut, die dem
25 eigentlichen Schnitt Führung verleiht.

Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich von 5 µm bis 150 µm, vorgesehen, bei
30 welchem das Dünnglas entlang einer Trennlinie bildenden Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei das Erwärmen des Glases durch die Energie zumindest einer

Energiequelle innerhalb eines Einwirkfeldes dieser Energiequelle auf dem Dünnglas erfolgt. Hierbei wird das Einwirkfeld entlang der Trennlinie über das Dünnglas bewegt, so dass durch den Temperaturgradienten des mittels 5 der zumindest einen Energiequelle aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie fortpflanzt, und wobei zwei Teilbereiche des Einwirkfeldes lateral beabstandet zur 10 Trennlinie sind und im Einwirkfeld einen Ausschnitt einrahmen, durch welchen die Trennlinie läuft, derart, dass im Abschnitt dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases neben der Trennlinie stärker erwärmt werden, als Bereiche auf der Trennlinie, und wobei das Einwirkfeld so geformt 15 ist, dass bei Bewegung des Dünnglases entlang der Trennlinie diese Teilbereiche in Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen und sich auf der Trennlinie treffen. Der Ausschnitt ist nach vorne hin offen, so dass das Glas auf der Trennlinie bei der Bewegung relativ zum 20 Einwirkfeld den Rand des Einwirkfelds nur einmal passiert.

Das Einwirkfeld hat also eine Form, bei welcher dessen vordere Ende, welches im Schneidprozess zuerst das Glas überstreicht, zwei nach vorne ragende, an der vorgesehenen 25 Trennlinie zusammenlaufende Bereiche aufweist. Das Einwirkfeld weist auf diese Weise am vorderen Ende einen konvexen Einschnitt, beziehungsweise einen Ausschnitt auf, durch den die Trennlinie läuft.

30 Im Speziellen sieht die Erfindung ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm vor, bei welchem das Dünnglas entlang einer Trennlinie

definierenden Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei das Erwärmen des Glases mittels zweier Energiequellen erfolgt, welche jeweils in einem Auftreffgebiet auf das Glas treffen und dieses aufheizen. Die beiden Auftreffgebiete bilden
5 hierbei das Einwirkfeld oder die Einwirkzone. Die Energiequellen werden so auf das Glas gerichtet, dass die Auftreffgebiete in Richtung senkrecht zur Trennlinie lateral zueinander versetzt sind. Diese lateral zueinander quer zur Trennlinie versetzten Auftreffgebiete führen
10 entsprechend zu einer hohen Spannung in lateraler Richtung quer zur Trennlinie. Dies gestattet auch das sichere Trennen sehr dünner Gläser mit einer glatten und der vorgesehenen Trennlinie sehr genau folgenden Kante. Diese laterale Spannung kann insbesondere erhöht werden, indem
15 die beiden Auftreffgebiete zwar erfindungsgemäß quer zur Trennlinie versetzt sind, diese sich aber mittig in einem Überlappungsgebiet überschneiden. Die Trennlinie, beziehungsweise der vorgesehene Pfad läuft dementsprechend durch dieses Überlappungsgebiet. Durch den
20 Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas, speziell zum entlang der Trennlinie in das Überlappungsgebiet durch die fortlaufende Erwärmung, beziehungsweise den Vorschub des Dünnglases relativ zu den Energiequellen einlaufenden Glas
25 wird eine mechanische Spannung im Glas erzeugt, durch welche ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie fortpflanzt. Die nicht überlappenden Bereiche der Auftreffgebiete sorgen dann weiterhin dafür, dass der Riss stabil geführt wird und nicht ausbricht.
30 Die beiden Energiequellen können zeitlich getaktet auf das Glas treffen.

Die Auftreffgebiete sind insbesondere auch nebeneinander,
quer zur Schneidrichtung angeordnet. Die Gebiete weisen
gemäß einer Weiterbildung der Erfindung gleiche Form und
5 Intensität auf.

Der Erwärmung mit den Energiequellen nachfolgend wird das
Dünnglas dann vorzugsweise mit einem Kühlstrahl abgekühlt,
wobei der Kühlstrahl weiterhin so auf das Glas gerichtet
10 wird, dass dessen Auftreffort auf der Trennlinie liegt. Im
Allgemeinen erfolgt die Rissfortpflanzung bereits durch die
Erwärmung im Überlappungsgebiet und dem damit verbundenen
Temperaturunterschied zum umgebenden Glas. Der Kühlstrahl
dient insbesondere dazu, dass sich die bereits durch
15 Rissfortpflanzung erzeugten Kanten räumlich separieren.
Damit wird vermieden, dass die Kanten wieder
aufeinanderstoßen und Defekte eingefügt werden, welche die
Kantenfestigkeit nachteilig beeinflussen können.

20 Das Verfahren kann generell auf dünne Gläser mit einer
Dicke von 1,2 Millimetern oder weniger angewendet werden.
Besondere Vorteile bieten sich aber gerade bei sehr dünnen
Gläsern mit Dicken im Bereich von 5 μm bis 150 μm ,
vorzugsweise bis 100 μm , insbesondere 20 μm bis 100 μm .
25 Gerade bei diesen sehr dünnen Gläsern ergibt sich das
Problem der schnellen Durchwärmung, die den Aufbau eines
hinreichenden vertikalen Temperatur- und damit
Spannungsgradienten verhindert. Mit der Erfindung wird nun
dieses Problem durch den sehr hohen Temperaturgradienten am
30 Beginn des Überlappungsbereichs gelöst.

Der Kühlstrahl kann ein Gasstrahl, insbesondere ein Luftstrahl, oder auch ein Aerosolstrahl sein. Besonders bevorzugte Aerosole sind Luft-Wasser- und Luft/Alkohol-Gemische.

5

Ferner kann der Kühlstrahl ein Flüssigkeitsstrahl oder ein Tröpfchenstrahl sein. Der Tröpfchenstrahl kann in einfacher Weise mittels eines Tintenstrahl-Druckkopfs erzeugt werden.

10

Es hat sich als günstig herausgestellt, den Fluss des Kühlstrahls, d.h. den Volumenstrom des Kühlfluids abhängig von der Dicke des Glases zu wählen. Im Speziellen ist es günstig, den Kühlstrahl-Fluss bei einem dünneren Glas höher zu wählen. Wird also im Prozess von einem dickeren Glas auf ein dünneres Glas gewechselt, so wird der Kühlstrahl-Fluss erhöht, und umgekehrt. Insbesondere kann der Fluss auch proportional zur Glasdicke eingestellt werden. So erweist sich bei einer Glasdicke von 50 μm ein Fluss als günstig, der etwa doppelt so hoch ist, wie der Fluss, der besonders geeignet für ein 100 μm dickes Glas. Im Allgemeinen sind sehr niedrige Flüsse bereits ausreichend, wobei der optimale Kühlstrahl-Fluss bei einer Glasdicke von 100 μm schon fast bei null liegt. Ein gewisser Kühlstrahl-Fluss ist aber stets günstig. Gänzlich ohne Kühlstrahl kann der Schneidprozess instabil werden oder schlecht starten und es kann zu Abrissen des Prozesses kommen, bei welchen sich der Riss nicht weiter fortpflanzt. Ein zu hoher Fluss kann andererseits zu thermisch oder mechanisch verursachter Wellenbildung im Glas führen.

30

Insbesondere bei dünnen Gläsern unter 100 μm Dicke gelingt eine Trennung des Glases ohne weiteres auch ohne

Kühlstrahl. Der Kühlstrahl hat sich aber generell als günstig erwiesen, um das Glas nach der Trennung durch den sich fortpflanzenden Riss zu kontrahieren und damit zu vermeiden, dass die soeben erzeugten Glaskanten wieder
5 aufeinanderstoßen. Dieser Effekt kann sich unter Umständen auf die Glaskanten festigkeitsmindernd auswirken.

Mit geeigneter Wahl der Form der Auftreffgebiete kann ein Vorwärmen der Schnittzone mittels beider Energiequellen,
10 wie beispielsweise von Laserstrahlen bis zu deren Zusammentreffen erfolgen. Der zum Spannungsritztrennen erforderliche Spannungsgradient am Punkt des Zusammentreffens beider Energiequellen in deren Energiemaxima kann durch Strahlgeometrie, Laserleistung,
15 Positionierung beider Laserstrahlen zueinander, Vorschubgeschwindigkeit und ggf. anderes mehr angepasst werden.

Im Rahmen der Erfindung liegt auch eine Vorrichtung zum
20 Trennen von Dünnglas mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich von 5 μm bis 150 μm , umfassend zumindest eine Energiequelle und eine Einrichtung, um die Energie der Energiequelle in einem Einwirkfeld auf das Dünnglas einwirken zu lassen, so dass
25 das Dünnglas sich im Bereich des Einwirkfelds erwärmt, und wobei eine Vorschubeinrichtung vorgesehen ist, um das Dünnglas und das Einwirkfeld relativ zueinander entlang einer vorgesehenen Trennlinie zu bewegen, so dass durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen
30 aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie

fortpflanzt, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, welche das Einwirkfeld mit einer Form erzeugt, welche zwei Teilbereiche aufweist, die lateral beabstandet zur Trennlinie sind, welche im Einwirkfeld ein Ausschnitt einrahmen, durch welchen die Trennlinie läuft, derart, dass im Abschnitt dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases neben der Trennlinie stärker erwärmt werden, als Bereiche auf der Trennlinie, so dass bei Bewegung des Dünnglases entlang der Trennlinie diese Teilbereiche in

5

10

Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen und sich auf der Trennlinie treffen.

Gemäß einer Weiterbildung der Vorrichtung wird das Einwirkfeld durch die Auftreffgebiete zweier Energiequellen gebildet. Eine entsprechende Vorrichtung zum Trennen von Dünnglas weist dazu dementsprechend eine Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen, beziehungsweise energetischer Medien auf, sowie eine Einrichtung, um die Energiequellen so auf das Dünnglas zu

15

20

richten, dass diese jeweils in einem Auftreffgebiet auf das Dünnglas treffen, wobei die Auftreffgebiete in Richtung senkrecht zur Trennlinie lateral zueinander versetzt sind, und sich in einem Überlappungsgebiet überschneiden.

Weiterhin ist eine Vorschubeinrichtung vorgesehen, um das

25

Dünnglas und die Auftreffgebiete relativ zueinander entlang einer vorgesehenen Trennlinie zu bewegen, so dass durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas, insbesondere zum entlang der Trennlinie in das Überlappungsgebiet

30

einlaufenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie fortpflanzt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Einrichtung zum Maskieren eines Teilbereiches des Einwirkfeldes oder der Einwirkzone vorgesehen. Durch die
5 Einrichtung zum Maskieren eines Teilbereiches des Einwirkfeldes wird der Ausschnitt des Einwirkfeldes auf dem Dünnglas gebildet.

Ein Kühlstrahlerzeuger ist gemäß einer bevorzugten
10 Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, um einen Kühlstrahl zu erzeugen, durch dessen Auftreffgebiet die Trennlinie läuft, derart, dass ein auf der Trennlinie liegender Punkt des Dünnglases bei Bewegung mittels der Vorschubeinrichtung zuerst das Überlappungsgebiet der
15 beiden Auftreffgebiete und dann das Auftreffgebiet des Kühlstrahls durchläuft.

Beim Vorschub kommt es letztlich auf die relative Bewegung von Glas und Energiequellen zueinander an. Dementsprechend
20 ist es sowohl möglich, die Energiequellen ortsfest zu halten und das Dünnglas zu bewegen oder umgekehrt die Auftreffgebiete der Energiequellen und den Kühlstrahl über ein festgehaltenes Dünnglas zu führen.

25 Um die Rissfortpflanzung möglichst gut kontrollieren zu können und ein seitliches Ausbrechen des Risses zu vermeiden, ist es generell günstig, wenn der Spannungsverlauf in Bezug auf den Pfad symmetrisch ist. Um dies zu erreichen, werden mit den Energiequellen
30 Auftreffgebiete erzeugt, die auf dem Glas kongruent zueinander sind. Insbesondere ist es dabei günstig, wenn die Auftreffgebiete spiegelsymmetrisch zueinander sind, mit

einer Spiegelungsachse, welche entlang des Pfades verläuft. Eine besonders hohe Symmetrie wird erzielt, wenn die Trennlinie, beziehungsweise der Pfad die Spiegelungsachse darstellt und auch das Auftreffgebiet des Kühlstrahls auf dem Pfad liegt.

Der mit dem Verfahren erzeugte Riss kann ein Anriss sein, welcher also das Dünnglas noch nicht zerteilt. Das Zerteilen kann dann durch Anlegen eines Biegemomentes an die Trennlinie erfolgen. Gemäß dieser Ausführungsform entspricht die Erfindung dann einem Ritzbrechen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform kann der Riss aber insbesondere auch das Dünnglas in seiner Dicke vollständig durchtrennen, so dass nach der Rissfortpflanzung das Glas am Riss zerteilt ist.

Eine besonders geeignete Geometrie zur Erzeugung der hohen mechanischen Spannungen im Glas wird durch Auftreffgebiete erzielt, deren innere, zueinander weisende Ränder schräg zur Trennlinie verlaufen, derart, dass sich für einen gegebenen Punkt auf der Trennlinie bei der entlang der Trennlinie fortschreitenden Erwärmung diese inneren Ränder auf den Punkt zulaufen. Wird dieser Punkt von den inneren Rändern überkreuzt, so beginnt der Überlappungsbereich, welcher dann den Punkt überstreicht. In diesem Überlappungsbereich ist der Energieeintrag besonders hoch, so dass ein steiler Temperatur- und damit auch Spannungsgradient erreicht wird.

Sehr gut geeignete Energiequellen sind Laserstrahlen. Die zwei Laserstrahlen als Energiequellen können aus einem einzelnen Laser stammen und beispielsweise durch

Strahlteilung eines einzelnen Strahls des Lasers erzeugt werden. In diesem Fall umfasst die Einrichtung zur Bereitstellung zweier Energiequellen den Laser selbst und die Einrichtung zur Strahlteilung.

5

Als Laser eignet sich insbesondere ein Infrarotlaser, dessen Licht bereits in sehr oberflächennahen Bereichen des Glases absorbiert wird. Dies trifft bei Glas besonders für Wellenlängen oberhalb von 3 μm zu. Sehr geeignet ist ein CO_2 -Laser. Dieser Lasertyp emittiert Infrarotstrahlung mit Wellenlängen größer als 5 μm , was im Glas zu einer sehr hohen Absorption an der Oberfläche und geringer Reflexion führt. Damit ist ein CO_2 -Laser für die Aufheizung sehr effizient.

15

Denkbar sind neben einem Laser aber auch andere Energiequellen, beziehungsweise energetische Medien, wie etwa Flammen oder Infrarot-Strahler.

20

Die Erfindung eignet sich unter anderem besonders, um von einem Dünnglas in Form eines Dünnglasbands Borten abzutrennen. Insbesondere kann es sich bei den Borten dabei um produktionsbedingt vorhandene Randbereiche mit größerer Glasdicke, als der des mittigen Qualitätsbereichs handeln.

25

Die Erfindung eignet sich aber auch für den Zuschnitt

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen näher erläutert.

30

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 2 zeigt typische Formen von Einwirkfeldern,

Fig. 3 zeigt die Oberfläche eines Dünnglases mit Auftreffgebieten der Energiequellen und den
5 auftretenden Temperaturfeldern und mechanischen Spannungen,

Fig. 4 zeigt eine Variante des in Fig. 2 dargestellten Beispiels mit einem weiteren Kühlstrahl.

10

Fig. 5 zeigt Strahlprofile einer Energiequelle vor und nach einer Strahlformung mit einer Blende.

Fig. 6 zeigt Ausführungsformen von Strahlgeometrien einzelner Strahlen.

15

Fig. 7 Beispiele von spiegelsymmetrischen Konfigurationen einzelner Strahlen bezüglich der Mittellinien von Auftreffgebieten.

20

Fig. 8 als Vergleichsbeispiel ein Diagramm der Bruchwahrscheinlichkeiten von Dünnglas-Proben abhängig von einer angelegten Bruchspannung, wobei die Dünnglas-Proben in herkömmlicher Weise geschnitten
25 wurden,

Fig. 9 ein Diagramm der Bruchwahrscheinlichkeiten von Dünnglas-Proben abhängig von einer angelegten Bruchspannung, wobei die Dünnglas-Proben in erfindungsgemäßer Weise durch Spannungsrisstrennen
30 geschnitten wurden, und

Fig. 10 eine alternative Ausführungsform der Erfindung, bei der ein hoher Spannungsgradient mit zwei überlappenden Kühlstrahlen nach einer punktförmigen Wärmequelle erzeugt wird.

5

Fig. 11 ein erfindungsgemäß zugeschnittenes Dünnglaselement in Form einer Glasrolle.

Fig. 1 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 2 zum Spannungsrisstrennen von Dünngläsern 1. Im dargestellten Beispiel ist die Vorrichtung 2 gemäß einer bevorzugten Anwendung der Erfindung zum Abtrennen von Borten 101, 102 eines Dünnglases 1 in Form eines Dünnglasbands ausgebildet.

15

Das mit der Vorrichtung ausführbare erfindungsgemäße Verfahren zum Trennen von Glas, speziell hier zum Abtrennen von Borten 101, 102 eines Dünnglasbands basiert darauf, dass ein Dünnglasband 1 mit einer Dicke von höchstens 1,2 mm, vorzugsweise höchstens 400 μm , besonders bevorzugt im Bereich von 5 μm bis 150 μm entlang einer Vorschubrichtung 103 mittels einer Transporteinrichtung 20 über eine Levitationsunterlage 21 geführt wird, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung Laser 8 vorgesehen sind, welche im Bereich der Levitationsunterlage 21 Laserstrahlen auf das Dünnglasband richten, welcher das Dünnglas 1 lokal aufheizen, während das Dünnglasband in Längsrichtung 103 vorbeibewegt wird, so dass die Energiequellen in Vorschubrichtung 103 des Dünnglasbands verlaufende Spuren entlang der vorgesehenen Trennlinien 3 zeichnen. Die Vorschubrichtung 103 liegt zweckmäßigerweise in Längsrichtung des Dünnglasbands. Vorzugsweise wird

mittels eines Kühlstrahlerzeugers 40 ein Kühlstrahl 5 auf die erwärmte Spur geblasen, so dass der erwärmte Bereich wieder abgekühlt wird und durch die Abkühlung eine mechanische Separierung der bereits am Punkt des höchsten Temperaturunterschiedes von kaltem Glas und Vereinigungspunkt beider Laserstrahlen geschnittenen Kanten erzeugt wird, um im weiteren Verlauf des Transportes den Kontakt beider Kanten zu vermeiden welcher wiederum zu Beschädigungen der Kanten und somit zu einer Reduzierung der Kantenfestigkeit führen würde. Optional kann, wie in Fig. 1 gezeigt, für jeden auszuführenden Schnitt auch ein zweiter Kühlstrahlerzeuger 41 vorgesehen sein, dessen Kühlstrahl 6 vor den Auftreffgebieten der Energiequellen auf das Glas trifft. Es wird also ein zweiter Kühlstrahl 6 verwendet, dessen Auftreffort 52 in Vorschubrichtung vor den Auftreffgebieten 11, 12 der Energiequellen 9, 10 liegt, so dass ein Punkt des Dünnglases 1 auf der Trennlinie beim Vorschub zuerst den Auftreffort 52 des zweiten Kühlstrahls, dann das Überlappungsgebiet und dann den Auftreffort des ersten Kühlstrahls 5 durchquert.

Für den Kühlstrahl kann ein Gasstrahl, wie insbesondere ein Luftstrahl verwendet werden. Besonders bevorzugt werden allerdings Aerosolstrahlen als Kühlstrahlen. Durch die flüssige Phase des Aerosols wird eine höhere Kühlleistung erwirkt und damit auch eine höhere negative Wärmeausdehnung erreicht. Auch feuchte Luft hat sich als vorteilhaft erwiesen, um den Schneidprozess zu stabilisieren. Dies ist selbst dann der Fall, wenn anfänglich keine Flüssigphase in der Luft vorhanden ist, die Luft also zumindest vor dem Gasaustritt nicht als Aerosol vorliegt. Günstig ist eine relative Feuchte des für den Kühlstrahl verwendeten Gases

(vorzugsweise Luft als Gas) von 70 % bis 100 %, bevorzugt größer 80 %, besonders bevorzugt größer 90 %.

Möglicherweise wird durch adiabatische Entspannung des Gases beim Gasaustritt eine Abkühlung und Kondensation und damit eine Bildung eines Aerosols erzielt. Gemäß noch einer Ausführungsform kann auch ein Tröpfchenstrahl mit hintereinander ausgestoßenen Tröpfchen oder ein Flüssigkeitsstrahl, beispielsweise ein Wasserstrahl zur Kühlung verwendet werden. Ein Tröpfchenstrahl kann gemäß einer Weiterbildung in einfacher Weise mittels eines Tintenstrahl-Druckkopfs erzeugt werden. Sowohl ein Tröpfchenstrahl, als auch ein Flüssigkeitsstrahl bieten den Vorteil, dass eine hohe Kühlleistung auf einer sehr begrenzten Fläche erzielbar ist. Allgemein ist also in Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass ein Kühlstrahl verwendet wird, welcher ein angefeuchteter Gasstrahl mit einer relativen Feuchte von 70 % bis 100 % ist oder eine flüssige Phase umfasst, sei es als Aerosoltröpfchen, in Form eines Flüssigkeitsstrahls oder als Tröpfchenstrahl mit hintereinander ausgestoßenen Tröpfchen. Bei der Vorrichtung umfasst entsprechend der Kühlstrahlerzeuger 40 dann eine Einrichtung zur Erzeugung eines angefeuchteten Gasstrahls mit einer relativen Feuchte von 70 % bis 100%, insbesondere angefeuchtet durch Wasserdampf, oder eines Kühlstrahls mit einer flüssigen Phase. In Weiterbildung der Erfindung kann die relativen Feuchte des Gasstrahls bevorzugt größer 80 %, besonders bevorzugt größer 90 % sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird zum Auftrennen eines Dünnglases mit 100 µm Glasdicke ein Kühlstrahl mit einem Fluss von 0,05 Liter pro Stunde verwendet. Bei einem 50 µm dicken Glas erweist sich ein Kühlluft-Fluss von 0,4 Liter

pro Stunde als günstig.

Der Kühlstrahl-Fluss, d.h. der Kühlfluid-Volumenstrom, kann insbesondere zwischen 0,001 l/h (Liter pro Stunde) und 1,0
5 l/h betragen.

Ohne Beschränkung auf die Ausführungsbeispiele ist für Glasdicken zwischen 75 μm und 400 μm , z.B. für eine Glasdicke von 100 μm (insbesondere 100 μm plus/minus 10 μm),
10 allgemein ein Volumenstrom zwischen 0,001 l/h und 0,3 l/h, vorzugsweise von 0,05 l/h (insbesondere plus/minus 0,01 l/h) besonders günstig. Für Glasdicken zwischen 5 μm und 75 μm , z.B. für eine Glasdicke von 50 μm (insbesondere 100 μm plus/minus 10 μm), ist ein Volumenstrom zwischen 0,06 l/h
15 und 1,0 l/h, vorzugsweise von 0,4 l/h (insbesondere plus/minus 0,1 l/h) besonders günstig.

Die Ausführungsform mit der Trennung des Dünnglases 1 auf einer Levitationsunterlage 21 ist selbstverständlich nicht
20 auf das dargestellte spezielle Beispiel beschränkt.

Allgemein, ohne Beschränkung auf das dargestellte Beispiel ist gemäß einer Ausführungsform vielmehr vorgesehen, dass das Dünnglas 1 auf einem mit einer Levitationsunterlage erzeugten Gaspolster gelagert oder über das Gaspolster
25 geführt wird, wobei die Auftreffgebiete der Energiequellen und das Auftreffgebiet des Kühlstrahls 5 im vom Gaspolster unterstützten Bereich des Dünnglases 1 liegen.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel wird der
30 Laserstrahl des Lasers 8 mittels eines Strahlteilers in zwei Teilstrahlen 81, 82 als Energiequellen 9, 10 aufgeteilt, welche dann zur Aufheizung auf das Dünnglas

gerichtet werden. Die Auftreffgebiete der Laserstrahlen 81, 82 sind senkrecht zur Trennlinie 3 versetzt. Der Kühlstrahl hingegen wird auf die Trennlinie 3 gerichtet und trifft in Längsrichtung 103 des Dünnglasbands gesehen daher mittig
5 zwischen die Auftreffgebiete der Laserstrahlen 81, 82.

Um die Entstehung eines Risses zu Beginn des Trennverfahrens zu unterstützen, wird in einer Weiterbildung der Erfindung mittels einer Ritzeinrichtung
10 89 am Anfang des Dünnglasbands vor dem Auftreffen der Laserstrahlen eine Schädigung, beziehungsweise ein Initialdefekt eingefügt, welcher durch das von den Laserstrahlen 81, 82 erwärmte Gebiet läuft, um den Spannungsriss zu initiieren.

15 Nach dem Initiieren des Spannungsrisses während der Rissfortpflanzung wird dann vorzugsweise die Ritzeinrichtung 9 von der Oberfläche des Dünnglasbands 1 entfernt und damit die Schädigung beendet. Die
20 entsprechende Vorrichtung 2 weist daher vorzugsweise eine Einrichtung auf, um nach dem Initiieren des Spannungsrisses während der Rissfortpflanzung die Ritzeinrichtung 9 von der Oberfläche des Dünnglasbands 1 zu entfernen. Anders als in der US 2013/0126576 A1 vorgesehen, wird also vorzugsweise
25 nur anfänglich geritzt. Es hat sich dabei gezeigt, dass eine Rissfortpflanzung nach Initiierung auch alleine aufgrund des Temperaturgradienten, der durch das optionale Abkühlen des Glasbandes mit einem Kühlfluid und darauffolgendem Aufheizen mit dem Laserstrahl 7, erfolgen
30 kann.

Als Ritzeinrichtung 89 wird bevorzugt ein Ritzrad,

insbesondere bevorzugt Rädchen mit strukturierter Ritzfläche verwendet. Fig. 1 zeigt dabei das Dünnglasband nach dem Einfügen der Initialschädigung in Form eines Anrisses. Demgemäß sind hier die Ritzrädchen angehoben und berühren die Glasoberfläche nicht mehr.

Der Levitationsunterlage 21 wird mittels einer Druckquelle, wie etwa einer Pumpe 33 ein komprimiertes Fluid, vorzugsweise Luft zugeführt. Das komprimierte Fluid entweicht durch Öffnungen an dessen dem Dünnglasband 1 zugewandten Oberfläche, so dass sich ein Gaspolster zwischen dem Dünnglas 1 und der Oberfläche der Levitationsunterlage 21 bildet, welches das Dünnglas 1 trägt und lagert. Anstelle einer Pumpe 33 ist beispielsweise ein Reservoir mit komprimiertem Fluid denkbar. Weiterhin kann auch ein Reservoir und/oder eine Drossel der Pumpe 33 und der Levitationsunterlage 21 zwischengeschaltet sein, um einen gleichmäßigen Ausgangsdruck bereitzustellen. Das Dünnglas 1 wird also in der Umgebung des Schneidprozesses durch Gaslevitation schwebend transportiert, so dass einerseits die Umgebungsluft als thermischer Isolator wirkt und andererseits die gesamte Rayleighlänge des Laserfokus als Schneidbereich ausgenutzt werden kann.

Die Transporteinrichtung 20 umfasst gemäß einer Ausführungsform, wie auch in Fig. 1 dargestellt, ein oder mehrere Transportbänder 54, 55. Im Beispiel der Fig. 1 sind zwei Transportbänder vorgesehen, wobei das Transportband 54 in Transportrichtung vor und das Transportband 55 in Transportrichtung hinter der Levitationsunterlage 21 angeordnet sind. Besonders günstig ist es, wenn ein

Transportband, welches in Transportrichtung vor der Levitationsunterlage 21 angeordnet ist (im Beispiel der Fig. 1 also das Transportband 54), eine Unterdruckansaugung 53 aufweist, um das Dünnglasband am Transportband festzusaugen. Dies ermöglicht die Ausübung hinreichend hoher Zugkräfte, ohne dass sich vorgelagerte Prozessschritte, wie beispielsweise einem Ziehprozess aus einer Schmelze oder einem Vorkörper, oder auch einem Abwickeln des Dünnglasbands von einer Rolle, gegebenenfalls negativ auf den Schneidprozess auswirken.

Die Laserstrahlen der Laser 8 werden bei dem dargestellten Beispiel nun jeweils mittels eines Strahlteilers 80 vorzugsweise in zwei spiegelsymmetrische Teilstrahlen 81, 82 aufgeteilt. Diese Teilstrahlen werden nun so auf das Dünnglas 1 gerichtet, dass deren Auftreffgebiete links und rechts versetzt zur Trennlinie 3 liegen. Mit anderen Worten sind die Auftreffgebiete also in Richtung senkrecht zur Trennlinie 3 lateral zueinander versetzt. Die Laserstrahlen 81, 82 bilden damit Energiequellen 9, 10 gemäß der Erfindung. Anstelle eines Strahlteilers 80 kann auch ein Scanner eingesetzt werden, mit welchem mit einem einzelnen Laserstrahl zwei Auftreffgebiete beleuchtet werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, zwei getrennte Laser zu verwenden, von denen jeweils einer eines der Auftreffgebiete 11, 12 beleuchtet.

Die Vorrichtung 2 zum Trennen von Dünnglas weist demnach für jeden parallel auszuführenden Schnitt jeweils eine Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen und eine Einrichtung auf, um die Energiequellen 9, 10 so auf das Dünnglas 1 zu richten, dass

diese jeweils in einem Auftreffgebiet auf das Dünnglas 1 treffen, wobei die Auftreffgebiete 11, 12 in Richtung senkrecht zur Trennlinie 3 lateral zueinander versetzt sind. Die Einrichtung zur Bereitstellung der Energiequelle ist hier durch jeweils einen der Laser, sowie den zugehörigen Strahlteiler 80 realisiert. Wie nachfolgend anhand von Fig. 3 erläutert, überschneiden sich die Auftreffgebiete 11, 12 in einem Überlappgebiet 13. Eine Vorschubeinrichtung 20 ist vorgesehen, um das Dünnglas 1 und die Auftreffgebiete 11, 12) relativ zueinander entlang der vorgesehenen Trennlinie 3 zu bewegen. Ein auf der Trennlinie 3 liegender Punkt des Dünnglases 1 durchläuft bei Bewegung mittels der Vorschubeinrichtung 20 zuerst einen ersten optionalen Kühlstrahl, dann das Überlappungsgebiet der beiden Auftreffgebiete und dann das Auftreffgebiet des zweiten Kühlstrahls, so dass durch den mit den Energiequellen 9, 10 und dem ersten optionalen Kühlstrahl hergestellten Temperaturunterschied eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, welche zur Fortpflanzung des Risses 7 der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie 3 führt.

Fig. 2 (a) zeigt allgemein zwei Auftreffgebiete 11, 12, die zusammen ein Einwirkfeld oder Einwirkzone 4 bilden. Aufgrund der zueinander schrägen Ausrichtung der beiden Auftreffgebiete 11, 12 befindet sich zwischen diesen beiden Gebieten ein Ausschnitt 14.

Ein Teil des Einwirkfeldes 4 kann durch eine Maskierungseinrichtung (hier nicht gezeigt) maskiert werden, wodurch der Ausschnitt 14 gebildet wird. Fig. 2 (b) zeigt als Beispiel ein Einwirkfeld 4 in mit einem mit

seinem vorderen, in Transportrichtung zeigenden v-förmigen Ausschnitt 14, welcher zwei Teilbereiche 42, 44 des Einwirkfelds 4 trennt, so dass diese quer zur Trennlinie 3 beabstandet sind, wobei die einander zugewandten Ränder der Teilbereiche aufeinander zu laufen und sich im Schnittpunkt der Trennlinie 3 mit dem Einwirkfeld 4 treffen. Ein solches Einwirkfeld 4 kann auch mit einer einzelnen Energiequelle erzeugt werden, indem beispielsweise wie gesagt eine Maskierung vorgenommen wird. Beispielsweise kann die Energiequelle ein Laserstrahl sein, wobei ein Teil des das Auftreffgebiet bildenden Laserspots ausgeblendet wird, um den Ausschnitt 14 zu bilden.

Fig. 3 zeigt nun eine Ausführungsform der Auftreffgebiete der Energiequellen 9, 10, sowie schematisch die Temperatur- und Spannungsverteilung auf dem Dünnglas 1. Das Dünnglas 1 wandert entlang der Vorschubrichtung durch die Auftreffgebiete 11, 12 der Energiequellen, im Bild also von oben nach unten. Da die Auftreffgebiete 11, 12 schräg zur Trennlinie 3 stehen, befindet sich zwischen ihnen ein Ausschnitt 14. Zusammen bilden die Auftreffgebiete 11, 12 ein Einwirkungsfeld oder eine Einwirkungszone 4. Die Auftreffgebiete 11, 12 überlappen sich in einem Überlappungsbereich 13. In diesem Bereich wird dementsprechend auch die höchste Energiedichte erzielt. Durchläuft das Glas nun diesen Überlappungsbereich 13, kommt es zu einem sehr steilen Temperaturanstieg gegenüber dem kalten Glas, welches entlang der Trennlinie in den Überlappungsbereich einläuft. Entsprechend kommt es hier zu einem hohen Spannungsgradienten und der Fortpflanzung des Risses. Die beiden nicht überlappenden Bereiche der Auftreffgebiete 9, 10 sorgen nun für eine stabile Führung

des Risses. Bei einer Abweichung des Verlaufs von der Trennlinie sinkt durch die ebenfalls vorhandene Aufheizung des Glases in diesen Gebieten der Temperatur- und damit der Spannungsgradient.

5

Die Geometrien der Auftreffgebiete, die Leistung der Energiequellen, deren Positionierung zueinander und die Geschwindigkeiten sind vorzugsweise genau so ausgelegt, dass der höchste Spannungsgradient an der vorbestimmten Stelle im Überlappungsgebiet 13 treffen. Um die Auftreffgebiete 11, 12 herum bilden sich Wärmeleitungs-
10 zonen 15. In den Auftreffgebieten, den Wärmeleitungs- zonen 15, sowie insbesondere auch im Überlappungsgebiet 13 herrschen bedingt durch die Aufheizung Druckspannungen, symbolisiert
15 in Fig. 3 durch den Buchstaben „D“.

Hinter den beiden Auftreffgebieten 11, 12 der Energiequellen 9, 10 trifft der Kühlstrahl im Auftreffgebiet 50 auf die Glasoberfläche und führt hier zu
20 einer raschen Abkühlung des Glases was dazu führt, dass sich das Glas zusammenzieht und die bereits geschnittenen Glaskanten separiert. Allgemein, ohne Beschränkung auf das dargestellte Beispiel ist es dabei besonders günstig, wenn die einzelnen Energiequellen 9, 10 in den jeweiligen
25 Auftreffgebieten 11, 12 für sich genommen auch in Verbindung mit dem Kühlstrahl keinen für eine Rissfortpflanzung ausreichenden Spannungsgradienten erzeugen. Dieser Spannungsgradient wird vielmehr erst im Überlappungsgebiet 13 erzeugt. Durch hinreichende
30 Energiezufuhr ist allerdings auch mit einem einzelnen Auftreffgebiet ohne eine Überlappungszone, also wie in dem in Fig. 2 (b) gezeigten Beispiel prinzipiell ein

Spannungsrisstrennen möglich, dies sogar ohne Kühlstrahl. Der Kühlstrahl ist jedoch für eine bessere Stabilität des Trennprozesses prinzipiell von Vorteil.

5 Der Kühlstrahl kann insbesondere durch einen Aerosolstrahl gebildet werden. Auch ein Flüssigkeitsstrahl oder ein Tröpfchenstrahl kann zur Kühlung eingesetzt werden. Ebenfalls möglich und besonders bevorzugt ist ein mit Wasserdampf angefeuchteter Gasstrahl, insbesondere ein
10 angefeuchteter Luftstrahl. Die relative Feuchtigkeit beträgt dabei vorzugsweise mindestens 70 %.

Die Auftreffgebiete 11, 12 des in Fig. 3 dargestellten Beispiels haben eine längliche, insbesondere ovale oder
15 elliptische Form. Dabei sind die Auftreffgebiete 11, 12 mit ihren Längsachsen schräg zur Trennlinie 3 angeordnet. Um eine zur vorgesehenen Trennlinie 3 möglichst symmetrische Spannungsverteilung zu erzeugen, ist es dabei günstig, wenn, wie auch im gezeigten Beispiel die Auftreffgebiete
20 11, 12 kongruent und überdies spiegelsymmetrisch zueinander sind, wobei die Trennlinie 3 vorzugsweise auch die Spiegelungsachse darstellt. Damit ergibt sich dann weiterhin, dass das Glas mit Energiequellen 9, 10 aufgeheizt wird, die Auftreffgebiete 11, 12 erzeugen,
25 deren innere, zueinander weisende Ränder 110, 120 schräg derart zur Trennlinie 3 verlaufen, dass sich für einen gegebenen Punkt auf der Trennlinie bei der entlang der Trennlinie fortschreitenden Erwärmung diese inneren Ränder 110, 120 auf den Punkt zulaufen und, wenn der Punkt von den
30 inneren Rändern 110, 120 überkreuzt wird, das Überlappungsgebiet 13, den Punkt überstreicht.

Durch die schräge Anordnung der Auftreffgebiete 11, 12 gegenüber der Trennlinie stehen die Längsachsen der länglichen Auftreffgebiete 11, 12 in einen Winkel α zueinander. Dieser Winkel kann nun vorteilhaft auch an
5 andere Parameter, wie etwa die Glasdicke und die Vorschubgeschwindigkeit angepasst werden, um einen möglichst hohen Temperaturgradienten bei geänderter Glasdicke oder Vorschubgeschwindigkeit beizubehalten.

10 Allgemein ist daher in einer Weiterbildung der Erfindung und ohne Beschränkung auf das dargestellte Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass der Winkel der Längsachsen der länglich ausgebildeten Auftreffgebiete zur Trennlinie abhängig von der Vorschubgeschwindigkeit oder
15 der Dicke des Dünnglases eingestellt wird. So kann bei geringeren Geschwindigkeiten der Einfluss der Wärmeleitung in Richtung des vorbestimmten Schnittes gesteuert werden. Ein größerer Einfluss der Wärmeleitung in lateraler Richtung führt zu einer Reduzierung des
20 Spannungsgradienten. Im Allgemeinen ist es dabei günstig, bei schnellerem Vorschub den Winkel zu verkleinern.

Mit den länglichen, vorzugsweise ovalen Auftreffgebieten 11, 12 und dem Überlappungsgebiet 13 an deren Enden hat das
25 zusammengesetzte Auftreffgebiet als Einwirkfeld 4 eine in Schneidrichtung geöffnete v-förmige Gestalt.

Fig. 4 zeigt eine Variante der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform. Allgemein wird bei dieser Ausführungsform,
30 ohne Beschränkung auf das spezielle dargestellte Ausführungsbeispiel ein zweiter Kühlstrahl verwendet, dessen Auftreffgebiet 52 in Vorschubrichtung vor den

Auftreffgebieten 11, 12 der Energiequellen 11, 12 liegt, so dass ein Punkt des Dünnglases auf der Trennlinie beim Vorschub zuerst den Auftreffort 52 des zweiten Kühlstrahls, dann das Überlappungsgebiet und dann den Auftreffort 51 des
5 ersten Kühlstrahls 51 durchquert.

In Vorschubrichtung gesehen hinter dem Auftreffgebiet 52 des zweiten Kühlstrahls wird eine Kälteleitungszone 16 erzeugt, durch welche wiederum die Trennlinie 3 läuft. Beim
10 Bewegen des Dünnglases 1 relativ zu den Energiequellen trifft dann diese Kältezone auf den Überlappungsbereich 13 der beiden Auftreffgebiete 11, 12 der Energiequellen, so dass ein noch steilerer Temperaturanstieg erreicht werden kann.

15

Eine weitere Verbesserung der Kantenqualität und der Geradlinigkeit der Schnittführung kann erzielt werden, wenn die Intensitätsprofile der Energiequellen möglichst scharf sind. Dies kann bei elektromagnetischer Strahlung als
20 Energiequelle gemäß einer Weiterbildung der Erfindung durch Blenden erzielt werden. Demgemäß werden in dieser Weiterbildung der Erfindung elektromagnetische Strahlen als Energiequellen 9, 10, vorzugsweise Laserstrahlen verwendet und deren Intensitätsverteilung vor dem Auftreffen auf das
25 Dünnglas 1 mittels einer Blende durch Ausblenden lokaler Bereiche des jeweiligen Strahls mit gegenüber der Maximalintensität geringerer Intensität verändert. Typischerweise finden sich solche Bereiche niedrigerer Intensität am Rand des Strahlprofils. Vorzugsweise werden
30 Bereiche ausgeblendet, deren Intensität weniger als 80%, vorzugsweise weniger als 90% der Maximalintensität beträgt.

Fig. 5 zeigt hierzu als Beispiel zwei Strahlprofile 26, 27, dargestellt als Intensitätsverlauf in einer Richtung senkrecht zur Strahlrichtung, beispielsweise entlang der Längsrichtung der in Fig. 3 und 4 gezeigten länglichen Auftreffgebiete 11, 12. Das gestrichelt eingezeichnete Strahlprofil 26 ist ein Profil wie es nach der Formung des Laserstrahls über geeignete Linsen oder Spiegel erhalten wurde. Die Intensität des Strahlprofils 26 fällt hier zum Rand hin noch über einen weiten Bereich kontinuierlich ab. Mittels einer Blende 25 werden diese Randbereiche abgeschnitten, so dass sich das modifizierte Strahlprofil 27 ergibt. Bei diesem Strahlprofil steigt die Intensität nun am Rand abrupt bis auf Werte nahe dem Maximalwert an. Mit einem solchen Strahlprofil wird auch entsprechend ein schnellerer Temperaturanstieg beim Überstreichen des Überlappungsbereiches 13 über das Glas erzielt.

Bei den in Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispielen hat das Strahlprofil der Laserstrahlen und entsprechend dann auch das Auftreffgebiet 11, 12 eine elliptische Form. Die Erfindung kann auch mit anderen Strahlgeometrien realisiert werden. Fig. 6 zeigt hierzu mehrere Beispiele. Beispiel (a) zeigt ein einfaches kreisförmiges Auftreffgebiet 11, 12. Der Überlappungsbereich zweier solcher Auftreffgebiete hätte dann die Form einer Linse. Beispiel (b) zeigt ein elliptisches Strahlprofil, beziehungsweise ein elliptisches Auftreffgebiet, wie es auch den Beispielen der Fig. 3 und Fig. 4 zugrundeliegt. Beispiel (c) ist ein dreieckförmiges Auftreffgebiet. Die Auftreffgebiete 11, 12 können beispielsweise mit der Spitze in Schneidrichtung nebeneinander überlappend auf das Dünnglas 1 gerichtet

werden. Die zueinander weisenden Schenkel der beiden Dreiecke bilden dann ebenso wie bei den Beispielen der Fig. 3 und Fig. 4 aufeinander zu laufende innere Ränder der Auftreffgebiete. Ebenfalls möglich ist ein quadratisches Auftreffgebiet, wie es Beispiel (d) zeigt. Hierbei kann auch die Diagonale des Quadrats in Vorschubrichtung weisen.

Bei länglichen Auftreffgebieten sind weiterhin verschiedene Stellungen der Mittenlinien 111, 121 der Auftreffgebiete möglich. Beispiele hierzu zeigt Fig. 7. Die Vorschubrichtung 103 ist in Fig. 7 ebenfalls eingezeichnet. Bei den Beispielen (a) und (b) überkreuzen sich die Mittenlinien 111, 121. Dementsprechend liegt der Kreuzungspunkt der Mittenlinien im Überlappungsgebiet. Eine Konfiguration gemäß Beispiel (b) kann beispielsweise bei hinreichender Überlappung der elliptischen Auftreffgebiete 11, 12 bei den in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Beispielen vorliegen. Bei den übrigen Beispielen (c), (d), (e), (f) überkreuzen sich die Mittenlinien nicht. Dennoch entstehen Überlappungsbereiche durch Überlappungen der Randzonen der jeweiligen Auftreffgebiete 11, 12. Jede der dargestellten Formen kann besondere Vorteile hinsichtlich der Kantenqualität abhängig von Glasart, Glasdicke und Vorschubgeschwindigkeit bringen.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei welchem mittels zweier Energiequellen zwei an der vorgesehenen Trennlinie überlappende Auftreffgebiete aufgeheizt werden, können überraschend besonders feste Kanten in Dünngläsern erzeugt werden. Dies gilt insbesondere für Dünngläser mit einer Dicke von höchstens 250 μm , für die das Verfahren besondere Vorteile bietet, da trotz einer schnellen Durchwärmung

solch dünner Gläser ein hoher Spannungsgradient aufgebaut werden kann. Hinsichtlich der Glasfestigkeit ist dabei zu beachten, dass diese maßgeblich durch die Festigkeit an den Kanten bestimmt wird. Von den Kanten ausgehende Risse beim
5 Versagen eines unter Biegespannung stehenden Glases sind wesentlich häufiger, als aus der Fläche des Glases hervorgehende Brüche.

Anhand der Beispiele der Fig. 8 und Fig. 9 wird dies
10 deutlich belegt. Beide Figuren sind doppellogarithmische Diagramme der Bruchwahrscheinlichkeit als Funktion der Biegespannung der Dünnglas-Proben. Gehorchen die Bruchwahrscheinlichkeiten einer Weibull-Verteilung, so sind die Messwerte der Biegespannung beim Bruch der jeweiligen
15 Probe in dieser doppellogarithmischen Darstellung idealerweise linear korreliert. Dies ist in beiden Diagrammen gut erfüllt. Bei dem in Fig. 8 gezeigten Diagramm wurden die Proben mit einem herkömmlichen Laserspannungstrennverfahren mit einem Laserspot
20 geschnitten. Für die in Fig. 9 gezeigten Messwerte wurde das erfindungsgemäße Verfahren mit links und rechts zur Trennlinie nebeneinanderliegenden, überlappenden Auftreffgebieten der Laserspots angewendet. Bei den Messwerten der Fig. 8 liegt die mittlere Bruchspannung
25 demnach bei 175 MPa. Als Formparameter der Weibullverteilung, welcher die Steigung der Messwerte im Diagramm wiedergibt, ergibt sich ein Wert von $m=3,7$.

Bei den erfindungsgemäß geschnittenen, ansonsten
30 gleichartigen Dünnglas-Proben ergibt sich demgegenüber ein Mittelwert der Bruchspannung von 201,2 MPa und ein Formparameter $m = 8,29$.

Es zeigt sich also, dass bei dünnen Gläsern mit Dicken von 250 μm oder weniger eine erhebliche Festigkeitssteigerung erzielt werden kann. Diese drückt sich insbesondere im Formparameter der zugrundeliegenden Weibull-Verteilung aus. Allgemein, ohne Beschränkung auf die dargestellten Ausführungsbeispiele betrifft die Erfindung daher auch ein mit der Erfindung herstellbares Dünnglaselement mit einer Dicke von höchstens 250 μm , welche zumindest eine mittels Spannungsrisstrennen, insbesondere Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene Kante aufweist, wobei die Dünnglasscheibe für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 6$, vorzugsweise mindestens $m = 7$ aufweist. Das Weibullmodul kann sogar, wie auch bei dem dargestellten Beispiel der Fig. 9 $m = 8$ oder mehr betragen. Gläser mit auf erfindungsgemäße Weise bearbeiteten Kanten weisen dann dementsprechend auch eine hohe Lebensdauer unter Biegebelastung auf. Vorzugsweise beträgt die Mindestdicke des Dünnglases 5 μm .

Für die mechanische Spannung σ , die beim Trennen durch die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugte Temperaturdifferenz hervorgerufen wird, gilt

$$\sigma = \frac{\alpha E}{1 - \mu} \Delta T$$

Dabei bezeichnet α den thermischen Ausdehnungskoeffizienten, E das Elastizitätsmodul und μ die Poisson-Zahl des Glases.

In der nachfolgenden Tabelle sind spezifische Kennwerte

einiger für die Erfindung gut geeigneter Gläser aufgelistet. Der Parameter Tg bezeichnet dabei die Transformationstemperatur.

	Tg	α 20-300	E	μ
AF32 eco (8266)	715°C	3,2 ppm/K	74,8 kN/mm ²	0,238
AF37 (8264)	711°C	3,77 ppm/K	78 kN/mm ²	0,240
AF45	662°C	4,50 ppm/K	66 kN/mm ²	0,235
D263 T eco	557°C	7,2 ppm/K	72,9 kN/mm ²	0,208
BF33 (MEMpax)	525°C	3,25 ppm/K	64 kN/mm ²	0,2
B270	533°C	9,4 ppm/K	71,5 kN/mm ²	0,219
As87 (8787)	615°C	8,8 ppm/K	74 kN/mm ²	0,215

5

Eine geeignete Gruppe von Gläsern für die Erfindung sind alkalifreie Borosilikatgläser. Hier wird folgende Zusammensetzung in Gewichtsprozent bevorzugt:

Komponente	Gew%
SiO ₂	58 - 65
Al ₂ O ₃	14 - 25
B ₂ O ₃	6 - 10,5
MgO	0 - 3
CaO	0 - 9
BaO	3 - 8
ZnO	0 - 2

10 Diese Gläser werden auch in der US 2002/0032117 A1 beschrieben, deren Inhalt bezüglich der Glaszusammensetzungen und Glaseigenschaften vollständig auch zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht

wird. Ein Glas dieser Klasse ist das in der Tabelle bereits aufgeführte Glas AF32.

Noch eine weitere Klasse bevorzugter Glastypeen sind
 5 Borosilikatgläser mit den folgenden Bestandteilen in Gewichtsprozent:

Komponente	Gew%
SiO ₂	30 - 85
B ₂ O ₃	3 - 20
Al ₂ O ₃	0 - 15
Na ₂ O	3 - 15
K ₂ O	3 - 15
ZnO	0 - 12
TiO ₂	0,5 - 10
CaO	0 - 0,1

Ein Glas dieser Klasse von Gläsern ist das in der Tabelle
 10 bereits genannte Schott-Glas D263. Die Gläser mit genaueren Zusammensetzungen werden auch in der US 2013/207058 A1 beschrieben, deren Inhalt bezüglich der Zusammensetzungen der Gläser und deren Eigenschaften vollumfänglich auch zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

15

Bei den bisher dargestellten Ausführungsformen werden überlappende Auftreffgebiete zweier Energiequellen verwendet, mit denen das Glas schnell aufgeheizt wird. Es ist gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung auch
 20 möglich, umgekehrt erst das Glas zu erwärmen und dann mittels zweier Kühlstrahlen mit seitlich überlappenden Auftreffgebieten die für die Trennung des Glases erforderliche Spannung zu erzeugen. Fig. 10 zeigt hierzu

ein Beispiel.

Demgemäß ist ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas 1 mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm vorgesehen, bei welchem das Dünnglas 1 entlang eines eine Trennlinie 3 definierenden Pfades fortschreitend in einem Auftreffgebiet 11 mittels einer Energiequelle 9 erwärmt wird, so dass und auch das Auftreffgebiet 11 der Energiequelle 9 auf der Trennlinie 3 liegt. und nachfolgend abgekühlt wird, so dass durch den so hergestellten Temperaturunterschied eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird und ein Riss 7 sich der mechanischen Spannung folgend entlang des Pfades fortpflanzt, wobei das Abkühlen des Glases mittels zweier Kühlstrahlen erfolgt, welche jeweils in einem Auftreffgebiet 50, 51 das zuvor erwärmte Dünnglas 1 abkühlen, wobei die Auftreffgebiete 50, 51 in Richtung senkrecht zur Trennlinie lateral zueinander versetzt sind und sich in einem Überlappungsgebiet 13 überschneiden, so dass die Trennlinie 3 durch dieses Überlappungsgebiet 13 läuft.

Das den Auftreffgebieten 50, 51 der Kühlstrahlen vorgelagerte Auftreffgebiet 11 der Energiequelle 9 verursacht eine Wärmeleitungszone 15, in welcher sich die eingebrachte Wärme verteilt. Entsprechend wird auch von den Kühlstrahlen eine sich von deren Auftreffgebieten 50, 51 ausgehende Kälteleitungszone 16 verursacht.

Das im Kerngebiet 150 der Wärmeleitungszone aufgeheizte Glas trifft dann durch die Bewegung entlang der Vorschubrichtung auf den Überlappungsbereich 13, in welchem die beiden Auftreffgebiete 50, 51 der Kühlstrahlen

überlappen und damit eine starke Abkühlung hervorgerufen wird. Durch den so erzeugten Spannungsgradienten kommt es ähnlich wie bei den Ausführungsformen der Fig. 3 und Fig. 4 zur Fortpflanzung des Risses 7 entlang der Trennlinie 3.

5

Wie oben dargelegt, kann eine hohe Lebensdauer erfindungsgemäß zugeschnittener Dünnglaselemente erreicht werden, auch wenn diese unter dauerhafter Biegebelastung oder Allgemeiner einer oberflächlichen Zugbelastung stehen.

10

Um eine niedrige Bruchquote innerhalb einer langen Lebensdauer zu gewährleisten, wird ein Dünnglaselement 100 vorgesehen, welches in Weiterbildung der Erfindung unter Zugspannung, insbesondere aufgrund einer Biegebelastung steht, wobei die Zugspannung kleiner ist, als folgender

15

Term:

$$(1) \quad 1.15 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{App}}} \cdot \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{\text{ref}}}{L_{\text{App}}} \cdot \Phi \right) \right) \right),$$

20

wobei $\bar{\sigma}_a$ und $\bar{\sigma}_e$ Mittelwerte der Zugspannung beim Bruch von Proben des Glaselements unter Biegebeanspruchung sind, wobei L_{ref} die Kantenlänge und A_{ref} die Fläche der Proben bezeichnen, wobei $\bar{\sigma}_a$ der Mittelwert der Zugspannung beim Bruch in der Fläche der Probe und $\bar{\sigma}_e$ der Mittelwert der Zugspannung bei einem von der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kante der Probe ausgehenden Bruch sind, und wobei Δ_e und Δ_a die Standardabweichungen der

25

Mittelwerte $\bar{\sigma}_e$, beziehungsweise $\bar{\sigma}_a$ bezeichnen, und wobei A_{app} die Fläche des Dünnglaselements und L_{app} die addierte Kantenlänge gegenüberliegender Kanten des Glaselement und Φ eine vorgegebene maximale Bruchquote innerhalb eines Zeitraums von mindestens einem halben Jahr sind.

30

Die vorgegebene maximale Bruchquote Φ beträgt bevorzugt 0,1 oder weniger (also höchstens 10%), besonders bevorzugt weniger als 0,05 (weniger als 5%).

5 Mit der Weiterbildung der Erfindung wird also ein Dünnglaselement 100 bereitgestellt, welches unter eine Zugspannung σ_{app} gesetzt ist, welche kleiner ist als der oben genannte Term (1). Die Zugspannung kann beispielsweise durch ein Aufrollen oder auch eine Befestigung auf einem
10 Träger unter erzwungener Biegung verursacht werden.

Um eine niedrige Bruchwahrscheinlichkeit des Dünnglaselements innerhalb von längeren Zeiträumen, beispielsweise bis zu zehn Jahren, zu erzielen, wird
15 bevorzugt, dass das Glaselement unter eine Zugspannung σ_{app} gesetzt wird, welche kleiner ist als

$$(2) \quad 0.93 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \Phi \right) \right) \right)$$

Bereits diese vergleichsweise kleine Verringerung der maximalen Zugspannung um einen Faktor $1,15/0,93 = 1,236$
20 führt zu einer erheblichen Steigerung der Lebensdauer des mit der Zugspannung beaufschlagten Glasartikels.

Mit der Erfindung wird nun ermöglicht, Dünnglasbänder zu Rollen 3 aufzuwickeln, die hinsichtlich des Innenradius so
25 bemessen sind, dass sie einen vorgegebenen Zeitraum, beispielsweise einen durchschnittlichen oder maximalen Lagerungszeitraum mit hoher Wahrscheinlichkeit unbeschadet überstehen. Dies gilt allgemein auch für andere Formen der Weiterverarbeitung des Dünnglases, bei denen das
30 hergestellte Glaselement unter Zugspannung steht. Wie auch bei der Ausführungsform der Rolle sind die am häufigsten in

Anwendungen, beziehungsweise bei einem weiterverarbeiteten Glasartikel auftretenden Zugspannungen durch Biegung des Dünnglases verursacht. Dabei steht der minimale Biegeradius R mit der Zugspannung σ_{app} in folgender Beziehung:

5 (3)
$$\sigma_{app} = \frac{E}{1-\nu^2} \frac{t}{2R} .$$

In dieser Beziehung bezeichnet E den Elastizitätsmodul, t die Dicke des Dünnglases und ν die Poissonzahl des Glases. Bevorzugte Glasdicken sind oben in der Beschreibung
10 angegeben.

Für den Biegeradius, welcher die Bedingung einer gemäß Term (1) berechneten maximalen Zugspannung σ_{app} erfüllt, ergibt sich durch Kombination mit Gleichung (3) folgender
15 Zusammenhang zwischen Biegeradius und Zugspannung:

$$(4) R \geq \frac{\frac{E}{1-\nu^2} \cdot t}{2.3 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \Phi \right) \right) \right)}$$

Entsprechend folgt aus der Kombination von Gleichung (3) mit Term (2) für den Biegeradius, mit welchem eine niedrige Bruchwahrscheinlichkeit bei längeren Zeiträumen erhalten wird, die Beziehung

$$(5) R \geq \frac{\frac{E}{1-\nu^2} \cdot t}{1.86 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \Phi \right) \right) \right)}$$

25

Für ein Dünnglaselement 100 in Form eines wie in Fig. 11 dargestellt, zu einer Rolle aufgewickelten Dünnglasbandes liegt der minimale Biegeradius R des Dünnglasbandes, aus dem gemäß Beziehung (3) die maximale Zugspannung σ_{app} resultiert, an der Innenseite 17 der Rolle vor. Um die Rolle handhabbar und klein halten zu können, werden Biegeradien bevorzugt, bei welchen die maximale Zugspannung, die an der Innenseite 17 auftritt, aber mindestens 21 MPa beträgt. Die Kanten 19 des Dünnglasbandes, welche in der Rolle an deren Stirnseiten liegen, sind dabei wie bereits anhand von Fig. 1 beschrieben, durch Abtrennen von Borten 101, 102 erzeugt worden. Das Verfahren, mit welchem die Parameter der obigen Gleichungen bestimmt werden, ist eingehend auch in der PCT/EP2014/070826 beschrieben, deren Inhalt diesbezüglich vollumfänglich auch zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht wird.

Um die einzelnen Lagen der Rolle gegeneinander zu schützen, kann wie dargestellt ein Bahnmaterial 18 mit eingewickelt werden.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung wurden zwei Gleichungen für jeweils fixe Mindest-Lebensdauern von mehr als 6 Monaten, beziehungsweise mehr als einem Jahr angegeben. Gegebenenfalls ist es aber sinnvoll, eine andere bestimmte Lebensdauer vorzugeben. Auch folgen aus den Termen (1), (2) zwar Mindest-Radien, jedoch kann es auch wünschenswert sein, einen Bereich zulässiger Radien, mit dem eine bestimmte Lebensdauer erzielt wird, anzugeben. Schließlich ist es weiterhin auch gegebenenfalls schwierig, zu diskriminieren, ob bei den

Bruchtests ein Bruch von einer Kante ausgegangen oder innerhalb der Fläche entstanden ist. Gemäß noch einer Ausführungsform der Erfindung ist daher vorgesehen, dass Bruchtests durchgeführt werden, bei denen die

5 Bruchspannung, beziehungsweise die korrespondierenden Biegeradien beim Bruch aufgezeichnet werden und anhand dieser Daten statistische Parameter ermittelt und anhand dieser Parameter ein Bereich für einen Biegeradius festgelegt wird, welcher eine bestimmte, insbesondere lange

10 Lebensdauer des unter mechanische Spannung gesetzten Glasartikels garantiert.

Die Erfindung sieht nun ein Dünnglaselement 100 mit erfindungsgemäß durch Laser-Spannungsrisstrennen

15 hergestellten Kanten 19, beispielsweise in Form einer Dünnglasrolle mit einem aufgerollten Dünnglas 1 in Form eines Dünnglasbands mit einer Länge von vorzugsweise mindestens 10 Metern vor, wobei der Innenradius des aufgerollten Dünnglases oder allgemeiner der Biegeradius

20 des gebogenen Dünnglaselements im Bereich von

$$(8) \quad R_{\min} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[0,7 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,053} - 2,3\right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\} \text{ bis}$$

$$(9) \quad R_{\max} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[3,4 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,05} - 2,1\right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\}$$

25

liegt, wobei $\langle R \rangle$ den Mittelwert und

$$(10) \quad s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum R_i^2 - \langle R \rangle^2}$$

die Varianz der Biegeradien R_i beim Bruch einer Mehrzahl N von Proben aus dem gleichen Glasmaterial mit gleicher Dicke und gleich beschaffenen Glaskanten wie das Glasmaterial des Dünnglaselements sind, wobei R_i die Biegeradien sind, bei
5 welchen die Proben jeweils brechen, und t eine vorzugsweise vorgegebene Mindest-Dauer in Tagen ist, welche das Dünnglaselement ohne Bruch übersteht. Solche zeitverzögerten Brüche werden dabei insbesondere durch
10 Spannungsrisskorrosion verursacht.

Ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines Dünnglaselements 100 in Form einer Rolle 3 mit einem aufgerollten Dünnglas 1 mit einer Länge von vorzugsweise
15 mindestens 10 Metern basiert dementsprechend darauf,
- mit einem Bruchtest der Mittelwert $\langle R \rangle$ der Biegeradien R_i beim Bruch einer Mehrzahl N von Proben 10 unter fortschreitend größer werdender Biegebelastung, sowie die Varianz s ermittelt werden, und
20 - ein Dünnglasband aus dem gleichen Glasmaterial mit gleicher Dicke und gleich beschaffenen Glaskanten wie das Glasmaterial der Proben 10 bereitgestellt, zumindest dessen Längskanten erfindungsgemäß durch Laser-Spannungsrisstrennen hergestellt und das Dünnglasband zu
25 einer Rolle aufgewickelt wird, wobei der Innenradius der Rolle, welcher der Radius der innersten Lage des Dünnglasbands ist, so gewählt wird, dass dieser im Bereich von R_{\min} gemäß Gleichung (8) bis R_{\max} gemäß Gleichung (9) liegt, wobei t eine vorgegebene Mindest-Dauer in Tagen ist,
30 welche die Dünnglasrolle ohne Bruch überstehen soll. Eine gewisse Bruchwahrscheinlichkeit ist jedoch im Allgemeinen, selbst bei sehr großen Biegeradien bei Glasbändern

typischerweise dennoch vorhanden. Die Parameter der Gleichungen (8) und (9) sind aber so abgestimmt, dass die Bruchquote innerhalb einer vorgegebenen Mindest-Dauer im Allgemeinen bei kleiner als 0,1, vorzugsweise kleiner als
5 0,05 liegt.

Auch bei dieser Ausführungsform der Erfindung beeinflusst die erfindungsgemäße Herstellung der Kanten und deren verbesserte Festigkeit die Parameter s und $\langle R \rangle$. Durch die erhöhte Kantenfestigkeit wird auch insgesamt der Mittelwert
10 $\langle R \rangle$ gegenüber Proben mit nicht erfindungsgemäß geschnittenen Kanten erhöht. Je nach Natur der vorhandenen Defekte der Kanten kann die Varianz s gegenüber nicht erfindungsgemäß hergestellten Proben ansteigen oder auch kleiner werden.

15

Um eine ausreichend vertrauenswürdige Statistik für eine zuverlässige Festlegung des Biegeradius im durch die Gleichungen (8) und (9) definierten Bereich zu erhalten, werden gemäß einer Weiterbildung dieser Ausführungsform
20 mindestens zwanzig, vorzugsweise mindestens 50 Proben des Dünnglases bis zum Bruch mit einer Biegebelastung und damit mit Zugspannung belastet, um den Mittelwert $\langle R \rangle$ der Biegeradien R_i und deren Varianz zu ermitteln. Die Durchführung des Verfahrens, sowie die Ermittlung der
25 Parameter der Gleichungen (8) bis (10) wird eingehend auch in der DE 10 2014 113 149.5 beschrieben, deren Inhalt diesbezüglich vollumfänglich auch zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht wird.

30 Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die Erfindung nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt ist, sondern im Rahmen des Gegenstands der Ansprüche in

vielfältiger Weise abgewandelt werden kann. Auch können die verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

Dünnglas	1
Vorrichtung zum Spannungsrisstrennen	2
Trennlinie	3
Einwirkfeld	4
Kühlstrahl	5, 6
Riss	7
Laser	8
Energiequelle	9, 10
Auftreffgebiet	11, 12
Überlappungsgebiet	13
Ausschnitt	14
Wärmeleitungszone	15
Kälteleitungszone	16
Innenseite Dünnglasrolle	17
Bahnmaterial	18
Kante von 100	19
Transporteinrichtung	20
Levitationsunterlage	21
Blende	25
Strahlprofil vor Blende	26
Strahlprofil hinter Blende	27
Kühlstrahlerzeuger	40, 41
Teilbereiche von 4	42, 44
Auftreffgebiet des Kühlstrahls	50, 51, 52
Transportband	54, 55
Unterdruckansaugung	53
Strahlteiler	80

Teilstrahlen	81, 82
Ritzeinrichtung	89
Borten	101, 102
Vorschubrichtung	103
innere Ränder von 11, 12	110, 120
Mittenlinien von 11, 12	111, 121
Kerngebiet von 15	150
Dünnglaselement	100

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer
5 Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit einer
Dicke im Bereich von 5 µm bis 150 µm, bei welchem das
Dünnglas (1) entlang einer Trennlinie (3)
bildenden Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei
das Erwärmen des Glases durch die Energie zumindest
10 einer Energiequelle innerhalb eines Einwirkungsfeldes
dieser Energiequelle auf dem Dünnglas (1) erfolgt,
wobei das Einwirkungsfeld entlang der Trennlinie über das
Dünnglas bewegt wird, so dass durch den
Temperaturgradienten des mittels der zumindest einen
15 Energiequelle aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas
eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch
welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung
folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt, und
wobei zwei Teilbereiche (42, 44) des Einwirkungsfeldes
20 lateral beabstandet zur Trennlinie sind, und im
Einwirkungsfeld einen Ausschnitt einrahmen, durch welchen
die Trennlinie (3) läuft, derart, dass im Abschnitt
dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases (1) neben
der Trennlinie stärker erwärmt werden, als Bereiche
25 auf der Trennlinie, und wobei das Einwirkungsfeld so
geformt ist, dass bei Bewegung des Dünnglases entlang
der Trennlinie diese Teilbereiche (42, 44) in
Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen und
sich auf der Trennlinie treffen.
- 30
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Dünnglas
(1) entlang einer Trennlinie (3) bildenden

Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei das Erwärmen des Glases mittels zweier Energiequellen (9, 10) erfolgt, welche jeweils in einem Auftreffgebiet (11, 12) auf das Glas treffen, wobei das Einwirkfeld
5 zumindest von dem ersten und dem zweiten Auftreffgebiet gebildet wird, und wobei die Energiequellen (9, 10) so auf das Glas gerichtet werden, dass die Auftreffgebiete (11, 12) in Richtung senkrecht zur Trennlinie (3) lateral zueinander
10 versetzt sind, wobei die beiden Auftreffgebiete (11, 12) sich in einem Überlappungsgebiet (13) überschneiden, so dass die Trennlinie (3) durch dieses Überlappungsgebiet (13) läuft und durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen
15 aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas, insbesondere zum entlang der Trennlinie (3) in das Überlappungsgebiet einlaufenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang
20 der Trennlinie (3) fortpflanzt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die erste und die zweite Energiequelle zeitlich getaktet auf das Glas treffen.
25

4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Dünnglas (1) der Erwärmung nachfolgend mit einem Kühlstrahl (5) abgekühlt wird, wobei der Kühlstrahl (5) so auf das Glas gerichtet wird, dass
30 dessen Auftreffort (50) auf der Trennlinie (3) liegt.

5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von einem Dünnglasband (101) Borten (102, 103) abgetrennt werden.
- 5 6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Auftreffgebiete (11, 12) ellipsenförmig sind.
7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, 10 dadurch gekennzeichnet, dass elektromagnetische Strahlen als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise Laserstrahlen verwendet und deren Intensitätsverteilung vor dem Auftreffen auf das Dünnglas (1) mittels einer Blende (25) durch 15 Ausblenden lokaler Bereiche des jeweiligen Strahls mit gegenüber der Maximalintensität geringerer Intensität verändert werden.
8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, 20 wobei das Glas mit Laserstrahlen (90, 100) als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise mittels Laserstrahlen eines CO₂-Lasers aufgeheizt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, 25 dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilbereich des Einwirkungsfeldes maskiert wird, um den Ausschnitt des Einwirkungsfeldes auf dem Dünnglas zu bilden.
10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, 30 dadurch gekennzeichnet, dass das Dünnglas (1) auf einem mit einer Levitationsunterlage (21) erzeugten Gaspolster gelagert oder über das Gaspolster geführt

wird, wobei die Auftreffgebiete der Energiequellen (9, 10) und der Auftreffort des Kühlstrahls (5) im vom Gaspolster unterstützten Bereich des Dünnglases (1) liegen.

5

11. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Kühlstrahl (6) verwendet wird, dessen Auftreffort (52) in Vorschubrichtung vor den Auftreffgebieten (11, 12) der Energiequellen (9, 10) liegt, so dass ein Punkt des Dünnglases (1) auf der Trennlinie beim Vorschub zuerst den Auftreffort (52) des zweiten Kühlstrahls, dann den ersten Auftreffbereich (11), dann den zweiten Auftreffbereich (12) und dann den Auftreffort (51) des ersten Kühlstrahls (5) durchquert.

15

12. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein Aerosolstrahl oder ein angefeuchteter Gasstrahl mit einer relativen Feuchte im Bereich von 70 % bis 100 % verwendet wird.

20

13. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein Flüssigkeitsstrahl verwendet wird.

25

14. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein Tröpfchenstrahl verwendet wird.

30

15. Vorrichtung (2) zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit

einer Dicke im Bereich von 5 μm bis 150 μm , umfassend
zumindest eine Energiequelle und eine Einrichtung, um
die Energie der Energiequelle in einem Einwirkfeld
auf das Dünnglas einwirken zu lassen, so dass das
5 Dünnglas (1) sich im Bereich des Einwirkfelds
erwärmt, und wobei eine Vorschubeinrichtung (20)
vorgesehen ist, um das Dünnglas (1) und das
Einwirkfeld relativ zueinander entlang einer
vorgesehenen Trennlinie (3) zu bewegen, so dass durch
10 den Temperaturunterschied des mittels der
Energiequellen aufgeheizten Glases zum umgebenden
Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird,
durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen
Spannung folgend entlang der Trennlinie (3)
15 fortpflanzt, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist,
welche das Einwirkfeld (4) mit einer Form erzeugt,
welche zwei Teilbereiche (42, 44) aufweist, die
lateral beabstandet zur Trennlinie (3) sind und im
Einwirkfeld einen Ausschnitt (4) einrahmen, durch
20 welchen die Trennlinie läuft, derart, dass im
Abschnitt dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases
(1) neben der Trennlinie stärker erwärmt werden, als
Bereiche auf der Trennlinie, so dass bei Bewegung des
Dünnglases entlang der Trennlinie diese Teilbereiche
25 in Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen
und sich auf der Trennlinie treffen.

16. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch,
gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Maskieren
30 eines Teilbereiches des Einwirkfelds um den
Ausschnitt des Einwirkfelds auf dem Dünnglas zu

bilden.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, mit einer Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen (9, 10) und einer Einrichtung, um die Energiequellen (9, 10) so auf das Dünnglas (1) zu richten, dass diese jeweils in einem Auftreffgebiet (11, 12) auf das Dünnglas (1) treffen, wobei zumindest die beiden Auftreffgebiete das Einwirkfeld bilden, und wobei die Auftreffgebiete (11, 12) in Richtung senkrecht zur Trennlinie (3) lateral zueinander versetzt sind, und sich in einem Überlappungsgebiet (13) überschneiden, und wobei eine Vorschubeinrichtung (20) vorgesehen ist, um das Dünnglas (1) und die Auftreffgebiete (11, 12) relativ zueinander entlang einer vorgesehenen Trennlinie (3) zu bewegen, so dass durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen (9, 10) aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas, insbesondere zum entlang der Trennlinie (3) in das Überlappungsgebiet einlaufenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt.

25

18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei ein Kühlstrahlerzeuger (40) vorgesehen ist, um einen Kühlstrahl (5) zu erzeugen, durch dessen Auftreffort die Trennlinie (3) läuft, derart, dass ein auf der Trennlinie (3) liegender Punkt des Dünnglases bei Bewegung mittels der Vorschubeinrichtung (20) zuerst das erste

30

Auftreffgebiet (11), dann das zweite Auftreffgebiet (11) und dann den Auftreffort (50) des Kühlstrahls (5) durchläuft,

- 5 19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:
- die Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen (9, 10) umfasst einen Laser,
 - 10 - Die Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen (9, 10) umfasst einen Strahlteiler,
 - Es ist eine Blende (25) vorgesehen, um die Intensitätsverteilung von elektromagnetischen Strahlen als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise von
 - 15 Laserstrahlen vor dem Auftreffen auf das Dünnglas (1) durch Ausblenden lokaler Bereiche des jeweiligen Strahls mit gegenüber der Maximalintensität geringerer Intensität zu verändern.
- 20 20. Dünnglaselement (100) mit einer Dicke von höchstens 250 μm , herstellbar mit einem Verfahren oder einer Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, welche zumindest eine mittels Spannungsrisstrennen, insbesondere Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene
- 25 Kante aufweist, wobei die Dünnglasscheibe für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 6$, vorzugsweise mindestens $m = 7$ aufweist.
- 30 21. Dünnglaselement (100) nach vorstehendem Anspruch, bei welchem das Dünnglaselement unter einer Zugspannung

σ_{app} steht, welche kleiner ist, als

$$1.15 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{App}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{App}} \Phi \right) \right) \right),$$

wobei $\bar{\sigma}_a$ und $\bar{\sigma}_e$ Mittelwerte der Zugspannung beim Bruch von Proben des Dünnglaselements unter

5 Biegebeanspruchung sind, wobei L_{ref} die Kantenlänge und A_{ref} die Fläche der Proben bezeichnen, wobei $\bar{\sigma}_a$

der Mittelwert der Zugspannung beim Bruch in der Fläche der Probe und $\bar{\sigma}_e$ der Mittelwert der

10 Zugspannung bei einem von der mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 hergestellten

Kante der Probe ausgehenden Bruch sind, und wobei Δ_e und Δ_a die Standardabweichungen der Mittelwerte $\bar{\sigma}_e$,

beziehungsweise $\bar{\sigma}_a$ bezeichnen, und wobei A_{app} die Fläche des Dünnglaselements und L_{app} die addierte

15 Kantenlänge gegenüberliegender Kanten (19) des Glaselements und Φ eine maximale Bruchquote von höchstens 0,1 innerhalb eines Zeitraums von mindestens einem halben Jahr sind.

20 22. Dünnglaselement (100) gemäß dem vorstehenden Anspruch, bei welchem das Dünnglaselement unter eine Zugspannung σ_{app} steht, welche kleiner ist als

$$0.93 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \Phi \right) \right) \right).$$

25 Dünnglaselement (100) gemäß einem der vier vorstehenden Ansprüche, in Form einer Rolle mit einem aufgerollten Dünnglas (1), vorzugsweise mit einer Länge von mindestens 10 Metern und einer Dicke von

vorzugsweise höchstens 200 Mikrometern, wobei der Innenradius des aufgerollten Dünnglases (1) im Bereich von

$$R_{\min} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[0,7 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,053} - 2,3\right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\} \text{ bis}$$

$$R_{\max} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[3,4 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,05} - 2,1\right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\}$$

5

liegt, wobei $\langle R \rangle$ den Mittelwert und

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum R_i^2 - \langle R \rangle^2}$$

die Varianz der Biegeradien beim Bruch einer Mehrzahl N von Proben aus dem gleichen Glasmaterial mit gleicher Dicke und gleich beschaffenen Glaskanten wie das Glasmaterial des Dünnglaselements sind, wobei R_i die Biegeradien sind, bei welchen die Proben jeweils brechen, und t eine Mindest-Dauer in Tagen ist, welche die Dünnglasrolle ohne Bruch übersteht.

10
15

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE
beim Internationalen Büro eingegangen am 11 August 2016 (11.08.2016)

1. Verfahren zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer
5 Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit einer
Dicke im Bereich von 5 μm bis 150 μm , bei welchem das
Dünnglas (1) entlang einer Trennlinie (3)
bildenden Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei
das Erwärmen des Glases durch die Energie zumindest
10 einer Energiequelle innerhalb eines Einwirkungsfeldes
dieser Energiequelle auf dem Dünnglas (1) erfolgt,
wobei das Einwirkungsfeld entlang der Trennlinie über das
Dünnglas bewegt wird, so dass durch den
Temperaturgradienten des mittels der zumindest einen
15 Energiequelle aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas
eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch
welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung
folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt, und
wobei zwei Teilbereiche (42, 44) des Einwirkungsfeldes
20 lateral beabstandet zur Trennlinie sind, und im
Einwirkungsfeld einen Ausschnitt einrahmen, durch welchen
die Trennlinie (3) läuft, derart, dass im Abschnitt
dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases (1) neben
der Trennlinie stärker erwärmt werden, als Bereiche
25 auf der Trennlinie, und wobei das Einwirkungsfeld so
geformt ist, dass bei Bewegung des Dünnglases entlang
der Trennlinie diese Teilbereiche (42, 44) in
Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen und
sich auf der Trennlinie treffen
30 dadurch gekennzeichnet, dass von den Teilbereichen
(42, 44) gebildete Auftreffgebiete innere, zueinander
weisende, schräg zur Trennlinie verlaufende Ränder
derart aufweisen, dass für einen gegebenen Punkt auf

der Trennlinie bei der entlang der Trennlinie fortschreitenden Erwärmung die inneren Ränder auf den Punkt zulaufen.

5 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem das Dünnglas
 (1) entlang einer Trennlinie (3) bildenden
 Pfades fortschreitend erwärmt wird, wobei das
 Erwärmen des Glases mittels zweier Energiequellen (9,
10 10) erfolgt, welche jeweils in einem Auftreffgebiet
 (11, 12) auf das Glas treffen, wobei das Einwirkfeld
 zumindest von dem ersten und dem zweiten
 Auftreffgebiet gebildet wird, und wobei die
 Energiequellen (9, 10) so auf das Glas gerichtet
15 werden, dass die Auftreffgebiete (11, 12) in Richtung
 senkrecht zur Trennlinie (3) lateral zueinander
 versetzt sind, wobei die beiden Auftreffgebiete (11,
 12) sich in einem Überlappungsgebiet (13)
 überschneiden, so dass die Trennlinie (3) durch
 dieses Überlappungsgebiet (13) läuft und durch den
20 Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen
 aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas, insbesondere
 zum entlang der Trennlinie (3) in das
 Überlappungsgebiet einlaufenden Glas eine mechanische
 Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss
25 (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang
 der Trennlinie (3) fortpflanzt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die erste und die
30 zweite Energiequelle zeitlich getaktet auf das Glas
 treffen.

4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Dünnglas (1) der Erwärmung nachfolgend mit einem Kühlstrahl (5) abgekühlt wird, wobei der Kühlstrahl (5) so auf das Glas gerichtet wird, dass dessen Auftreffort (50) auf der Trennlinie (3) liegt.
- 5
5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass von einem Dünnglasband (101) Borten (102, 103) abgetrennt werden.
- 10
6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Auftreffgebiete (11, 12) ellipsenförmig sind.
- 15
7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass elektromagnetische Strahlen als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise Laserstrahlen verwendet und deren Intensitätsverteilung vor dem Auftreffen auf das Dünnglas (1) mittels einer Blende (25) durch Ausblenden lokaler Bereiche des jeweiligen Strahls mit gegenüber der Maximalintensität geringerer Intensität verändert werden.
- 20
8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Glas mit Laserstrahlen (90, 100) als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise mittels Laserstrahlen eines CO₂-Lasers aufgeheizt wird.
- 25
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilbereich des Einwirkfeldes maskiert wird, um den Ausschnitt des
- 30

Einwirkfeldes auf dem Dünnglas zu bilden.

10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Dünnglas (1) auf
5 einem mit einer Levitationsunterlage (21) erzeugten
Gaspolster gelagert oder über das Gaspolster geführt
wird, wobei die Auftreffgebiete der Energiequellen
(9, 10) und der Auftreffort des Kühlstrahls (5) im
vom Gaspolster unterstützten Bereich des Dünnglases
10 (1) liegen.
11. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Kühlstrahl
(6) verwendet wird, dessen Auftreffort (52) in
15 Vorschubrichtung vor den Auftreffgebieten (11, 12)
der Energiequellen (9, 10) liegt, so dass ein Punkt
des Dünnglases (1) auf der Trennlinie beim Vorschub
zuerst den Auftreffort (52) des zweiten Kühlstrahls,
dann das erste Auftreffgebiet (11), dann das zweite
20 Auftreffgebiet (12 und dann den Auftreffort (51) des
ersten Kühlstrahls (5) durchquert.
12. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein
25 Aerosolstrahl oder ein angefeuchteter Gasstrahl mit
einer relativen Feuchte im Bereich von 70 % bis 100 %
verwendet wird.
13. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein
Flüssigkeitsstrahl verwendet wird.

14. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kühlstrahl (5) ein Tröpfchenstrahl verwendet wird.
- 5 15. Vorrichtung (2) zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer Dicke kleiner als 1,2 mm, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich von 5 µm bis 150 µm, umfassend
10 zumindest eine Energiequelle und eine Einrichtung, um die Energie der Energiequelle in einem Einwirkfeld auf das Dünnglas einwirken zu lassen, so dass das Dünnglas (1) sich im Bereich des Einwirkfelds erwärmt, und wobei eine Vorschubeinrichtung (20) vorgesehen ist, um das Dünnglas (1) und das Einwirkfeld relativ zueinander entlang einer
15 vorgesehenen Trennlinie (3) zu bewegen, so dass durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen aufgeheizten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird, durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen
20 Spannung folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt, wobei eine Einrichtung vorgesehen ist, welche das Einwirkfeld (4) mit einer Form erzeugt, welche zwei Teilbereiche (42, 44) aufweist, die lateral beabstandet zur Trennlinie (3) sind und im Einwirkfeld einen Ausschnitt (4) einrahmen, durch
25 welchen die Trennlinie läuft, derart, dass im Abschnitt dieser Beabstandung Bereiche des Dünnglases (1) neben der Trennlinie stärker erwärmt werden, als Bereiche auf der Trennlinie, so dass bei Bewegung des Dünnglases entlang der Trennlinie diese Teilbereiche
30 in Bewegungsrichtung des Dünnglases zusammenlaufen und sich auf der Trennlinie treffen,

dadurch gekennzeichnet, dass Auftreffgebiete, deren innere, zueinander weisende Ränder schräg, derart zur Trennlinie verlaufen, dass sich für einen gegebenen Punkt auf der Trennlinie bei der entlang der
5 Trennlinie fortschreitenden Erwärmung die inneren Ränder auf den Punkt zulaufen.

16. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Maskieren
10 eines Teilbereiches des Einwirkfelds um den Ausschnitt des Einwirkfelds auf dem Dünnglas zu bilden.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, mit einer Einrichtung
15 zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen (9, 10) und einer Einrichtung, um die Energiequellen (9, 10) so auf das Dünnglas (1) zu richten, dass diese jeweils in einem Auftreffgebiet (11, 12) auf das Dünnglas (1) treffen, wobei zumindest die beiden
20 Auftreffgebiete das Einwirkfeld bilden, und wobei die Auftreffgebiete (11, 12) in Richtung senkrecht zur Trennlinie (3) lateral zueinander versetzt sind, und sich in einem Überlappungsgebiet (13) überschneiden, und wobei eine Vorschubeinrichtung
25 (20) vorgesehen ist, um das Dünnglas (1) und die Auftreffgebiete (11, 12) relativ zueinander entlang einer vorgesehenen Trennlinie (3) zu bewegen, so dass durch den Temperaturunterschied des mittels der Energiequellen (9, 10) aufgeheizten Glases zum
30 umgebenden Glas, insbesondere zum entlang der Trennlinie (3) in das Überlappungsgebiet einlaufenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird,

durch welche ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt.

- 5 18. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei ein Kühlstrahlerzeuger (40) vorgesehen ist, um einen Kühlstrahl (5) zu erzeugen, durch dessen Auftreffort die Trennlinie (3) läuft, derart, dass ein auf der Trennlinie (3) liegender Punkt des
- 10 Dünnglases bei Bewegung mittels der Vorschubeinrichtung (20) zuerst das erste Auftreffgebiet (11), dann das zweite Auftreffgebiet (11) und dann den Auftreffort (50) des Kühlstrahls (5) durchläuft,
- 15 19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:
- die Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier
 - 20 Energiequellen (9, 10) umfasst einen Laser,
 - Die Einrichtung zur Bereitstellung zumindest zweier Energiequellen (9, 10) umfasst einen Strahlteiler,
 - Es ist eine Blende (25) vorgesehen, um die Intensitätsverteilung von elektromagnetischen
 - 25 Strahlen als Energiequellen (9, 10), vorzugsweise von Laserstrahlen vor dem Auftreffen auf das Dünnglas (1) durch Ausblenden lokaler Bereiche des jeweiligen Strahls mit gegenüber der Maximalintensität geringerer Intensität zu verändern.
- 30 20. Dünnglasenelement (100) mit einer Dicke von höchstens 250 µm, herstellbar mit einem Verfahren oder einer

Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, welche zumindest eine mittels Spannungsrisstrennen, insbesondere Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene Kante aufweist, wobei die Dünnglasscheibe für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 6$, vorzugsweise mindestens $m = 7$ aufweist.

21. Dünnglaselement (100) nach vorstehendem Anspruch, bei welchem das Dünnglaselement unter einer Zugspannung σ_{app} steht, welche kleiner ist, als

$$1.15 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \Phi \right) \right) \right),$$

wobei $\bar{\sigma}_a$ und $\bar{\sigma}_e$ Mittelwerte der Zugspannung beim

Bruch von Proben des Dünnglaselements unter Biegebeanspruchung sind, wobei L_{ref} die Kantenlänge und A_{ref} die Fläche der Proben bezeichnen, wobei $\bar{\sigma}_a$ der Mittelwert der Zugspannung beim Bruch in der Fläche der Probe und $\bar{\sigma}_e$ der Mittelwert der

Zugspannung bei einem von der mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 hergestellten Kante der Probe ausgehenden Bruch sind, und wobei Δ_e und Δ_a die Standardabweichungen der Mittelwerte $\bar{\sigma}_e$, beziehungsweise $\bar{\sigma}_a$ bezeichnen, und wobei A_{app} die

Fläche des Dünnglaselements und L_{app} die addierte Kantenlänge gegenüberliegender Kanten (19) des Glaselements und Φ eine maximale Bruchquote von höchstens 0,1 innerhalb eines Zeitraums von mindestens einem halben Jahr sind.

30

22. Dünnglaselement (100) gemäß dem vorstehenden Anspruch, bei welchem das Dünnglaselement unter eine Zugspannung σ_{app} steht, welche kleiner ist als

$$0,93 \cdot \text{Min} \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a \cdot 0,4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{app}} \cdot \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e \cdot 0,4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{app}} \cdot \Phi \right) \right) \right)$$

5

23. Dünnglaselement (100) gemäß einem der Ansprüche 20 bis 22, in Form einer Rolle mit einem aufgerollten Dünnglas (1), vorzugsweise mit einer Länge von mindestens 10 Metern und einer Dicke von vorzugsweise höchstens 200 Mikrometern, wobei der Innenradius des aufgerollten Dünnglases (1) im Bereich von

10

$$R_{min} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[0,7 + \exp \left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,053} - 2,3 \right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\} \quad \text{bis}$$

$$R_{max} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[3,4 + \exp \left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0,05} - 2,1 \right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\}$$

liegt, wobei $\langle R \rangle$ den Mittelwert und

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum R_i^2 - \langle R \rangle^2}$$

15

die Varianz der Biegeradien beim Bruch einer Mehrzahl N von Proben aus dem gleichen Glasmaterial mit gleicher Dicke und gleich beschaffenen Glaskanten wie das Glasmaterial des Dünnglaselements sind, wobei R_i die Biegeradien sind, bei welchen die Proben jeweils brechen, und t eine Mindest-Dauer in Tagen ist, welche die Dünnglasrolle ohne Bruch übersteht.

20

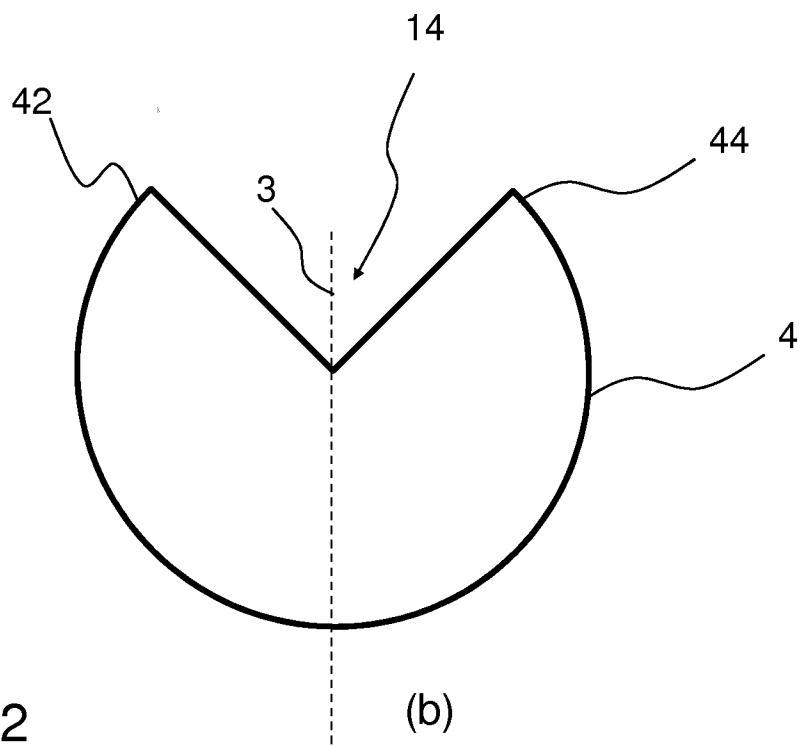
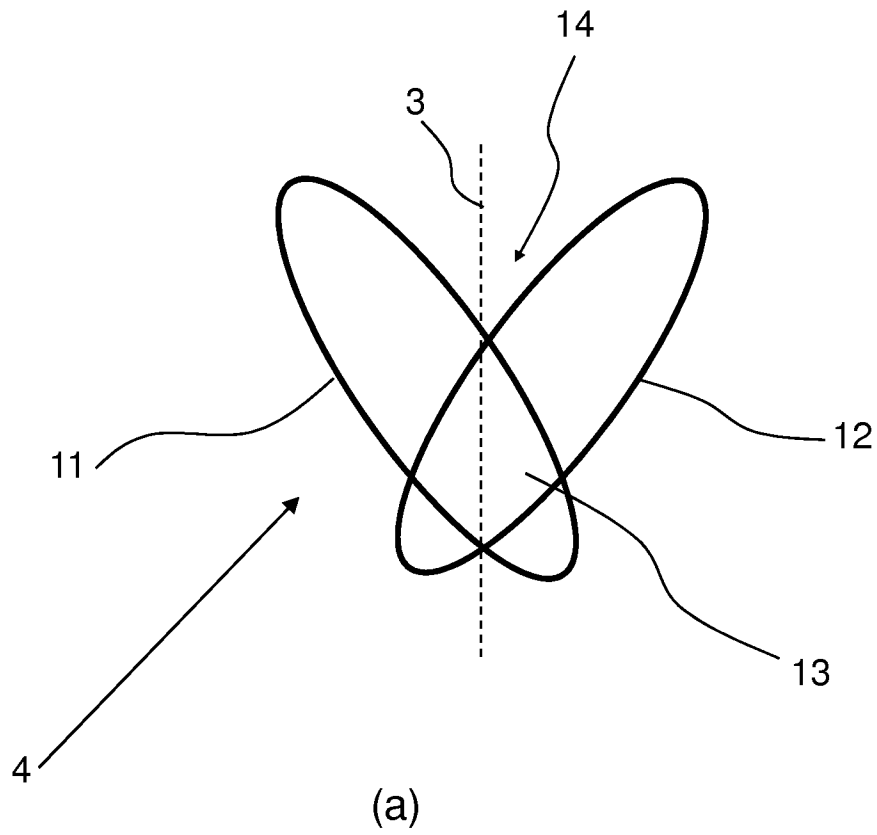


Fig. 2

(b)

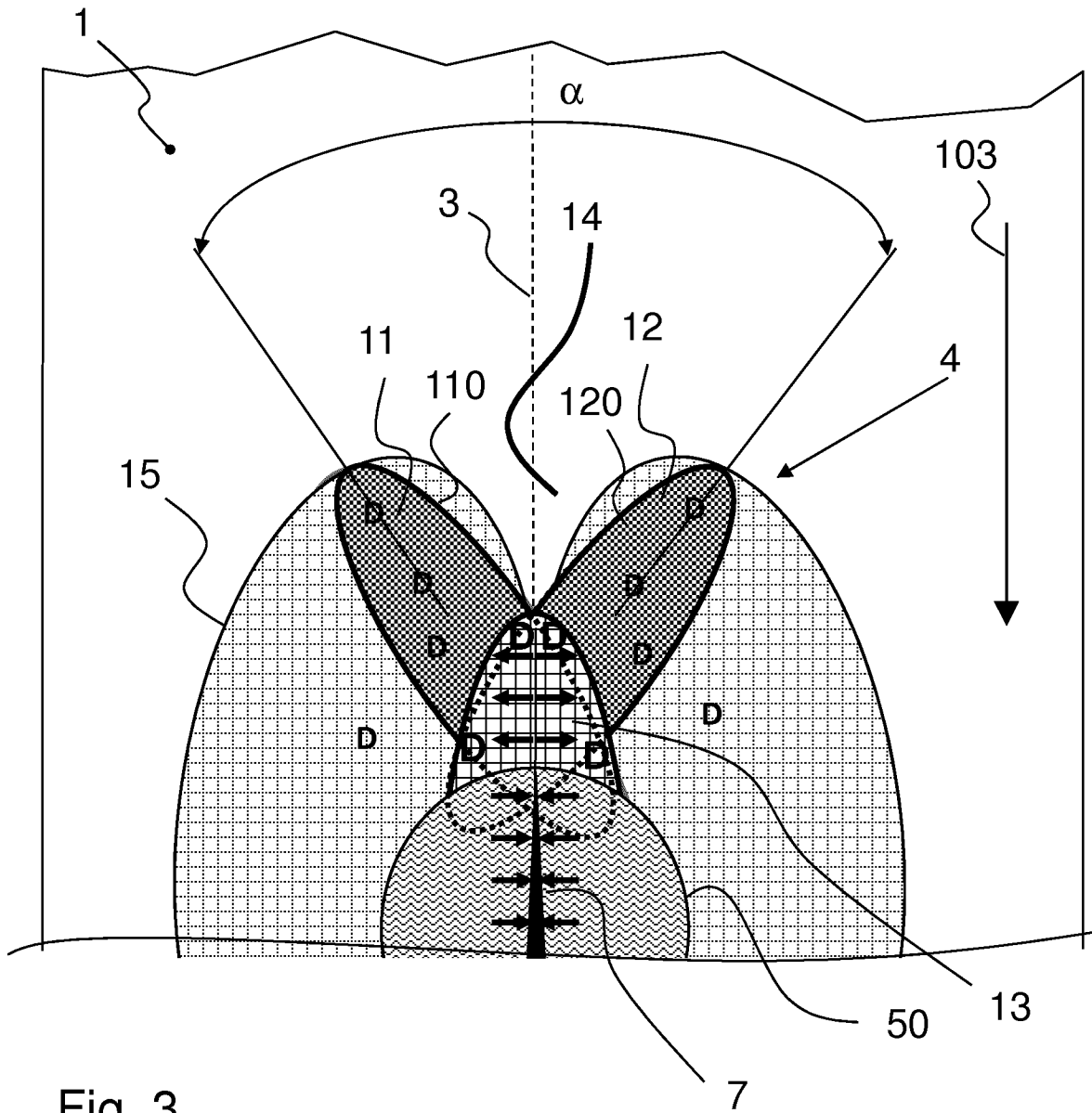


Fig. 3

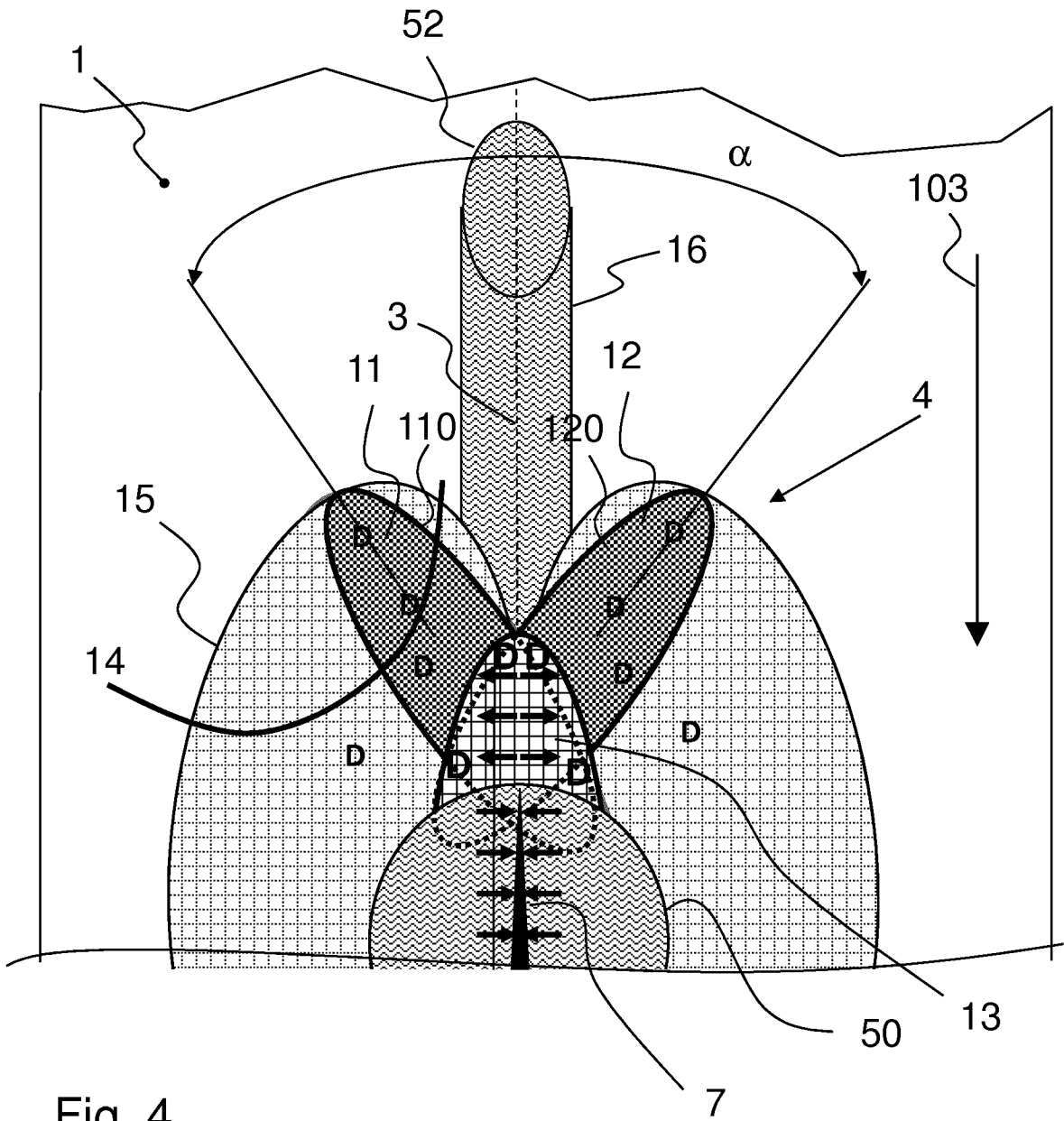


Fig. 4

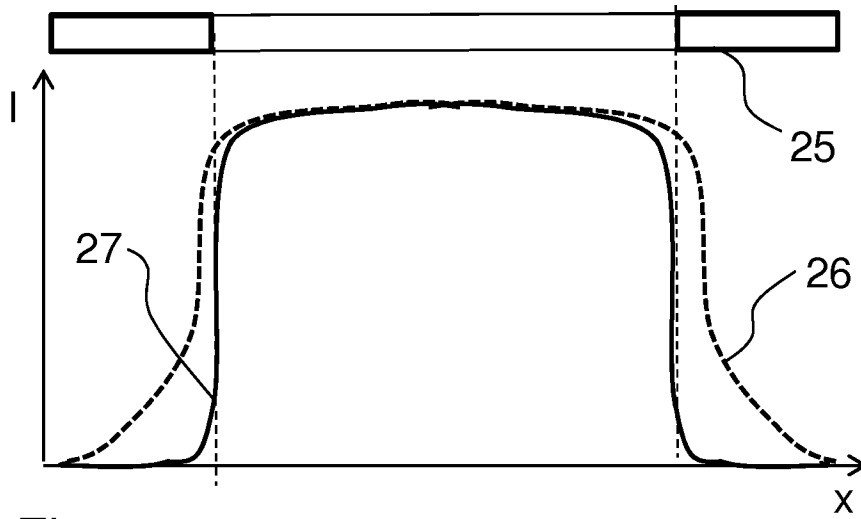


Fig. 5

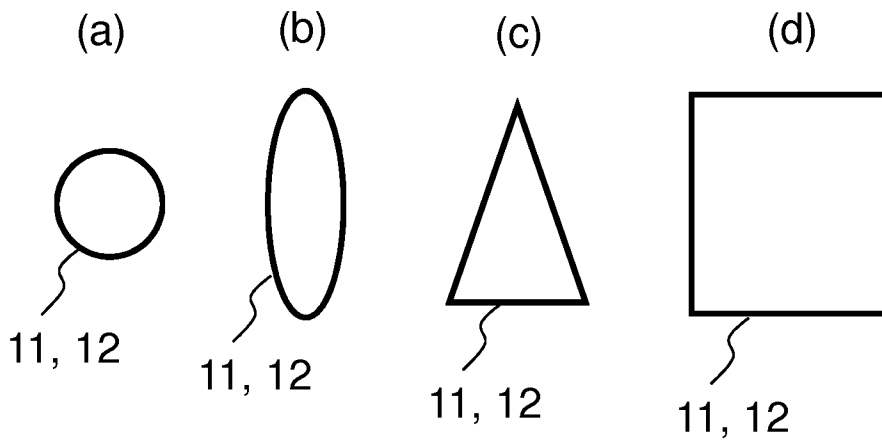


Fig. 6

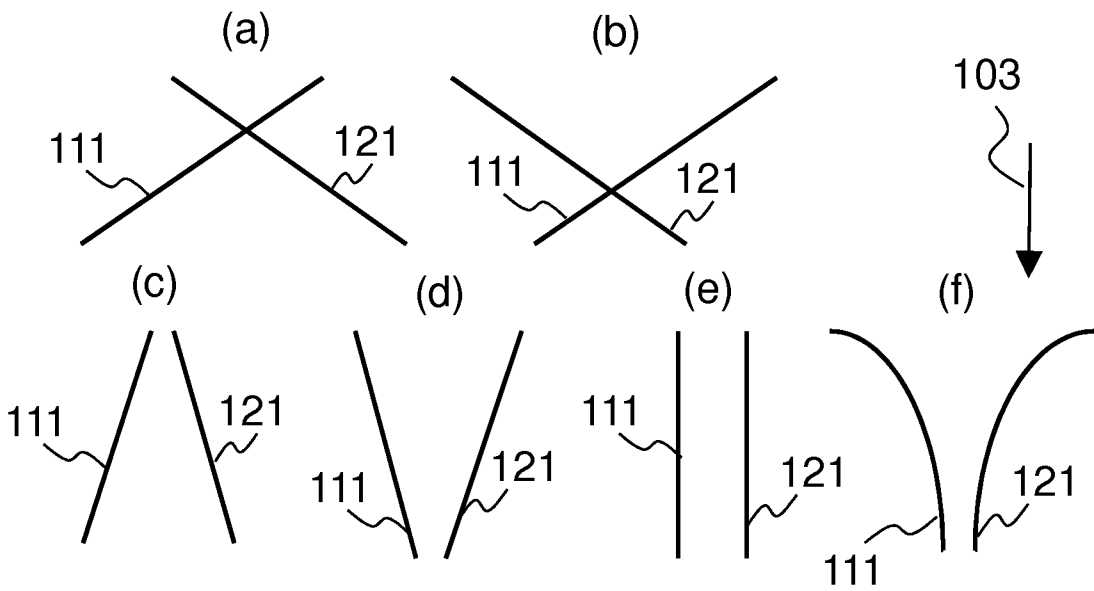


Fig. 7

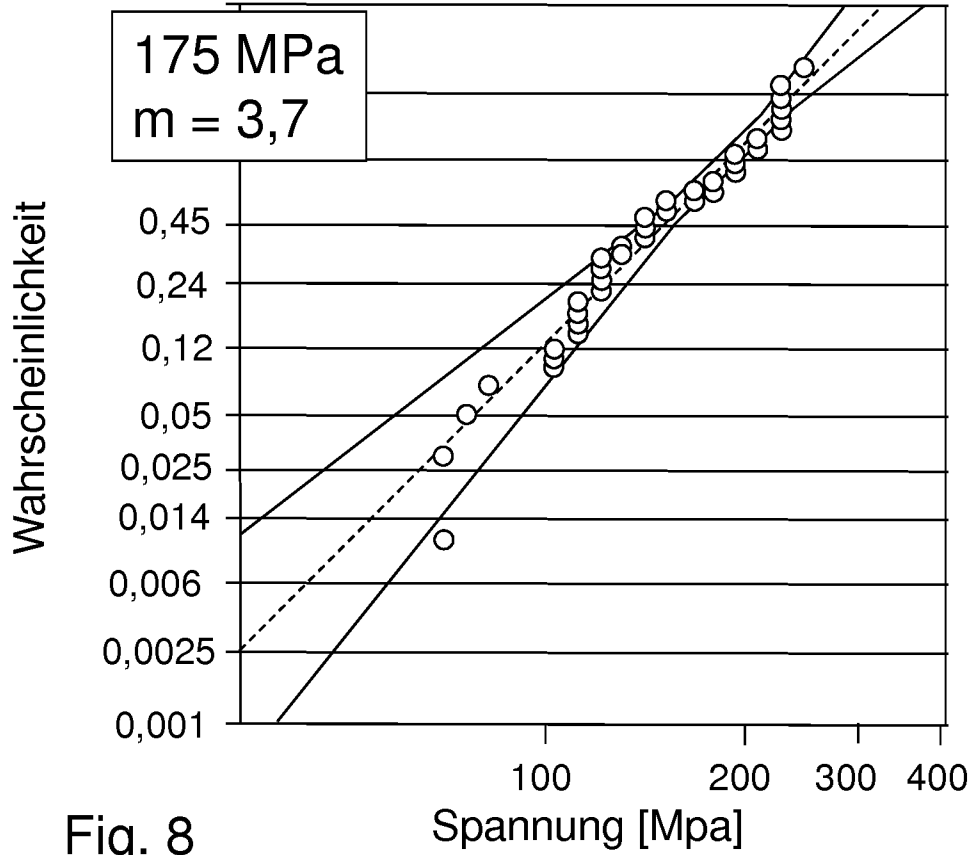


Fig. 8

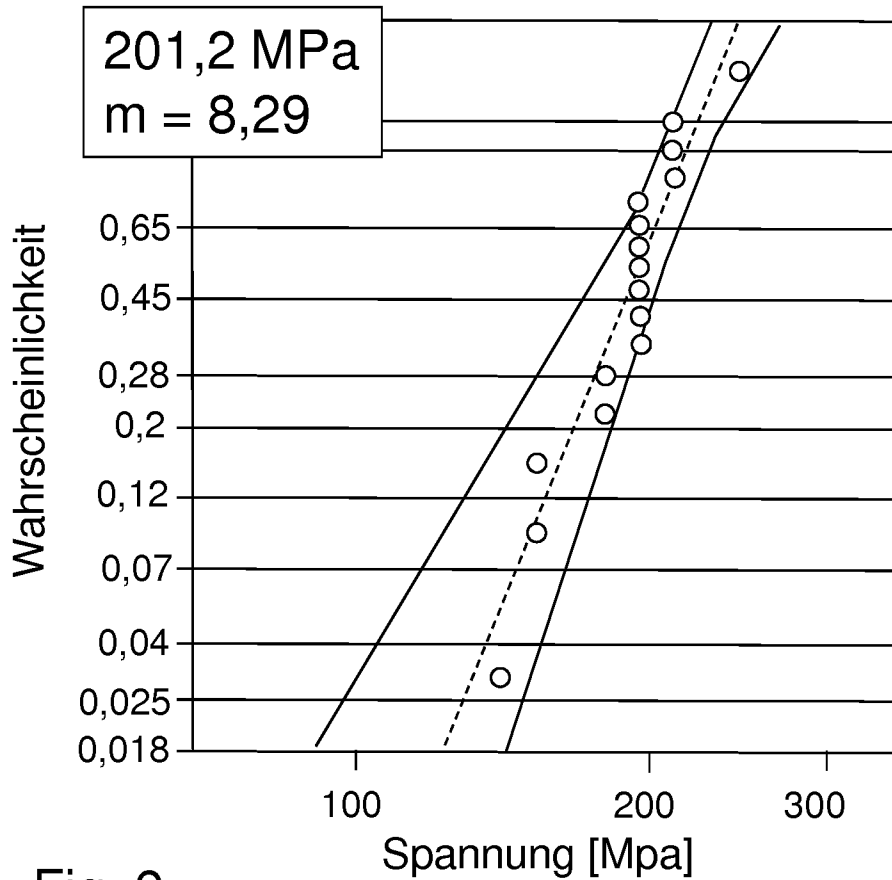


Fig. 9

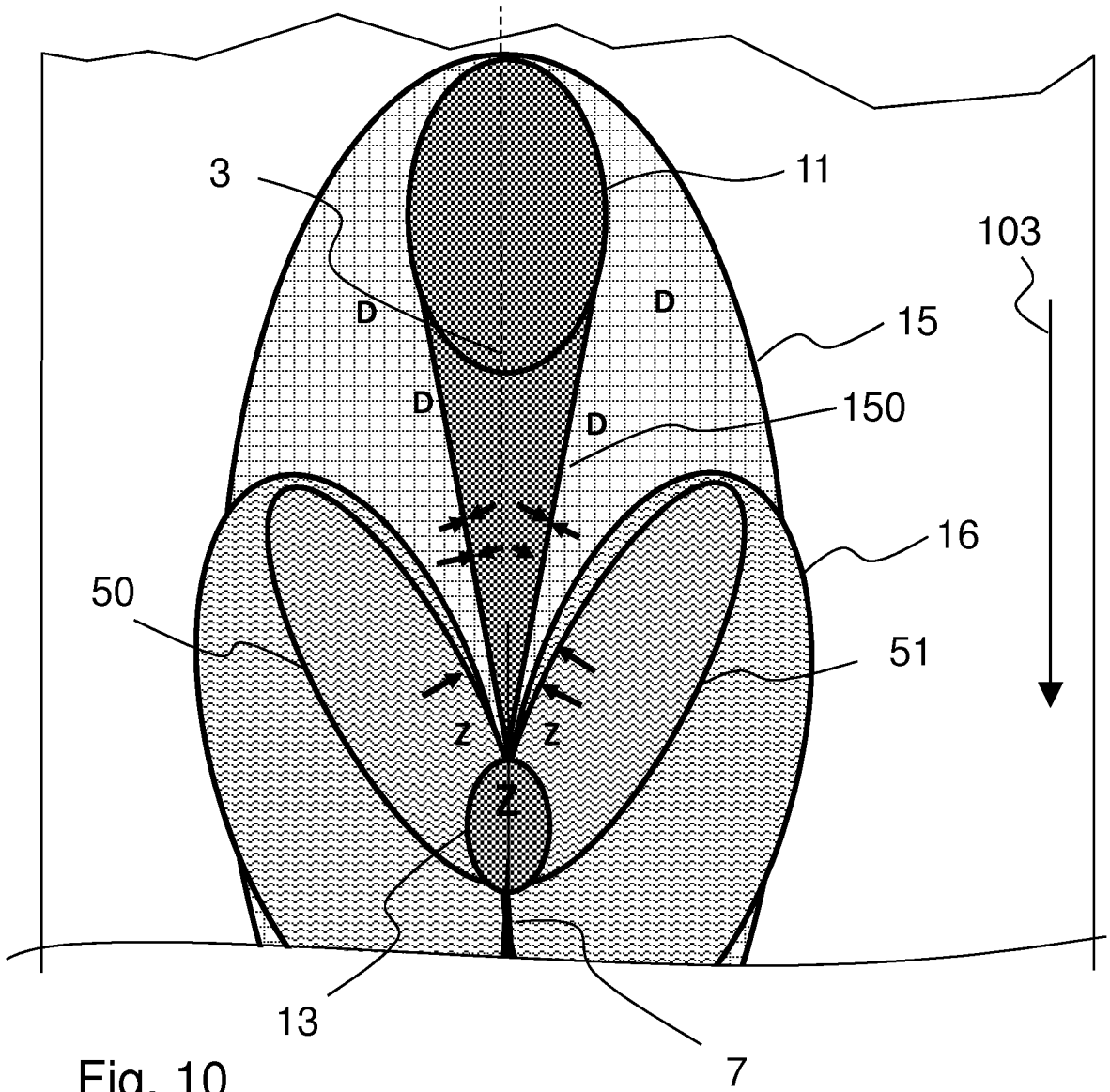


Fig. 10

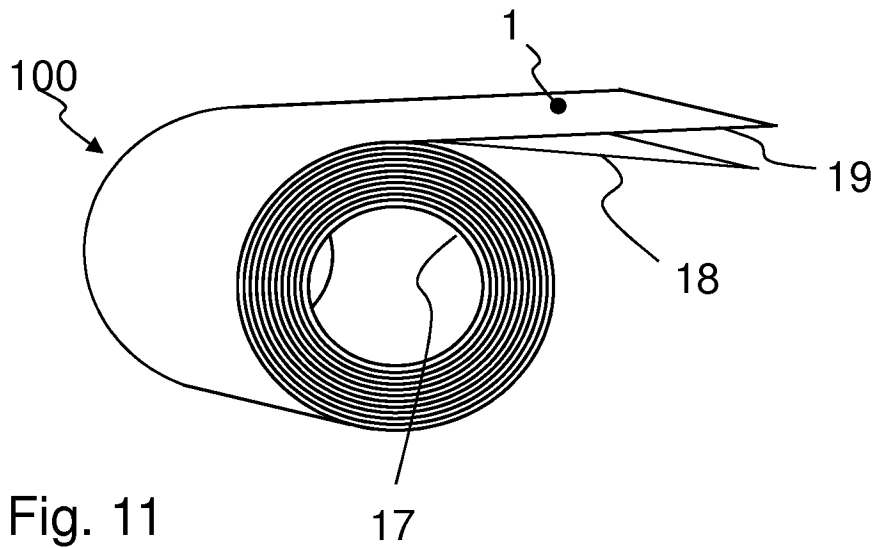


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/056612

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C03B33/023 C03B33/09
ADD.
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)
C03B B65G 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, 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 2004 066745 A (SEIKO EPSON CORP) 4 March 2004 (2004-03-04) Bezugszeichen 3,30,1,20-24,26-28,22-23,4,5; paragraph [0035]; claims 1,8; figures 3-10 -----	1,6-9, 11,15, 16,19,20
X	JP 2009 102178 A (SHIBUYA KOGYO CO LTD) 14 May 2009 (2009-05-14) paragraphs [0020], [0012]; figure 6 -----	1,11,15, 20
X	WO 2014/123080 A1 (V TECHNOLOGY CO LTD [JP]) 14 August 2014 (2014-08-14) page 2; claim 1; figure 1 ----- -/--	1,11,15, 20

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 9 June 2016	Date of mailing of the international search report 16/06/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gkerou, Elisavet

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/056612

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/85387 A1 (PTG PREC TECHNOLOGY CT LTD LLC [US]) 15 November 2001 (2001-11-15) paragraph [0070]; claims 1,6; figures 14a-14d,15a-15e -----	1-3,15, 17
X	DE 10 2004 014276 A1 (GRENZEBACH MASCHB GMBH [DE]) 13 October 2005 (2005-10-13) figure 1 -----	1,5,15
X	US 2003/145624 A1 (LUETTGENS THOMAS [DE] ET AL) 7 August 2003 (2003-08-07) paragraphs [0034] - [0035]; figures 2A,2B -----	1,4, 12-15,18
X	US 2013/126576 A1 (MARSHALL DALE CHARLES [US] ET AL) 23 May 2013 (2013-05-23) cited in the application figures 2-3 -----	1,5,10, 15
X	US 2014/113797 A1 (YAMADA JUNICHI [JP] ET AL) 24 April 2014 (2014-04-24) figure 1 -----	1,2
X	US 2008/074747 A1 (CHENG YUAN-CHIEH [TW] ET AL) 27 March 2008 (2008-03-27) claim 1; figure 5 -----	1,4,6,11
X	EP 0 872 303 A2 (SCHOTT GLAS [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 21 October 1998 (1998-10-21) claim 1; figures 5-8,10,11 -----	4
X	DE 198 33 368 C1 (SCHOTT GLAS [DE]) 17 February 2000 (2000-02-17) the whole document -----	1,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2016/056612

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.: **21-23**
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
see ADDITIONAL SHEET PCT/ISA/210

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box II.2

Claims 21-23

1 The present claims 21-23 relate to a product which is defined (inter alia) by reference to the following unusual parameter: see the equations in claims 21-23.

1.1 The use of this unusual parameter in the present context results in a lack of clarity. The claims do not clearly specify the products that fall within the scope of protection because the parameter cannot be reliably and unambiguously determined on the basis of the details provided in the description or using any of the objective methods normally used in this technical field. As a result, a comparison of the claimed subject matter with the prior art is not possible.

2 The application therefore does not meet the requirement with regard to clarity under PCT Article 6.

3 The search was therefore limited to claims 1-20.

The applicant is advised that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subject matter that has not been searched. This also applies in cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II. However, after entry into the regional phase before the EPO, an additional search may be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, C-IV, 7.2) if the defects that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been corrected.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/056612

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2004066745	A	04-03-2004	NONE
JP 2009102178	A	14-05-2009	CN 101412577 A 22-04-2009 JP 5187556 B2 24-04-2013 JP 2009102178 A 14-05-2009 KR 20090040204 A 23-04-2009 TW 200918225 A 01-05-2009
WO 2014123080	A1	14-08-2014	CN 104955605 A 30-09-2015 JP 2014151326 A 25-08-2014 KR 20150114957 A 13-10-2015 TW 201440942 A 01-11-2014 US 2016002088 A1 07-01-2016 WO 2014123080 A1 14-08-2014
WO 0185387	A1	15-11-2001	AU 6140201 A 20-11-2001 TW 521020 B 21-02-2003 US 2002006765 A1 17-01-2002 WO 0185387 A1 15-11-2001
DE 102004014276	A1	13-10-2005	NONE
US 2003145624	A1	07-08-2003	AT 316103 T 15-02-2006 AU 7410301 A 02-01-2002 CN 1437614 A 20-08-2003 CN 101037291 A 19-09-2007 DE 10030388 A1 03-01-2002 EP 1292622 A1 19-03-2003 EP 1634857 A1 15-03-2006 ES 2257414 T3 01-08-2006 JP 5132863 B2 30-01-2013 JP 5666514 B2 12-02-2015 JP 2004501052 A 15-01-2004 JP 2012232894 A 29-11-2012 KR 20030017546 A 03-03-2003 MY 138530 A 30-06-2009 US 2003145624 A1 07-08-2003 US 2006283304 A1 21-12-2006 US 2009065545 A1 12-03-2009 WO 0198368 A1 27-12-2001
US 2013126576	A1	23-05-2013	CN 104080746 A 01-10-2014 EP 2780292 A1 24-09-2014 JP 2015505795 A 26-02-2015 KR 20140092392 A 23-07-2014 TW 201323362 A 16-06-2013 US 2013126576 A1 23-05-2013 US 2015259236 A1 17-09-2015 WO 2013074760 A1 23-05-2013
US 2014113797	A1	24-04-2014	CN 103619528 A 05-03-2014 JP 5765421 B2 19-08-2015 JP WO2013002165 A1 23-02-2015 KR 20130133865 A 09-12-2013 TW 201332693 A 16-08-2013 US 2014113797 A1 24-04-2014 WO 2013002165 A1 03-01-2013

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2016/056612

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008074747 A1	27-03-2008	TW 200812738 A US 2008074747 A1	16-03-2008 27-03-2008
EP 0872303 A2	21-10-1998	AT 242675 T CN 1203202 A EP 0872303 A2 HK 1017335 A1 JP 3484603 B2 JP H1121141 A KR 100375592 B1 MY 120533 A TW 460422 B US 5984159 A US 6112967 A	15-06-2003 30-12-1998 21-10-1998 18-11-2005 06-01-2004 26-01-1999 12-05-2003 30-11-2005 21-10-2001 16-11-1999 05-09-2000
DE 19833368 C1	17-02-2000	DE 19833368 C1 WO 0005026 A1	17-02-2000 03-02-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. C03B33/023 C03B33/09
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 C03B B65G 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, 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 2004 066745 A (SEIKO EPSON CORP) 4. März 2004 (2004-03-04) Bezugszeichen 3,30,1,20-24,26-28,22-23,4,5; Absatz [0035]; Ansprüche 1,8; Abbildungen 3-10 -----	1,6-9, 11,15, 16,19,20
X	JP 2009 102178 A (SHIBUYA KOGYO CO LTD) 14. Mai 2009 (2009-05-14) Absätze [0020], [0012]; Abbildung 6 -----	1,11,15, 20
X	WO 2014/123080 A1 (V TECHNOLOGY CO LTD [JP]) 14. August 2014 (2014-08-14) Seite 2; Anspruch 1; Abbildung 1 ----- -/-	1,11,15, 20



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. Juni 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/06/2016

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

Gkerou, Elisavet

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/85387 A1 (PTG PREC TECHNOLOGY CT LTD LLC [US]) 15. November 2001 (2001-11-15) Absatz [0070]; Ansprüche 1,6; Abbildungen 14a-14d,15a-15e -----	1-3,15, 17
X	DE 10 2004 014276 A1 (GRENZEBACH MASCHB GMBH [DE]) 13. Oktober 2005 (2005-10-13) Abbildung 1 -----	1,5,15
X	US 2003/145624 A1 (LUETTGENS THOMAS [DE] ET AL) 7. August 2003 (2003-08-07) Absätze [0034] - [0035]; Abbildungen 2A,2B -----	1,4, 12-15,18
X	US 2013/126576 A1 (MARSHALL DALE CHARLES [US] ET AL) 23. Mai 2013 (2013-05-23) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen 2-3 -----	1,5,10, 15
X	US 2014/113797 A1 (YAMADA JUNICHI [JP] ET AL) 24. April 2014 (2014-04-24) Abbildung 1 -----	1,2
X	US 2008/074747 A1 (CHENG YUAN-CHIEH [TW] ET AL) 27. März 2008 (2008-03-27) Anspruch 1; Abbildung 5 -----	1,4,6,11
X	EP 0 872 303 A2 (SCHOTT GLAS [DE]; ZEISS STIFTUNG [DE]) 21. Oktober 1998 (1998-10-21) Anspruch 1; Abbildungen 5-8,10,11 -----	4
X	DE 198 33 368 C1 (SCHOTT GLAS [DE]) 17. Februar 2000 (2000-02-17) das ganze Dokument -----	1,15

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. Ansprüche Nr. 21-23
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
siehe BEIBLATT PCT/ISA/210

3. Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Fortsetzung von Feld II.2

Ansprüche Nr.: 21-23

1 Die vorliegenden Ansprüche 21-23 beziehen sich auf ein Erzeugnis, das (unter anderem) durch Bezugnahme auf der folgenden unüblichen Parameter definiert werden: siehe die Gleichungen der Ansprüche 21-23.

1.1 Die

Verwendung dieser unüblichen Parameter im vorliegenden Zusammenhang führt zu einem Mangel an Klarheit. Die Anspruch geben die Erzeugnisse, die in

seinen Schutzbereich fallen, nicht deutlich an, da die Parameter mit den in der Beschreibung enthaltenen Angaben oder durch auf dem technischen Gebiet übliche objektive Verfahren nicht eindeutig und zuverlässig bestimmt werden kann. Dadurch ist ein Vergleich der beanspruchten Gegenstände mit dem Stand der Technik nicht möglich.

2 Die Anmeldung

erfüllt somit nicht das Erfordernis der Klarheit nach Artikel 6 PCT.

3

Die Recherche wurde deshalb auf Ansprüche 1-20 beschränkt.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt. Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-IV, 7.2), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/056612

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2004066745	A	04-03-2004	KEINE
JP 2009102178	A	14-05-2009	CN 101412577 A 22-04-2009 JP 5187556 B2 24-04-2013 JP 2009102178 A 14-05-2009 KR 20090040204 A 23-04-2009 TW 200918225 A 01-05-2009
WO 2014123080	A1	14-08-2014	CN 104955605 A 30-09-2015 JP 2014151326 A 25-08-2014 KR 20150114957 A 13-10-2015 TW 201440942 A 01-11-2014 US 2016002088 A1 07-01-2016 WO 2014123080 A1 14-08-2014
WO 0185387	A1	15-11-2001	AU 6140201 A 20-11-2001 TW 521020 B 21-02-2003 US 2002006765 A1 17-01-2002 WO 0185387 A1 15-11-2001
DE 102004014276	A1	13-10-2005	KEINE
US 2003145624	A1	07-08-2003	AT 316103 T 15-02-2006 AU 7410301 A 02-01-2002 CN 1437614 A 20-08-2003 CN 101037291 A 19-09-2007 DE 10030388 A1 03-01-2002 EP 1292622 A1 19-03-2003 EP 1634857 A1 15-03-2006 ES 2257414 T3 01-08-2006 JP 5132863 B2 30-01-2013 JP 5666514 B2 12-02-2015 JP 2004501052 A 15-01-2004 JP 2012232894 A 29-11-2012 KR 20030017546 A 03-03-2003 MY 138530 A 30-06-2009 US 2003145624 A1 07-08-2003 US 2006283304 A1 21-12-2006 US 2009065545 A1 12-03-2009 WO 0198368 A1 27-12-2001
US 2013126576	A1	23-05-2013	CN 104080746 A 01-10-2014 EP 2780292 A1 24-09-2014 JP 2015505795 A 26-02-2015 KR 20140092392 A 23-07-2014 TW 201323362 A 16-06-2013 US 2013126576 A1 23-05-2013 US 2015259236 A1 17-09-2015 WO 2013074760 A1 23-05-2013
US 2014113797	A1	24-04-2014	CN 103619528 A 05-03-2014 JP 5765421 B2 19-08-2015 JP WO2013002165 A1 23-02-2015 KR 20130133865 A 09-12-2013 TW 201332693 A 16-08-2013 US 2014113797 A1 24-04-2014 WO 2013002165 A1 03-01-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/056612

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008074747 A1	27-03-2008	TW 200812738 A US 2008074747 A1	16-03-2008 27-03-2008

EP 0872303 A2	21-10-1998	AT 242675 T CN 1203202 A EP 0872303 A2 HK 1017335 A1 JP 3484603 B2 JP H1121141 A KR 100375592 B1 MY 120533 A TW 460422 B US 5984159 A US 6112967 A	15-06-2003 30-12-1998 21-10-1998 18-11-2005 06-01-2004 26-01-1999 12-05-2003 30-11-2005 21-10-2001 16-11-1999 05-09-2000

DE 19833368 C1	17-02-2000	DE 19833368 C1 WO 0005026 A1	17-02-2000 03-02-2000
