

(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 2016/156235 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
C03B 33/023 (2006.01) **C03B 33/09** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/056613
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. März 2016 (24.03.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 104 802.7 27. März 2015 (27.03.2015) DE
- (71) Anmelder: **SCHOTT AG** [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10,
55122 Mainz (DE).
- (72) Erfinder: **FÖRTSCH, Dirk**; Rümmlsheimer Str. 4,
55425 Waldalgesheim (DE). **BEHLE, Stephan**; Stefan-
George-Str. 16, 55239 Gau-Odernheim (DE). **THOMAS,**
Peter; Follmannstraße 40, Koblenz 56073 (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, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD OF CUTTING GLASS BY MEANS OF A LASER, AND GLASS PRODUCT PRODUCED ACCORDING
TO SAID METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM TRENNEN VON GLAS MITTELS EINES LASERS, SOWIE VERFAHRENGEMÄß
HERGESTELLTES GLASERZEUGNIS

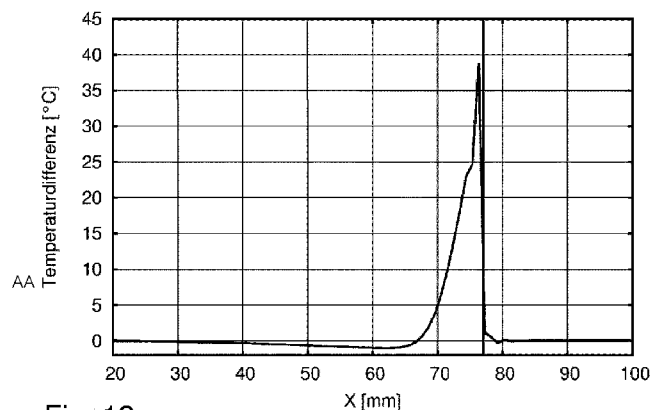


Fig. 12

AA... Temperature difference

(57) Abstract: The object of the invention is to improve the process stability when cutting very thin glass. For this purpose, a method is proposed for cutting thin glass (1) with a thickness of less than 250 µm, wherein the thin glass (1) is heated with a laser beam (8) along a path forming a cutting line (3) moving along a forward feed direction (103), such that a crack (7) propagates along the cutting line (3) and cuts through the thin glass (1), wherein the laser beam (8) is formed by a beam-forming optic (6) in such a way that the beam profile (80) thereof has an elongated shape, and wherein the laser beam (8) is orientated on the surface of the thin glass (1) such that the longitudinal direction (81) thereof is aligned in the feed direction, and wherein the elongated shape of the beam profile is asymmetric, such that the intensity course differs at the ends (82, 83) of the beam profile (80) in such a way that the increase in intensity at the front end (82) crossing the thin glass (1) first is steeper than the drop in intensity at the opposite rear end.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/156235 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Prozessstabilität beim Zerteilen sehr dünner Gläser zu verbessern. Dazu wird ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer Dicke kleiner als 250 µm vorgeschlagen, bei welchem das Dünnglas (1) entlang eines eine Trennlinie (3) bildenden Pfades entlang einer Vorschubrichtung (103) fortschreitend mit einem Laserstrahl (8) erwärmt wird, so dass ein Riss (7) sich entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt und das Dünnglas (1) durchtrennt, wobei der Laserstrahl (8) mittels einer Strahlformungsoptik (6) so geformt wird, dass dessen Strahlprofil (80) eine langgestreckte Form aufweist, und wobei der Laserstrahl (8) so auf die Oberfläche des Dünnglases (1) gerichtet wird, dass dessen Längsrichtung (81) in Vorschubrichtung liegt, und wobei die langgestreckte Form des Strahlprofils asymmetrisch ist, so dass sich der Intensitätsverlauf an den Enden (82, 83) des Strahlprofils (80) unterscheidet, derart, dass der Anstieg der Intensität an dem das Dünnglas (1) zuerst überstreichenden vorderen Ende (82) steiler ist, als der Abfall der Intensität des gegenüberliegenden hinteren Endes

Verfahren zum Trennen von Glas mittels eines Lasers, sowie verfahrensgemäß hergestelltes Glaserzeugnis

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein das Zerteilen von Glas. Insbesondere betrifft die Erfindung das Zerteilen von Glas durch laserinduziertes 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
15 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
20 Zugspannungen sind, kann ein Zerteilen eines Glases durch Ritzbrechen zu einer deutlichen Herabsetzung der Festigkeit, insbesondere bei einer Biegebelastung führen.

Flachgläser, insbesondere Dünn- und Dünnstgläser mit Dicken
25 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
30 Rand des Glasbands verdickte Randbereiche, sogenannte Borten aus. Es ist günstig, diese Borten nach der Herstellung des Glasbands abzutrennen, unter anderem, um 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 mechanischer Spannungen, die eine Verwindung oder Verwölbung
5 (sogenannter „Warp“) des Dünnglases mit sich bringen.

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

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

Die US 6,327,875 B1 beschreibt ein Verfahren, bei welchem ebenfalls das Glas nicht vollständig getrennt wird, wobei eine Ritzung mit einem Laserstrahl eingefügt wird. Die Auftrennung des Glases erfolgt dann durch Ausüben eines Biegemoments. Es wird vorgeschlagen, einen Laserstrahl mit einem länglichen elliptischen Strahlprofil zu verwenden und an zumindest einem Ende einen Teil des Strahls zu blocken.

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 werden kann. Probleme beim Trennen sehr dünner Gläser bereiten dann eine teilweise nicht ausreichende Prozessstabilität, sowie auch die Festigkeit der mit dem Trennverfahren hergestellten Glaskanten. Letzteres ist insofern überraschend, da diese Kanten an sich nur wenige bis gar keine Defekte aufweisen. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Prozessstabilität und damit auch die Festigkeit und den definierten Verlauf von Glaskanten sehr dünner Gläser, die mit laserinduziertem Spannungsrisstrennen hergestellt wurden, zu verbessern. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Dementsprechend sieht die Erfindung ein Verfahren zum Trennen von Dünnglas mit einer Dicke kleiner als 250 μm vor, bei welchem das Dünnglas entlang einer Trennlinie bildenden Pfades entlang einer Vorschubrichtung fortschreitend mit einem Laserstrahl erwärmt wird, so dass

durch den so hergestellten Temperaturunterschied des erwärmten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird und ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie fortpflanzt und das Dünnglas durchtrennt, wobei der Laserstrahl mittels einer Strahlformungsoptik so geformt wird, dass dessen Strahlprofil eine langgestreckte Form aufweist, und wobei der Laserstrahl so auf die Oberfläche des Dünnglases gerichtet wird, dass dessen Längsrichtung in Vorschubrichtung liegt, und wobei die langgestreckte Form des Strahlprofils asymmetrisch ist, so dass sich der Intensitätsverlauf an den Enden des Strahlprofils unterscheidet, derart, dass der Anstieg der Intensität an dem das Dünnglas zuerst überstreichenden vorderen Ende steiler ist, als der Abfall der Intensität des gegenüberliegenden hinteren Endes. Insbesondere kann das vordere Ende, welches beim Vorschub das Glas zuerst überstreicht, durch eine quer zur Vorschubrichtung verlaufende Kante gebildet werden, so dass die Intensität beim Überstreichen des Strahles sprunghaft ansteigt.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird der Erwärmung nachfolgend das Dünnglas mittels eines Kühlstrahls abgekühlt. Mit dem erfindungsgemäßen Strahlprofil kann eine Rissfortpflanzung und dadurch eine Auftrennung des Glases auch ohne einen Kühlstrahl erfolgen. Dies gelingt insbesondere bei dünneren Gläsern mit einer Dicke von 100µm oder weniger. Der Kühlstrahl kann aber auch hier vorteilhaft sein, um durch ein Zusammenziehen des Glases einen Kontakt der Glaskanten zu vermeiden. Ein solcher Kontakt kann eine Festigkeitsminderung nach sich ziehen.

Eine entsprechende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst demgemäß

- einen Laser zur Bestrahlung eines Dünnglases mit einem Laserstrahl, welcher im Dünnglas absorbiert wird und somit das Dünnglas erwärmt,
- eine Strahlformungsoptik zur Formung des Strahlprofils des vom Laser erzeugbaren Laserstrahls,
- eine Vorschubeinrichtung, um das Dünnglas relativ zum Auftreffort des Laserstrahls entlang einer vorgesehenen Trennlinie zu bewegen, so dass durch den so hergestellten Temperaturunterschied eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird und ein Riss sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie fortpflanzt und das Dünnglas durchtrennt, wobei die Strahlformungsoptik ausgebildet ist, den Laserstrahl so zu formen, dass dessen Strahlprofil eine langgestreckte Form aufweist und den Laserstrahl so auf die Oberfläche des Dünnglases zu richten, dass dessen Längsrichtung in Vorschubrichtung liegt, wobei die langgestreckte Form des Strahlprofils asymmetrisch ist, so dass sich der Intensitätsverlauf an den Enden des Strahlprofils unterscheidet, derart, dass der Anstieg der Intensität an dem das Dünnglas zuerst überstreichenden vorderen Ende steiler ist, als der Abfall der Intensität des gegenüberliegenden hinteren Endes.

25

Optional ist ein Kühlstrahlerzeuger zur Erzeugung eines Kühlstrahls vorgesehen, welcher entlang der Trennlinie versetzt zum Laserstrahl auf das Dünnglas auftrifft, so dass bei Vorschub ein auf der Trennlinie liegender Punkt des Dünnglases zuerst den Auftreffort des Laserstrahls und dann den Auftreffort des Kühlstrahls durchläuft.

30

Es hat sich als günstig herausgestellt, den Fluss des Kühlstrahls 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
5 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,
10 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
15 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.

20

Um ein asymmetrisches Strahlprofil, insbesondere auch mit einer Kante am vorderen Ende zu erzeugen, kann in einfacher Weise das Strahlprofil an dessen vorderen Ende mittels eines geeigneten Abschattungselements abgeschattet werden.
25 Zunächst einmal geht durch eine solche Abschattung allerdings ein Teil der Strahlenergie verloren.

30

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Kante durch Strahlformung mittels eines diffraktiv optischen Elements zu erzeugen. Mit einem geeigneten diffraktiv optischen Element kann dann die gesamte Strahlenergie ausgenutzt werden.

Noch eine Möglichkeit ist eine Weiterbildung der oben genannten Abschattung, bei welcher die Abschattung mittels eines reflektierenden optischen Elements vorgenommen wird, wobei der reflektierte Teilstrahl auf das Dünnglas 1 gelenkt und das Strahlprofil aus dem reflektierten und dem am reflektierenden optischen Element vorbeigestrahlten Teilstrahl gebildet wird.

Schließlich ist es auch möglich, ein solches asymmetrisches Strahlprofil mittels einer Zylinderlinse als Bestandteil der Strahlformungseinrichtung zu erzeugen, welche gegenüber der Strahlrichtung verkippt ist. Dabei steht die optische Achse der Zylinderlinse dann nicht parallel zur Strahlrichtung des Laserstrahls, sondern schräg, vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 25° bis 75° zur Strahlrichtung.

Es zeigt sich, dass mit dem Strahlprofil wie oben beschrieben sehr dünne Gläser mit Dicken unter $250\text{ }\mu\text{m}$, sogar unter $100\text{ }\mu\text{m}$ zuverlässig und ohne seitliches Verlaufen der Kante durchtrennt werden können. Überdies zeigt sich, dass die so hergestellten Kanten überraschend auch eine höhere Festigkeit aufweisen, als Kanten, die mit einem normalen, an beiden Enden auslaufenden Strahlprofil hergestellt wurden. Hierbei zeigt sich eine erhöhte Festigkeit sowohl hinsichtlich des höheren Mittelwerts der Biegespannung beim Bruch, als auch insbesondere am höheren Weibull-Modul. Ist das Weibull-Modul hoch, so ist für nicht zu hohe Biegespannungen ein Bruch auszuschließen oder zumindest sehr unwahrscheinlich. Dies ermöglicht auch, Glaselemente, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren

zugeschnitten wurden, dauerhaft unter Spannung zu setzen und dennoch eine lange Lebensdauer dieses Glaselements zu erzielen. Demgemäß ist erfindungsgemäß ein Dünnglaselement mit einer Dicke von höchstens 250 μm , die mit dem

5 erfindungsgemäßen Verfahren oder der erfindungsgemäßen Vorrichtung herstellbar ist, vorgesehen, welche zumindest eine mittels Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene Kante aufweist, wobei das Dünnglaselement für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine

10 Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 4,5$, vorzugsweise mindestens $m = 5$, besonders bevorzugt mindestens $m = 6$ aufweist.

Der Mittelwert der Biegespannung beim Bruch des

15 Dünnglaselements ist wie gesagt im Allgemeinen ebenfalls höher. So ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass das Dünnglaselement eine Weibullverteilung für Brüche unter Biegebelastung aufweist, bei welcher der Mittelwert der Biegespannung beim Bruch der Probe mehr als

20 200 MPa beträgt. Die vorgenannten Werte für das Weibullmodul und den Mittelwert gelten für nicht vorgespanntes Glas. Dieses nicht vorgespannte Glaselement kann nun langzeitstabil in gebogener Form verwendet und/oder aufbewahrt werden, da aufgrund des hohen

25 Weibullmoduls ein Bruch sehr unwahrscheinlich ist. Die oben genannten Weibullmodule und Mittelwerte der Biegespannung können insbesondere bei Gläsern mit Dicken im Bereich von 30 μm bis 150 μm erreicht werden.

30 Es zeigt sich weiter, dass die Kantenfestigkeit des Dünnglaselements auch von der Vorschubgeschwindigkeit abhängt. Hierbei sind schnelle Vorschubgeschwindigkeiten

günstiger für eine hohe Kantenfestigkeit. Allerdings muß die Geschwindigkeit noch ausreichen, um das Glas hinreichend zu erwärmen. Bevorzugt wird, dass der Laserstrahl das Dünnglas mit einer Geschwindigkeit von
5 mindestens 3 Metern pro Minute, vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich von 3 bis 20 Metern pro Minute überstreicht.

Eine Ausführungsform eines dauerhaft unter Biegespannung
10 stehenden Glaselements ist ein zu einer Rolle aufgewickeltes Dünnglasband. Das Dünnglasband kann so nach der Herstellung und nach Abtrennen von randseitigen Borten mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zu einer Rolle aufgewickelt und auf diese Weise platzsparend bis zu seiner
15 Weiterverarbeitung gelagert werden. Das Dünnglasband hat dabei vorzugsweise eine Länge von mindestens 10 Metern, besonders bevorzugt mindestens 100 Metern.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigeschlossenen
20 Figuren näher erläutert.

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

25 Fig. 2 zeigt ein asymmetrisches Strahlprofil gemäß der Erfindung.

Fig. 3 zeigt zum Vergleich ein symmetrisches Strahlprofil.

30

Fig. 4 bis Fig. 7 zeigen Ausführungsformen für Strahlformungsoptiken.

Fig. 8 bis Fig. 10 zeigen Diagramme der Temperaturen als Funktion der Zeit an Ober- und Unterseite von Gläsern verschiedener Dicke bei Überstreichen des Glases mit einem Laserstrahl mit symmetrischem, elliptischen Strahlprofil.

Fig. 11 zeigt ein Diagramm des örtlichen Verlaufs der Temperaturdifferenz entlang der Trennlinie bei symmetrischem Strahlprofil und

Fig. 12 den örtlichen Verlauf entlang der Trennlinie bei asymmetrischem Strahlprofil.

Fig. 13 zeigt den Temperaturverlauf des symmetrischen und Fig. 14 den Temperaturverlauf des erfindungsgemäßen asymmetrischen Strahlprofils auf der Trennlinie.

Fig. 15 zeigt eine mikroskopische Aufnahme eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren durch Laser-Spannungsrisstrennen hergestellten Dünnglaselements.

Fig. 16 zeigt zum Vergleich eine mikroskopische Aufnahme eines durch Laser-Filamentierung geschnittenen Dünnglaselements.

Die Fig. 17 und Fig. 18 zeigen Weibull-Diagramme zur Bruchfestigkeit von Dünnglas-Proben.

Fig. 19 zeigt eine Dünnglas-Rolle als Anwendungsbeispiel für erfindungsgemäß bearbeitete Dünngläser.

5

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
10 Borten 110, 111 eines Dünnglases 1 in Form eines Dünnglasbands ausgebildet.

Das mit der Vorrichtung 2 ausführbare erfindungsgemäße Verfahren zum Trennen von Glas, speziell hier zum Abtrennen
15 von Borten 110, 111 eines Dünnglasbands basiert darauf, dass ein Dünnglasband 1 mit einer Dicke von höchstens 250 µm entlang einer Vorschubrichtung 103 mittels einer Transporteinrichtung 20 über eine Levitationsunterlage 21 geführt wird, wobei Laser 9 vorgesehen sind, welche im
20 Bereich der Levitationsunterlage 21 Laserstrahlen 8 auf das Dünnglasband richten, welcher das Dünnglas 1 lokal aufheizen, während das Dünnglasband in Längsrichtung 103 vorbeibewegt wird. Besonders bevorzugt wird ein CO₂-Laser oder ein Laserstrahl in einem Wellenlängenbereich, der
25 ebenfalls wie bei einem CO₂-Laser in einer oberflächennahen Schicht vollständig oder zumindest fast vollständig absorbiert wird. Auf diese Weise können auch dünne Gläser mit einer Dicke unter 250 µm effektiv aufgeheizt werden.

30 Die Vorschubrichtung 103 liegt zweckmäßig in Längsrichtung des Dünnglasbands. Mittels Kühlstrahlerzeuger 51 wird ein Kühlstrahl 5 auf die erwärmte Spur geblasen, so dass der

erwärmte Bereich wieder abgekühlt wird und eine mechanische Spannung erzeugt wird, welche zur Fortpflanzung eines das Dünnglas 1 in Längsrichtung 103 entlang der erwärmten Spur durchtrennenden Spannungsrisses 7 führt und so die Borten
5 110, 111 entlang der vorgesehenen Trennlinie 3 abtrennt.

Das Dünnglas 1 wird also entlang einer Trennlinie 3 bildenden Pfades entlang einer Vorschubrichtung 103 fortschreitend mit einem Laserstrahl 8 erwärmt und mittels
10 eines Kühlstrahls 5 nachfolgend abgekühlt, so dass durch den so hergestellten Temperaturunterschied eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird und ein Riss 7 sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie 3 fortpflanzt und das Dünnglas 1 durchtrennt.

15 Für den Kühlstrahl 5 kann ein Gasstrahl, wie insbesondere ein Luftstrahl verwendet werden. Besonders bevorzugt werden allerdings Aerosolstrahlen oder feuchte Strahlen als Kühlstrahlen. Durch die flüssige Phase des Aerosols wird
20 eine höhere Kühlleistung erwirkt und damit auch der Spannungsgradient erhöht. Auch feuchte Luft hat sich als günstig erwiesen, um den Schneidprozess zu stabilisieren. Dies ist selbst dann der Fall, wenn anfänglich keine Flüssigphase in der Luft vorhanden ist, die Luft also
25 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
30 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 zur Kühlung verwendet werden. Ein Tröpfchenstrahl kann gemäß einer Weiterbildung in einfacher Weise mittels eines Tintenstrahl-Druckkopfs erzeugt werden.
- 5 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
- 10 einer relativen Feuchte von 70 % bis 100 %, vorzugsweise größer 80 %, besonders bevorzugt größer 90 % ist oder eine flüssige Phase umfasst, sei es als Aerosoltröpfchen, in Form eines Flüssigkeitsstrahls oder als Tröpfchenstrahl mit hintereinander ausgestoßenen Tröpfchen. Bei der Vorrichtung
- 15 umfasst entsprechend der Kühlstrahlerzeuger 51 dann eine Einrichtung zur Erzeugung eines angefeuchteten Gasstrahls mit einer relativen Feuchte von 70 % bis 100% oder eines Kühlstrahls mit einer flüssigen Phase.
- 20 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.
- 25 Der Kühlstrahl-Fluss, d.h. der Kühlfluid-Volumenstrom, kann insbesondere zwischen 0,001 l/h (Liter pro Stunde) und 1,0 l/h betragen.
- 30 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 10µm),

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 5µm und 75µm, z.B. für eine Glasdicke von 50µm (insbesondere 100 µm plus/minus 10µm), ist ein Volumenstrom zwischen 0,06 l/h 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 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 geführt wird, wobei die Auftrefforte von Laserstrahl 8 und Kühlstrahl 5 im vom Gaspolster unterstützten Bereich des Dünnglases 1 liegen. Eine levitierende Lagerung ist vorteilhaft, allerdings nicht zwingend, um das Dünnglas mittels der Erfindung zu zerteilen. Anstelle einer Levitationsunterlage 21 kann also auch eine andere geeignete Auflage verwendet werden.

Um die Entstehung eines Risses zu Beginn des Trennverfahrens zu unterstützen, wird in einer Weiterbildung der Erfindung mittels einer Ritzeinrichtung 89 am Anfang des Dünnglasbands vor dem Auftreffen der Laserstrahlen eine Schädigung, beziehungsweise ein Initialdefekt eingefügt, welcher durch das von den Laserstrahlen 8 erwärmte Gebiet läuft, um den Spannungsriss zu initiieren.

Nach dem Initiieren des Spannungsrisses während der

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

Als Ritzeinrichtung 89 wird bevorzugt ein Ritzrad, insbesondere bevorzugt ein 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

zwischen geschaltet sein, um einen gleichmäßigen Ausgangsdruck bereitzustellen. Das Dünnglas 1 wird also in der Umgebung des Schneidprozesses durch Gaslevitation schwebend transportiert, so dass die Umgebungsluft als thermischer Isolator wirkt.

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 diese sich gegebenenfalls auf vorgelagerte Prozessschritte, wie beispielsweise einem Ziehprozess aus einer Schmelze oder einem Vorkörper, oder auch einem Abwickeln des Dünnglasbands von einer Rolle auswirken.

Vorzugsweise wird das Dünnglas 1 schnell an den Laserstrahlen 8 vorbeibewegt, so dass der jeweilige Laserstrahl 8 das Dünnglas 1 mit einer Geschwindigkeit von mindestens 3 Metern pro Minute, vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich von 3 bis 20 Metern pro Minute überstreicht.

Erfindungsgemäß ist eine Strahlformungsoptik 6 für den jeweiligen Laserstrahl 8 vorgesehen, mit welcher das Strahlprofil nun so geändert wird, dass dieses nach der Strahlformung eine langgestreckte Form aufweist und dessen
5 Längsrichtung in Vorschubrichtung 103 liegt. Das Teilbild Fig. 2 (a) zeigt solche Strahlprofile 80 zusammen mit der Vorschubrichtung 103 des Glases. Die langgestreckte Form des Strahlprofils ist asymmetrisch wobei sich die Enden 82, 83 des Strahlprofils unterscheiden, wobei das vordere Ende
10 82, welches beim Vorschub das Glas zuerst überstreicht, durch eine quer zur Vorschubrichtung 103 verlaufende Kante 84 gebildet wird. Weiterhin weist das hintere Ende 83 des Strahlprofils 80 eine stetig zum Ende hin abfallende Intensität auf. Das Strahlprofil weist damit auch eine zum
15 hinteren Ende 83 hin zulaufende Form auf. Beispielsweise kann das Strahlprofil 80 zum Ende 83 hin elliptisch oder spitz zulaufen.

Fig. 3 zeigt zum Vergleich ein symmetrisches Strahlprofil, wie es bisher üblicherweise beim Spannungsrisstrennen
20 verwendet wird. Das Strahlprofil 80 dieses Beispiels hat eine elliptische Form. Ein Strahlprofil 80 gemäß der Erfindung, wie es Fig. 2 zeigt, kann aus einem herkömmlichen Strahlprofil einfach dadurch geformt werden, indem ein Teil des Laserstrahls geblockt oder ausgeblendet
25 wird. Demgemäß wird die Kante durch Abschattung des Strahlprofils 80 an dessen vorderem Ende erzeugt.

Überstreicht der Laserstrahl 8 mit einem solchen
30 Strahlprofil 80 gemäß Fig. 2 nun das Dünnglas 1, so ergibt sich zu Beginn der Aufheizphase verursacht durch die Kante ein sprunghafter Anstieg der Laserintensität und damit der

Heizleistung. Bevorzugt wird ein Laser, dessen Laserstrahl bereits in der Oberfläche des Glases möglichst vollständig absorbiert wird. Geeignet hierzu ist insbesondere ein CO₂-Laser. Mit dieser oberflächennahen Absorption kann mit dem

5 erfindungsgemäßen Strahlprofil nun auch ein Temperaturunterschied zwischen der bestrahlten Seite des Dünnglases 1 und der gegenüberliegenden Seite hergestellt werden.

10 Bei dem in Fig. 2 (a) gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Kante 84 geradlinig. Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung kann diese Kante auch konkav verlaufen, so dass die zwei von der Trennlinie ausgehenden Teile der Kante 84 einander zugewandt sind. Ein solches Strahlprofil zeigt

15 Fig. 2 (b). Die Kante 84 weist hier zwei Schenkel 841, 842 auf, die zueinander geneigt sind. Ohne Beschränkung auf das spezielle dargestellte Ausführungsbeispiel ist die Kante 84 als konkaver Einschnitt im Strahlprofil ausgebildet, beziehungsweise weist das vordere Ende 82 einen konkaven

20 Einschnitt 85 auf. Dieser Verlauf der Kante 84, beziehungsweise des vorderen Endes des Strahlprofils kann von Vorteil sein, um ein Verlaufen des sich fortpflanzenden Risses zu vermeiden. Mit dem Einschnitt 85 wird die Rissfortpflanzung auf den vorgesehenen Verlauf entlang der

25 Trennlinie zentriert.

Anhand der Fig. 4 bis Fig. 6 werden Ausführungsformen für Strahlformungsoptiken 6 beschrieben, wie sie zur Erzeugung eines asymmetrischen Strahlprofils 80, auch gemäß den in

30 den Fig. 2 (a) und (b) gezeigten Ausführungsbeispielen verwendet werden können. Gemäß einer ersten Ausführungsform umfasst die Strahlformungsoptik ein Abschattungselement 60,

mit welchem ein Teil des langgestreckten Strahlprofil 80 abgeschattet wird, so dass sich im Strahlprofil auf dem Dünnglas 1 eine Kante 84 ausbildet. Vor der Abschattung kann ein längliches Strahlprofil des Laserstrahls 8 mittels
5 einer Zylinderlinse 61 erzeugt werden.

Fig. 5 zeigt eine Variante des in Fig. 4 dargestellten Beispiels. Diese Variante basiert darauf, dass das Abschattungselement 60 reflektierend ausgebildet ist. Der
10 abgeschattete Teilstrahl kann auf diese Weise durch Reflexion auf das Dünnglas 1 gerichtet werden, so dass dieser zur Intensitätsverteilung des Strahlprofils 80 auf dem Dünnglas 1 beiträgt, beziehungsweise so dass das Strahlprofil 80 auf dem Dünnglas 1 sich aus dem nicht
15 abgeschatteten Teilstrahl und dem abgeschatteten und reflektierten Teilstrahl zusammensetzt.

Bei der Ausführungsform der Fig. 6 wird anstelle einer Zylinderlinse 61 und eines Abschattungselements 60 ein
20 diffraktiv-optisches Element 62 verwendet, um das asymmetrische Strahlprofil 80 zu formen. Das diffraktiv-optische Element ist als transmittierendes Element dargestellt. Selbstverständlich kann das Element aber auch für eine Strahlformung in Reflexion ausgebildet sein.

25

Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform, bei welcher das asymmetrische Strahlprofil 80 mittels einer Zylinderlinse 61 erzeugt wird, deren optische Achse 610 zur Strahlrichtung des Laserstrahls 8 verkippt ist. Die
30 Asymmetrie des Strahlprofils 80 ergibt sich hier durch die Kaustik aufgrund der Schiefstellung der Zylinderlinse 61.

Es zeigt sich, dass mit der erfindungsgemäßen asymmetrischen Ausbildung des Strahlprofils ein größerer Temperaturunterschied hergestellt werden kann, verglichen mit einem symmetrischen, beispielsweise elliptischen Profil. Dies trifft im Speziellen auf dünne Gläser zu, bei denen ein schneller Temperatúrausgleich zwischen bestrahlter Seite und gegenüberliegender Seite erfolgt.

Die Fig. 8 bis Fig. 10 zeigen zur Verdeutlichung Diagramme der Temperaturen als Funktion der Zeit an Ober- und Unterseite von Gläsern verschiedener Dicke bei Überstreichen des Glases mit einem Laserstrahl mit symmetrischem, elliptischen Strahlprofil, also etwa ein Strahlprofil gemäß Fig. 3.

In Fig. 8 sind die Temperaturverläufe für ein 1 mm dickes Glas dargestellt. Temperaturverlauf (i) ist der Verlauf an der bestrahlten Seite, Temperaturverlauf (ii) der Verlauf in der Mitte des Glases und Temperaturverlauf (iii) der Verlauf an der gegenüberliegenden Seite. Wie zu erkennen ist, ergibt sich eine erhebliche Temperaturdifferenz zwischen bestrahlter Seite und Rückseite. Entsprechend hoch sind die Differenzen der mechanischen Spannung, so dass eine Rissfortpflanzung sicher erzwungen wird und das Glas sich leicht durchtrennen lässt.

Fig. 9 zeigt nun ein entsprechendes Diagramm an einem dünneren, nämlich nur noch 200 µm dicken Glas. Im dargestellten Maßstab sind Temperaturunterschiede zwischen bestrahlter und gegenüberliegender Seite praktisch nicht zu erkennen. Die Kurven liegen aufeinander. Vergrößert man wie in Fig. 10 gezeigt den Ausschnitt um das Temperaturmaximum,

sind noch kleine Temperaturunterschiede zu erkennen. Die Temperaturunterschiede sind aber von mehreren hundert Grad Celsius auf wenige Grade abgesunken. Entsprechend klein ist die Differenz der mechanischen Spannung zwischen
5 bestrahlter Seite und gegenüberliegender Seite des Dünnglases.

Hier kann mit einem erfindungsgemäßen Strahlprofil eine deutlich höhere Temperaturdifferenz erzielt werden, wie die
10 Beispiele der Fig. 11 und Fig. 12 zeigen. Fig. 11 zeigt ein Diagramm des örtlichen Verlaufs der Temperaturdifferenz entlang der Trennlinie bei symmetrischem Strahlprofil, Fig. 12 den entsprechenden Verlauf bei erfindungsgemäßem asymmetrischen Strahlprofil. Als asymmetrisches
15 Strahlprofil wurde das gleiche elliptische Strahlprofil angenommen, welches auch dem Verlauf der Fig. 11 zugrunde liegt, wobei die Abschattung ab der Mittenachse erfolgt. Das asymmetrische Strahlprofil stellt damit also nur die Hälfte der Gesamtintensität des symmetrischen Strahlprofils
20 bereit. Dennoch ist der maximale Temperaturunterschied zwischen bestrahlter und gegenüberliegender Seite des Dünnglases mit über 35 °C mehr als doppelt so hoch wie bei dem symmetrischen Strahlprofil, die Temperaturdifferenz gemäß Fig. 11 bleibt unter 15°C.

25 Allgemein, ohne Beschränkung auf das dargestellte Ausführungsbeispiel kann beim Überstreichen des erfindungsgemäßen asymmetrischen Strahlprofils 80 ein Temperaturunterschied von mindestens 20 °C zwischen der
30 bestrahlten Seite und der gegenüberliegenden Seite des Dünnglases 1 aufgebaut werden, wie auch das Beispiel der Fig. 12 zeigt.

Nun ist nicht nur die Temperaturdifferenz selbst größer, sondern auch der Gradient des Temperaturunterschieds. Allgemein, ohne Beschränkung auf die Ausführungsbeispiele ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass beim Überstreichen des Strahlprofils 80 ein maximaler Temperaturunterschied zwischen der bestrahlten Seite und der gegenüberliegenden Seite des Dünnglases 1 innerhalb einer Wegstrecke von weniger als 5 Millimetern aufgebaut wird. Beim dargestellten Beispiel ist diese Wegstrecke noch kleiner und liegt im Bereich eines Millimeters. Demgegenüber baut sich gemäß dem Vergleichsbeispiel der Fig. 11 beim symmetrischen Strahlprofile der Temperaturunterschied deutlich langsamer über eine Wegstrecke von etwa 10 Millimetern auf.

Die geringere Gesamtintensität bei dem durch teilweise Abschattung gebildeten Strahlprofil äußert sich auch in der geringeren Maximaltemperatur. Fig. 13 zeigt hierzu einen Temperaturverlauf des symmetrischen und Fig. 14 den Temperaturverlauf des erfindungsgemäßen asymmetrischen Strahlprofils auf der Trennlinie, wobei das elliptische Profil wieder zur Hälfte abgeschattet wurde. Während mit dem symmetrischen Strahlprofil eine Spitzentemperatur von etwa 600 °C erreicht wird, beträgt diese beim asymmetrischen Profil nur etwas weniger als 350 °C. Dennoch führt der höhere Temperaturunterschied, wie er mit dem erfindungsgemäß geformten Laserstrahl erreicht wird, zu einer verbesserten Prozess-Stabilität.

30

Fig. 15 zeigt eine mikroskopische Aufnahme eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren durch Laser-

Spannungsrisstrennen zugeschnittenen Dünnglaselements 100. Zum Vergleich ist in Fig. 16 eine mikroskopische Aufnahme eines durch Laser-Filamentierung zugeschnittenen Dünnglaselements 100 mit gegenüberliegenden Seitenflächen 102, 103 gezeigt. Die Dünngläser weisen in beiden Fällen eine Dicke von 50 µm auf. Die Aufnahmen wurden in Aufsicht auf die mit dem jeweiligen Trennverfahren hergestellte Kante 101 gemacht.

10 Anhand eines Vergleichs der Fig. 15 und Fig. 16 ist ersichtlich, dass sich eine mit Laser-Spannungsrisstrennen hergestellte Kante 101 von Kanten, die mit anderen Verfahren geschnitten wurden, gut unterscheiden lässt. Die erfindungsgemäß hergestellte Kante 101 ist wesentlich
15 glatter, als eine mit Laser-Filamentierung vorgeritzte Kante. Auch bei einer mit herkömmlichem Ritzbrechen hergestellten Kante entstehen Schädigungen zumindest am Übergang von der Kante 101 in die angeritzte Seitenfläche 102, beziehungsweise 103.

20

Nun ist allerdings eine allgemein mit Laser-Spannungsrisstrennen hergestellte Kante überraschenderweise nicht notwendigerweise stabiler, obwohl diese auf den ersten Blick absolut eben und defektfrei erscheint.

25 Allgemein ist die Kante für die Bruchstabilität besonders maßgeblich, da von der Kante ausgehende Brüche deutlich wahrscheinlicher sind, als Brüche, die in einer Seitenfläche entstehen. Für die Stabilität, insbesondere auch für die Lebensdauer im Falle einer dauerhaften
30 Biegebelastung ist weiterhin nicht nur die mittlere Bruchfestigkeit entscheidend, sondern auch der Formparameter der das Bruchverhalten beschreibenden

Weibull-Verteilung. Ist der Formparameter klein, so können mit einer gewissen verbleibenden Wahrscheinlichkeit auch Brüche bei nur verhältnismäßig kleinen Spannungen auftreten, selbst wenn das Glas eine hohe mittlere
5 Bruchfestigkeit aufweist.

Es zeigt sich, dass mit der höheren Prozess-Stabilität, die durch das asymmetrische Strahlprofil erreicht wird, auch die Festigkeit, insbesondere im Hinblick auf den
10 Formparameter erhöht wird. Im Speziellen sieht die Erfindung daher ein Dünnglaselement 100 mit einer Dicke von höchstens 250 μm , vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich von 30 μm bis 150 μm vor, welches mit dem Verfahren oder der Vorrichtung gemäß der Erfindung herstellbar ist, welche
15 zumindest eine mittels Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene Kante 101 aufweist, wobei das Dünnglaselement 100 für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 4,5$, vorzugsweise
20 mindestens $m = 5$, aufweist.

Die Fig. 17 und Fig. 18 zeigen dazu zwei Weibull-Diagramme, also doppellogarithmische Diagramme der Bruchwahrscheinlichkeit als Funktion der Biegespannung der
25 Dünnglas-Proben. Fig. 17 ist dabei das Weibull-Diagramm der Messwerte an Proben, die mit einem symmetrischen, elliptischen Strahlprofil des Laserstrahls (also etwa wie in Fig. 3 dargestellt) geschnitten wurden. Fig. 18 zeigt die Messwerte an erfindungsgemäß getrennten Dünngläsern.
30 Außerdem angegeben sind jeweils der Skalenparameter der Weibull-Verteilung, entsprechend der mittleren

Bruchspannung, sowie der Formparameter m . Der Formparameter entspricht der Steigung der Messwerte im Weibull-Diagramm.

Die mittlere Bruchspannung beträgt bei der mit
5 symmetrischem Strahlprofil hergestellten Kante 175 MPa.
Demgegenüber ist die mittlere Bruchspannung mit 222 MPa für
erfindungsgemäß hergestellte Kanten um etwa 27%, also
signifikant höher. Noch deutlicher ist der Anstieg des
Formparameters. Dieser steigt von einem Wert von 3,7 auf
10 einen Wert von 6,95 an. Dies entspricht einem Anstieg um
knapp 88%. Die Festigkeit der Kante wird dabei auch durch
andere Parameter, wie die Vorschubgeschwindigkeit
beeinflusst. Ein Wert des Weibull-Moduls von mindestens
 $m = 4,5$ wird aber typischerweise mit dem erfindungsgemäßen
15 Verfahren erreicht.

Auch wird im Allgemeinen eine Weibullverteilung für Brüche
unter Biegebelastung erreicht, bei welcher der Mittelwert
der Biegespannung beim Bruch der Probe, wie auch bei dem in
20 Fig. 18 gezeigten Beispiel, mehr als 200 MPa beträgt.

Mit diesen Parametern ist es nun möglich, ein
Dünnglaselement 100 langzeitstabil unter höhere mechanische
Spannung zu setzen, als dies mit Elementen mit auf andere
25 Weise hergestellten Glaskanten möglich ist. Durch die hohe
Kantenfestigkeit wird eine hohe Lebensdauer für ein solches
unter Biegespannung stehendes Dünnglaselement erreicht.

Ein Anwendungsbeispiel zeigt Fig. 19. Hier ist das
30 Dünnglaselement 100 ein zu einer Rolle aufgewickelter
Dünnglasband. Dabei bilden die erfindungsgemäß
geschnittenen und aufgerollten Kanten 101, welche wie in

Fig. 1 dargestellt durch Abtrennen der Borten aus dem Heißformprozess erzeugt wurden, die Stirnflächen der Rolle. Um die einzelnen Lagen der Rolle gegeneinander zu schützen, kann ein Bahnmaterial 11 mit eingewickelt werden.

5

In dieser Form kann das Dünnglasband dann platzsparend bis zur Weiterverarbeitung aufbewahrt werden. Immerhin ist beim Dünnglasband an Abmessungen von mindestens 10 Metern, vorzugsweise mindestens 100 Metern gedacht. Die auf das Dünnglasband ausgeübte Biegespannung wird maßgeblich durch den Innendurchmesser 13 der Rolle bestimmt. Durch die hohe Kantenstabilität kann das Dünnglasband nun mit einem kleineren Innendurchmesser 13 aufgerollt und dennoch langzeitstabil gelagert werden.

15

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

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

20

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

25

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

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

5

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 Borosilikatgläser mit den folgenden Bestandteilen in Gewichtsprozent:

15

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 bereits genannte Schott-Glas D263. Die Gläser mit genaueren
 5 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.

10 Wie oben dargelegt, kann eine hohe Lebensdauer erfindungsgemäß zugeschnittener Dünnglaselemente 100 erreicht werden, auch wenn diese unter dauerhafter Biegebelastung oder Allgemeiner einer oberflächlichen Zugbelastung stehen. Um eine niedrige Bruchquote innerhalb
 15 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 Term:

$$20 \quad (1) \quad 1.15 \cdot \min \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{\text{ref}}}{A_{\text{App}}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{\text{ref}}}{L_{\text{App}}} \Phi \right) \right) \right),$$

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 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.

Die vorgegebene maximale Bruchquote Φ beträgt bevorzugt 0,1 oder weniger (also höchstens 10%), besonders bevorzugt weniger als 0,05 (weniger als 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 Träger unter erzwungener Biegung verursacht werden.

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

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

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

5

Mit der Erfindung wird nun ermöglicht, Dünnglasbänder zu Rollen 3 aufzuwickeln, die hinsichtlich des Innenradius so 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 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:

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

20

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 angegeben.

25

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

30

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

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

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

Für ein Dünnglaselement 100 in Form eines wie in Fig. 10 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 am Innendurchmesser 13 auftritt, aber mindestens 21 MPa beträgt. Die Kanten 101 des Dünnglasbandes, welche in der Rolle an deren Stirnseiten liegen, sind dabei wie bereits anhand von Fig. 1 beschrieben, durch Abtrennen von Borten 110, 111 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.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung wurden Gleichungen für jeweils fixe Mindest-Lebensdauern von mehr als 6 Monaten, beziehungsweise mehr als einem Jahr angegeben. Gegebenenfalls ist es aber
5 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
10 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
15 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
20 Lebensdauer des unter mechanische Spannung gesetzten Glasartikels garantiert.

Die Erfindung sieht nun ein Dünnglaselement 100 mit erfindungsgemäß durch Laser-Spannungsrisstrennen
25 hergestellten Kanten 101, 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
30 des gebogenen Dünnglaselements im Bereich von

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

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

5 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 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 Spannungsrissskorrosion verursacht.

Ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung eines Dünnglaselements 100 in Form einer Rolle 3 mit einem aufgerollten Dünnglas 1 mit einer Länge von vorzugsweise 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
- 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 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, 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 0,05 liegt.

Auch bei dieser Ausführungsform der Erfindung beeinflusst die erfindungsgemäße Herstellung der Kanten 101 und deren verbesserte Festigkeit die Parameter s und $\langle R \rangle$. Durch die erhöhte Kantenfestigkeit wird auch insgesamt der Mittelwert $\langle R \rangle$ gegenüber Proben mit nicht erfindungsgemäß geschnittenen Kanten erhöht. Je nach Natur der vorhandenen Defekte der Kanten 101 kann die Varianz s gegenüber nicht erfindungsgemäß hergestellten Proben ansteigen oder auch kleiner werden.

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 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_1 und deren Varianz zu ermitteln. Die Durchführung des Verfahrens, sowie die Ermittlung der Parameter der Gleichungen (8) bis (10) wird eingehend auch in der DE 10 2014 113 149.5 beschrieben, deren Inhalt
5 diesbezüglich vollumfänglich auch zum Gegenstand der vorliegenden Erfindung gemacht wird.

Bezugzeichenliste

	1	Dünnglas
	2	Vorrichtung zum Spannungsrisstrennen
	3	Trennlinie
5	5	Kühlstrahl
	7	Riss
	8	Laserstrahl
	9	Laser
	11	Bahnmaterial
10	20	Transporteinrichtung
	21	Levitationsunterlage
	33	Pumpe
	51	Kühlstrahlerzeuger
	54, 55	Transportband
15	53	Unterdruckansaugung
	60	Abschattungselement
	61	Zylinderlinse
	62	diffraktives optisches Element
	80	Strahlprofil
20	82, 83	Enden von 80
	84	Kante von 80
	89	Ritzeinrichtung
	101	Kante von 100
	102, 103	Seitenflächen von 100
25	110, 111	Borten
	610	optische Achse von 61

Patentansprüche

1. Verfahren zum Trennen von Dünnglas (1) mit einer Dicke
kleiner als 250 μm , bei welchem das Dünnglas (1)
5 entlang einer Trennlinie (3) bildenden Pfades
entlang einer Vorschubrichtung (103) fortschreitend
mit einem Laserstrahl (8) erwärmt wird, so dass durch
den so hergestellten Temperaturunterschied des
erwärmten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische
10 Spannung im Glas erzeugt wird und ein Riss (7) sich
der mechanischen Spannung folgend entlang der
Trennlinie (3) fortpflanzt und das Dünnglas (1)
durchtrennt, wobei der Laserstrahl (8) mittels einer
Strahlformungsoptik (6) so geformt wird, dass dessen
15 Strahlprofil (80) eine langgestreckte Form aufweist,
und wobei der Laserstrahl (8) so auf die Oberfläche
des Dünnglases (1) gerichtet wird, dass dessen
Längsrichtung (81) in Vorschubrichtung liegt, und
wobei die langgestreckte Form des Strahlprofils
20 asymmetrisch ist, so dass sich der Intensitätsverlauf
an den Enden (82, 83) des Strahlprofils (80)
unterscheidet, derart, dass der Anstieg der Intensität
an dem das Dünnglas (1) zuerst überstreichenden
vorderen Ende (82) steiler ist, als der Abfall der
25 Intensität des gegenüberliegenden hinteren Endes (83).
2. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch
gekennzeichnet, dass der Erwärmung nachfolgend das
Dünnglas (1) mittels eines Kühlstrahls (5) abgekühlt
30 wird.

3. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Kühlstrahls abgekühlt wird, welcher ein angefeuchteter Gasstrahl ist, der eine relative Feuchte von 70% bis 100% aufweist oder welcher eine flüssige Phase umfasst, insbesondere mit einem Kühlstrahl in Form eines Aerosolstrahls, Flüssigkeitsstrahls oder Tröpfchenstrahl aus hintereinander ausgestoßenen Tröpfchen.
4. Verfahren gemäß einem der beiden vorstehenden Ansprüche, wobei das vordere Ende (82) des Strahlprofils (80), welches beim Vorschub das Glas zuerst überstreicht, durch eine quer zur Vorschubrichtung verlaufende Kante (84) gebildet wird.
5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das asymmetrische Strahlprofil
- durch Abschattung des Strahlprofils (80) an dessen vorderem Ende (82) oder
 - durch Strahlformung mittels eines diffraktiv optischen Elements oder
 - mittels einer Zylinderlinse erzeugt wird, welche gegenüber der Strahlrichtung des Laserstrahls (8) verkippt ist, so dass die optische Achse der Zylinderlinse schräg zur Strahlrichtung, vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 25° bis 75° zur Strahlrichtung steht.
6. Verfahren gemäß einem der beiden vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim

Überstreichen des Strahlprofils (80) ein maximaler Temperaturunterschied zwischen der bestrahlten Seite und der gegenüberliegenden Seite des Dünnglases (1) innerhalb einer Wegstrecke von weniger als 5 Millimetern aufgebaut wird.

7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Überstreichen des Strahlprofils (80) ein Temperaturunterschied von mindestens 20 °C zwischen der bestrahlten Seite und der gegenüberliegenden Seite des Dünnglases (1) aufgebaut wird.
8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (8) das Dünnglas (1) mit einer Geschwindigkeit von mindestens 3 Metern pro Minute, vorzugsweise mit einer Geschwindigkeit in einem Bereich von 3 bis 20 Metern pro Minute überstreicht.
9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (8) so geformt wird, dass das hintere Ende des Strahlprofils eine stetig zum Ende hin abfallende Intensität aufweist.
10. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (8) so geformt wird, dass das vordere Ende (82) des Strahlprofils (80) einen konkaven Einschnitt (85) aufweist.

11. Vorrichtung (2) zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend - einen Laser (9) zur Bestrahlung eines Dünnglases (1) mit einem Laserstrahl, welcher im Dünnglas (1) absorbiert wird und somit das Dünnglas (1) erwärmt,
- 5 - eine Strahlformungsoptik (6) zur Formung des Strahlprofils des vom Laser (9) erzeugbaren Laserstrahls (8),
- eine Vorschubeinrichtung (20), um das Dünnglas (1) relativ zum Auftreffort des Laserstrahls (8) entlang einer vorgesehenen Trennlinie zu bewegen, so dass durch den so hergestellten Temperaturunterschied des entlang der Trennlinie erwärmten Glases zum umgebenden Glas eine mechanische Spannung im Glas erzeugt wird
- 10 und ein Riss (7) sich der mechanischen Spannung folgend entlang der Trennlinie (3) fortpflanzt und das Dünnglas (1) durchtrennt, wobei die Strahlformungsoptik (6) ausgebildet ist, den Laserstrahl (8) so zu formen, dass dessen Strahlprofil (80) eine langgestreckte Form aufweist und den Laserstrahl (8) so auf die Oberfläche des Dünnglases (1) zu richten, dass dessen Längsrichtung (81) in Vorschubrichtung liegt, und wobei die langgestreckte Form des Strahlprofils asymmetrisch ist, so dass sich
- 20 der Intensitätsverlauf an den Enden (82, 83) des Strahlprofils (80) unterscheidet, derart, dass der Anstieg der Intensität an dem das Dünnglas (1) zuerst überstreichenden vorderen Ende (82) steiler ist, als der Abfall der Intensität des gegenüberliegenden
- 25 hinteren Endes (83).
- 30

12. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch,
gekennzeichnet durch einen Kühlstrahlerzeuger (51) zur
Erzeugung eines Kühlstrahls (5), welcher entlang der
Trennlinie versetzt zum Laserstrahl auf das Dünnglas
5 (1) auftrifft, so dass bei Vorschub ein auf der
Trennlinie (3) liegender Punkt des Dünnglases (1)
zuerst den Auftreffort des Laserstrahls und dann den
Auftreffort des Kühlstrahls (5) durchläuft.
- 10 13. Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch
gekennzeichnet, dass der Kühlstrahlerzeuger (51) eine
Einrichtung zur Erzeugung eines angefeuchteten
Gasstrahls mit einer relativen Feuchte von 70 % bis
100% oder zur Erzeugung eines Kühlstrahls mit einer
15 flüssigen Phase umfasst.
14. Vorrichtung gemäß einem der vier vorstehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
Strahlformungsoptik (6) ausgebildet ist, ein
20 Strahlprofil (80) zu erzeugen, dessen vorderes Ende
(82) einen konkaven Einschnitt (85) aufweist.
15. Vorrichtung gemäß einem der drei vorstehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser (9)
25 ein CO₂-Laser ist.
16. Vorrichtung gemäß einem der vier vorstehenden
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
Strahlformungseinrichtung (6) zumindest eines der
30 Element umfasst:
- ein Abschattungselement, um das vordere Ende des
Strahlprofils abzuschatten,

- ein diffraktiv optisches Element
 - eine Zylinderlinse, welche gegenüber der Strahlrichtung des Laserstrahls verkippt ist, vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 25° bis 75° zur Strahlrichtung.
- 5
17. Dünnglaselement (100) mit einer Dicke von höchstens 250 µm, vorzugsweise mit einer Dicke im Bereich von 30 µm bis 150 µm, herstellbar mit Verfahren oder der Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, welche zumindest eine mittels Laser-Spannungsrisstrennen geschnittene Kante (101) aufweist, wobei das Dünnglaselement (100) für von der Kante ausgehende Brüche unter Biegebelastung eine Weibullverteilung mit einem Weibullmodul von mindestens $m = 4,5$, vorzugsweise mindestens $m = 5$ aufweist.
- 10
18. Dünnglaselement gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Dünnglaselement eine Weibullverteilung für Brüche unter Biegebelastung aufweist, bei welcher der Mittelwert der Biegespannung beim Bruch der Probe mehr als 200 MPa beträgt.
- 15
- 20
- 25 19. Dünnglaselement (100) nach einem der zwei vorstehenden Ansprüche, bei welchem das Dünnglaselement (100) unter einer Zugspannung σ_{app} steht, welche kleiner ist, als
- $$1.15 \cdot \min \left(\bar{\sigma}_a - \Delta_a 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{A_{ref}}{A_{App}} \Phi \right) \right), \bar{\sigma}_e - \Delta_e 0.4 \cdot \left(1 - \ln \left(\frac{L_{ref}}{L_{App}} \Phi \right) \right) \right),$$
- 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
- 30

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 10 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 (100) und L_{app} die addierte Kantenlänge gegenüberliegender Kanten (101) des Glaselements und Φ eine maximale Bruchquote von höchstens 0,1 innerhalb eines Zeitraums von mindestens einem halben Jahr sind.

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

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

21. Dünnglaselement (100) gemäß einem der beiden vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Dünnglaselement (100) ein zu einer Rolle aufgewickeltes Dünnglasband ist.

22. Dünnglaselement (100) gemäß dem vorstehenden Anspruch, wobei der Innenradius des aufgerollten Dünnglases (1) im Bereich von

$$R_{\text{min}} = \langle R \rangle \cdot \left\{ \left[0.7 + \exp \left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.053} - 2.3 \right) \right] \cdot (2 - e^{-t}) \right\} \quad \text{bis}$$

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

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

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

5 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 (100) sind,
wobei R_i die Biegeradien sind, bei welchen die Proben
jeweils brechen, und t eine Mindest-Dauer in Tagen
10 ist, welche die Dünnglasrolle ohne Bruch übersteht.

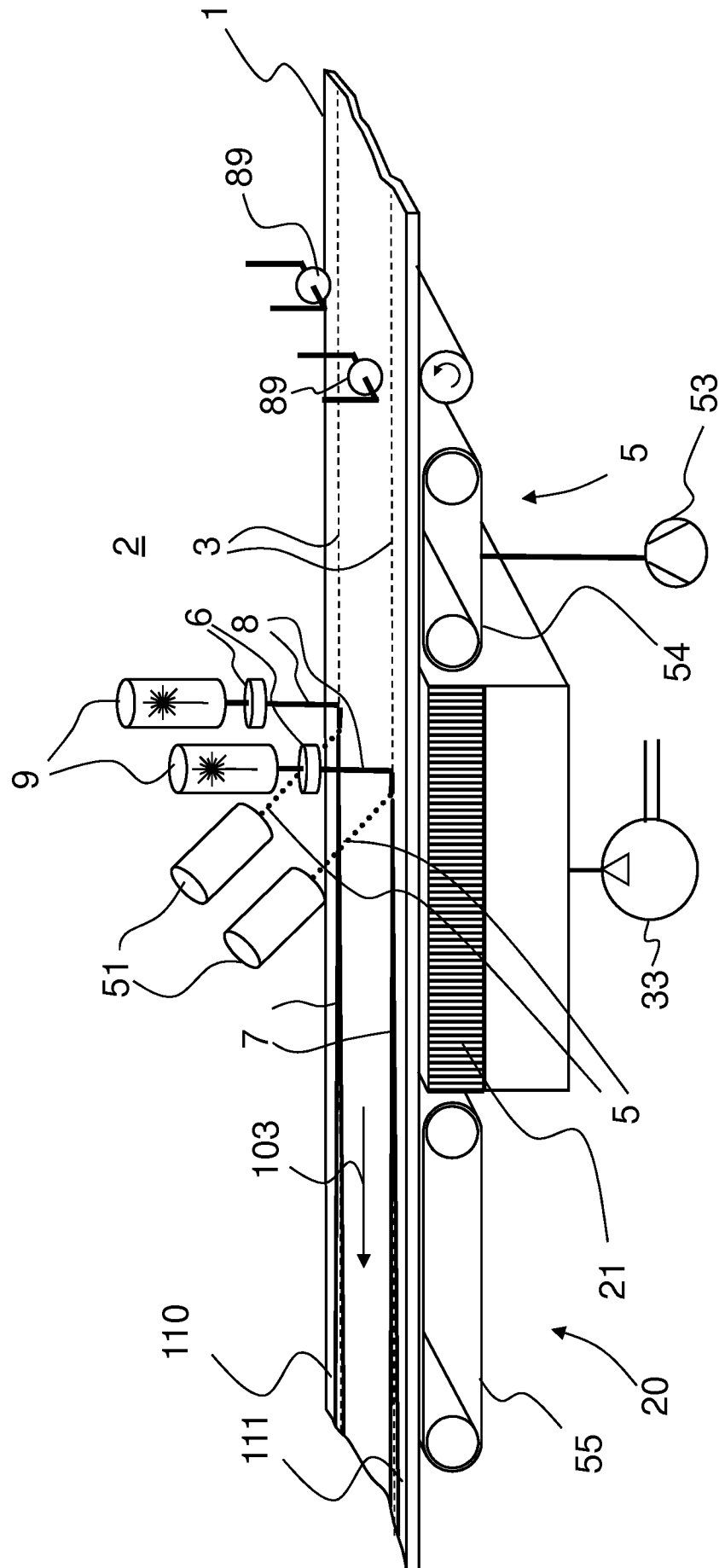
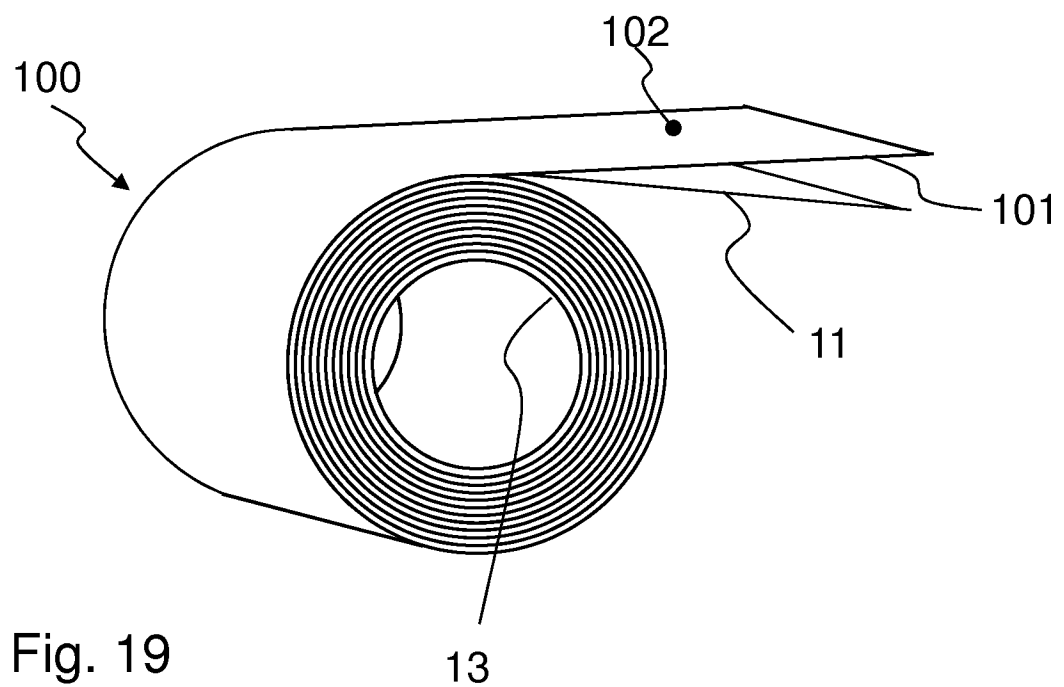
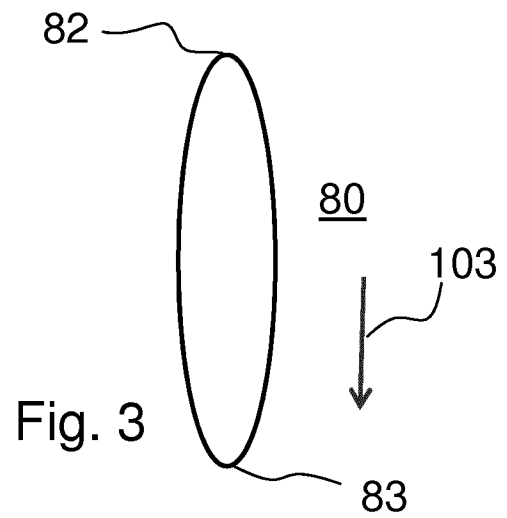
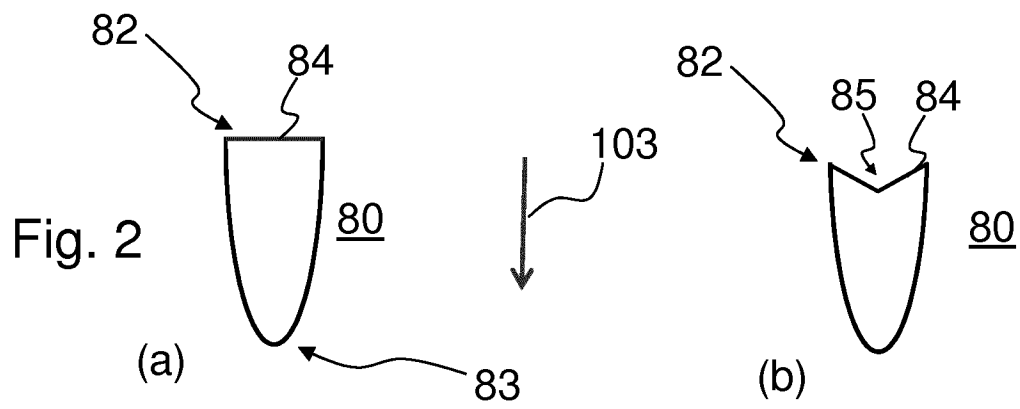


Fig. 1



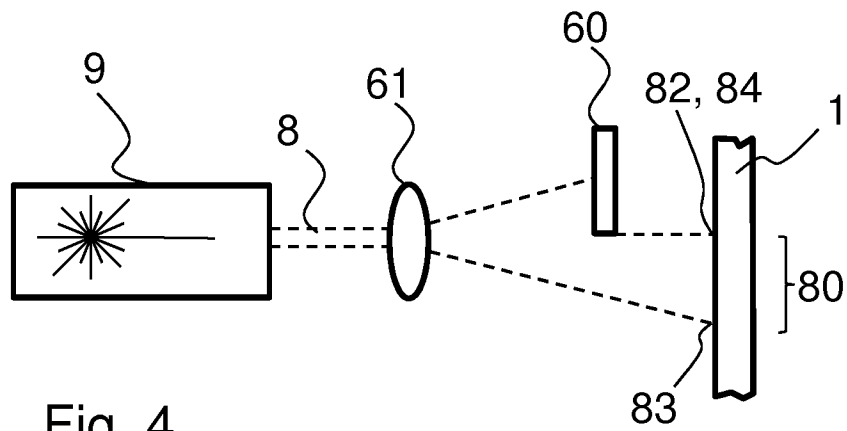


Fig. 4

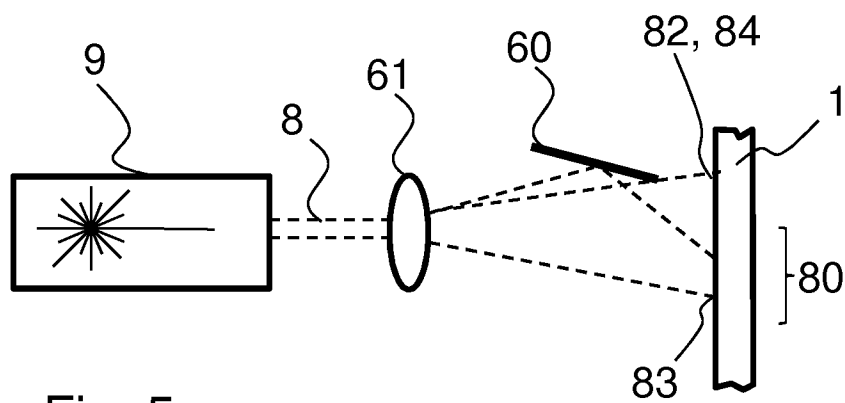


Fig. 5

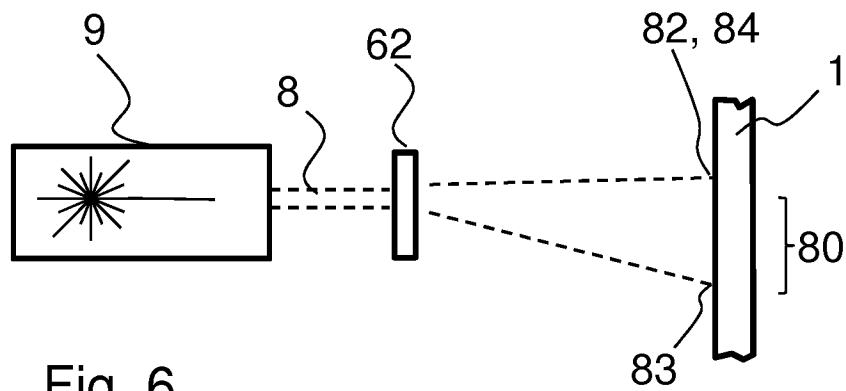


Fig. 6

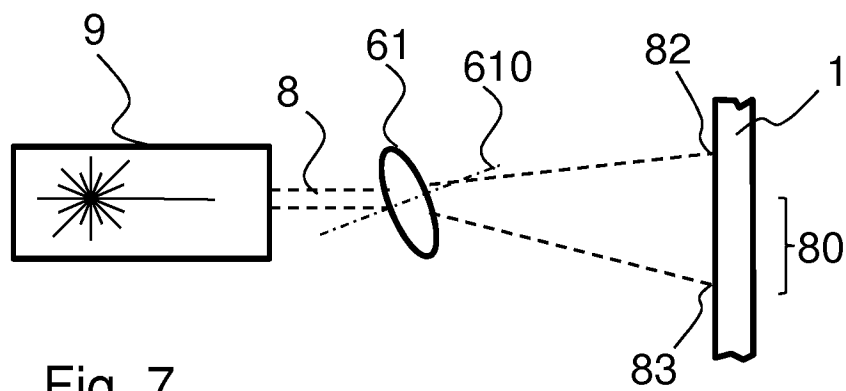


Fig. 7

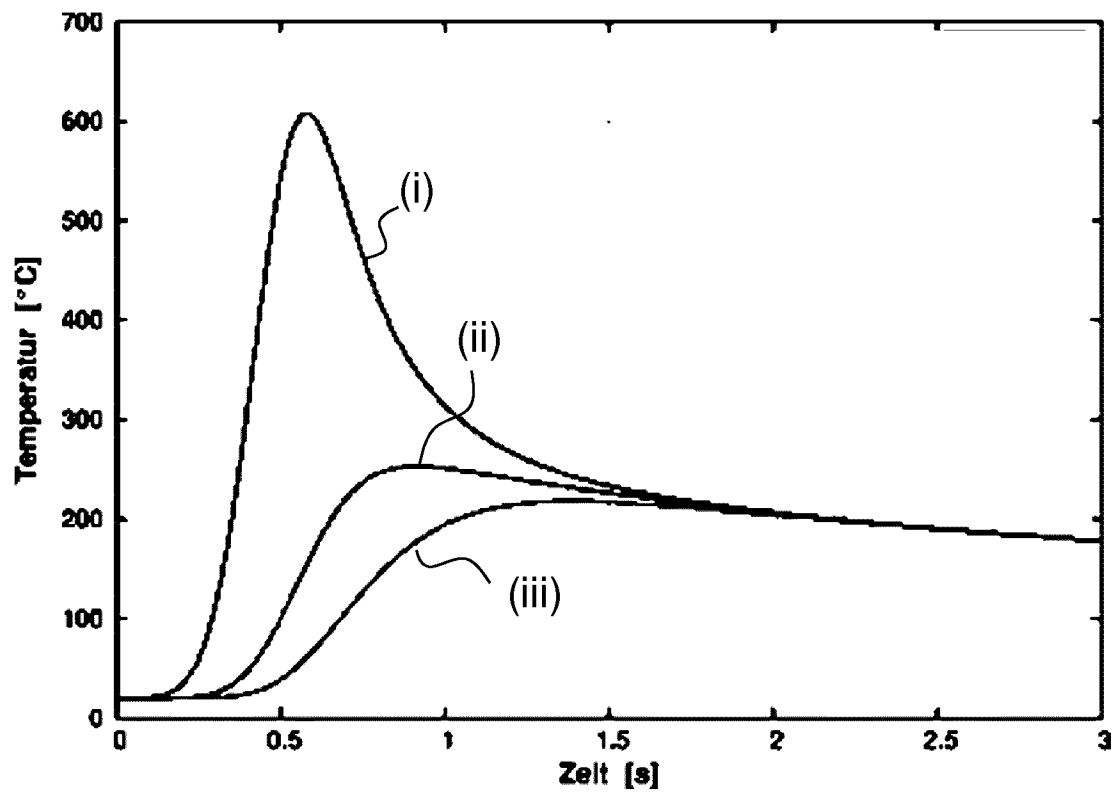


Fig. 8

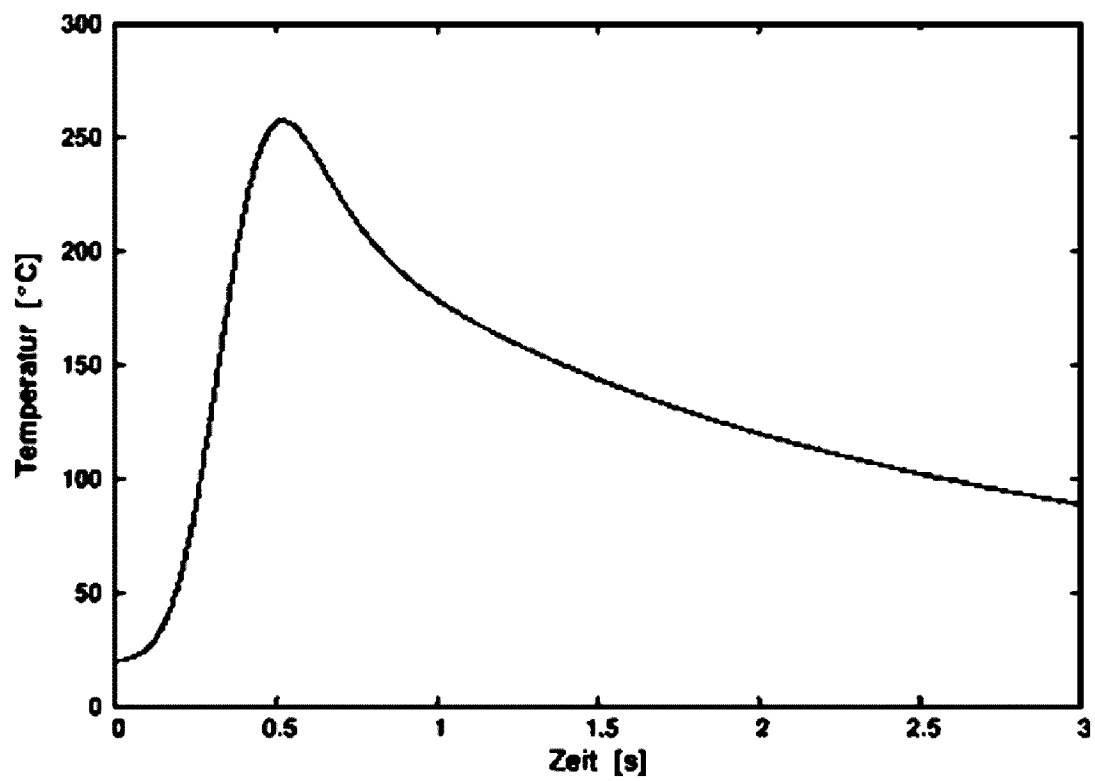


Fig. 9

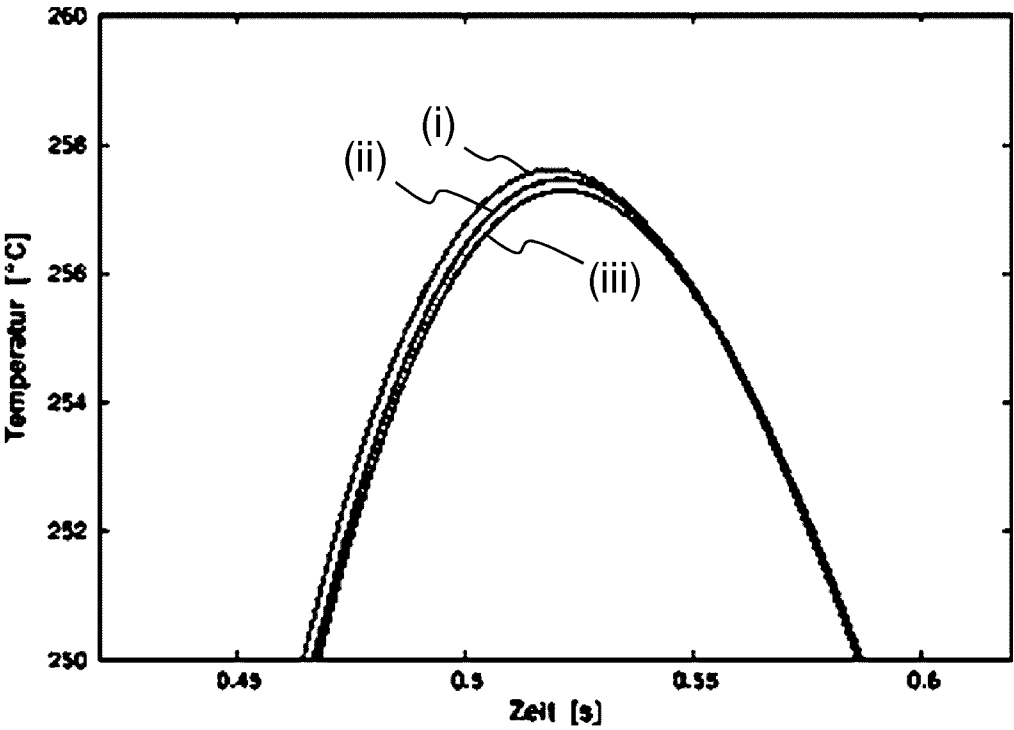


Fig. 10

Fig. 13

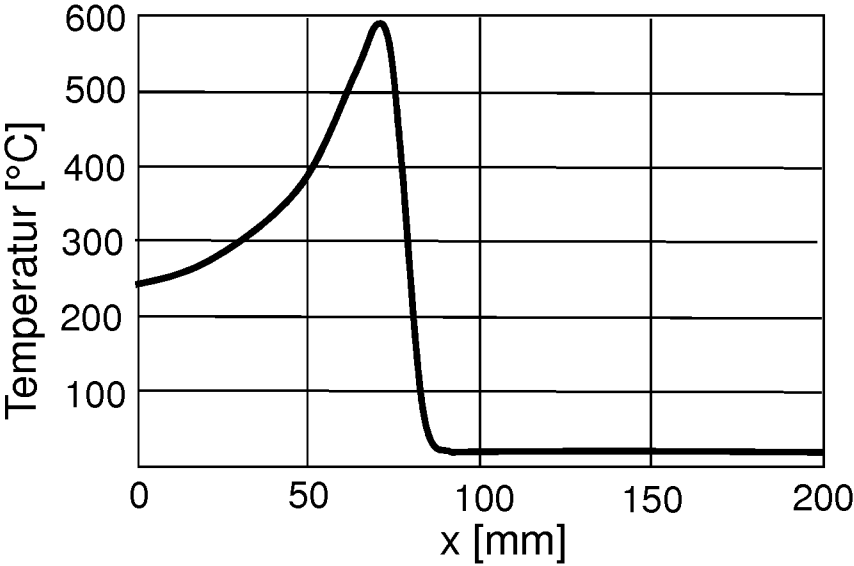
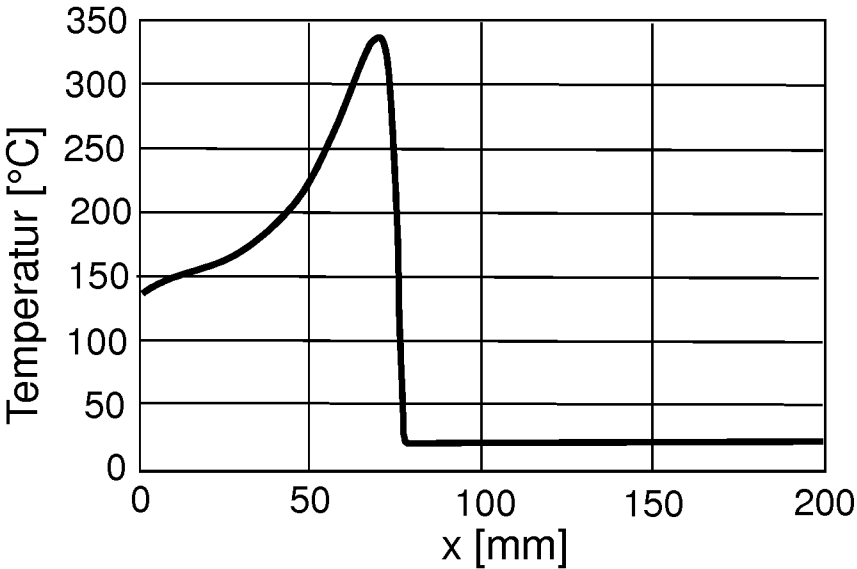


Fig. 14



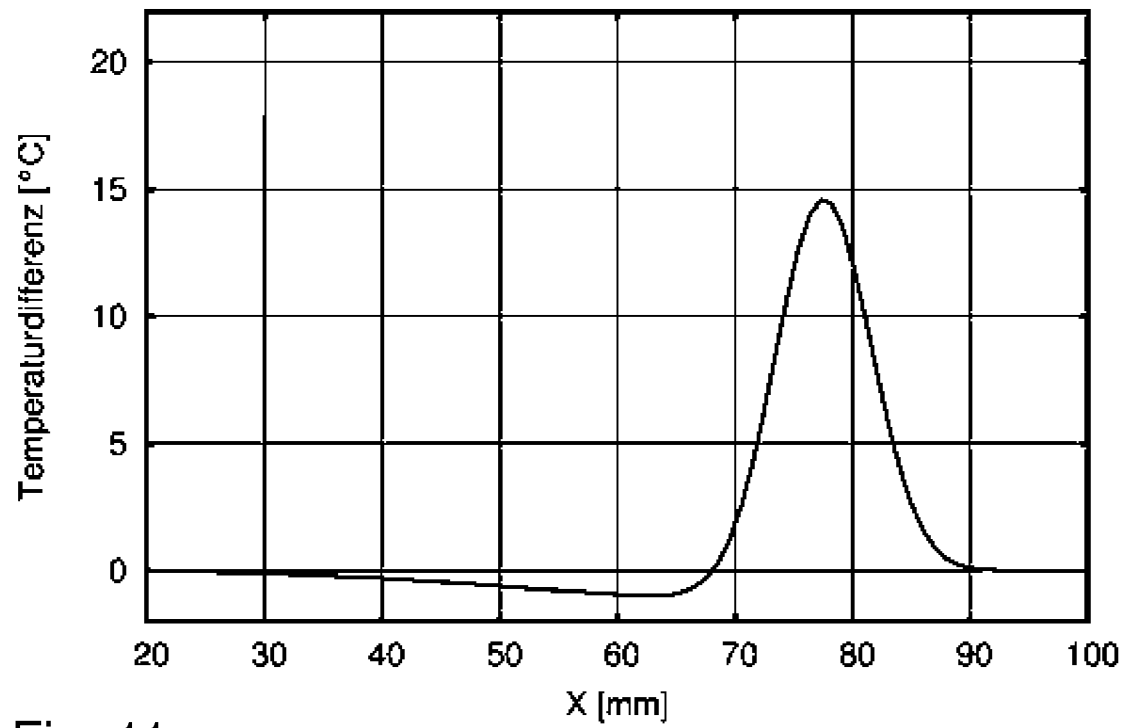


Fig. 11

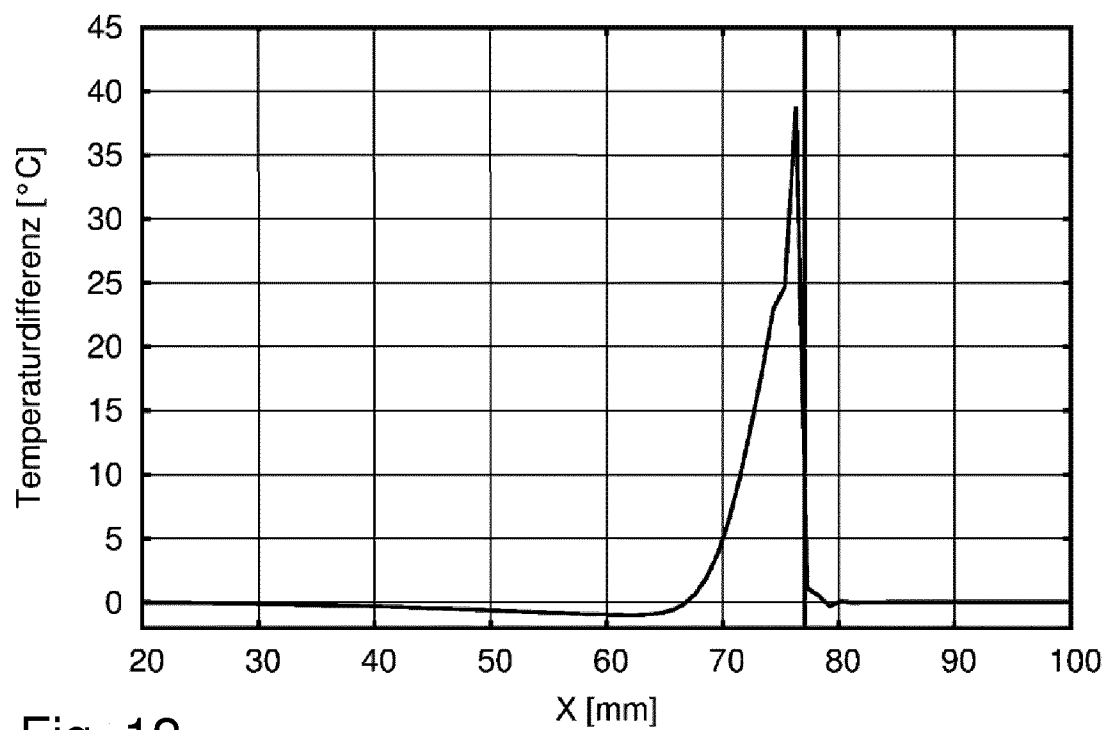


Fig. 12

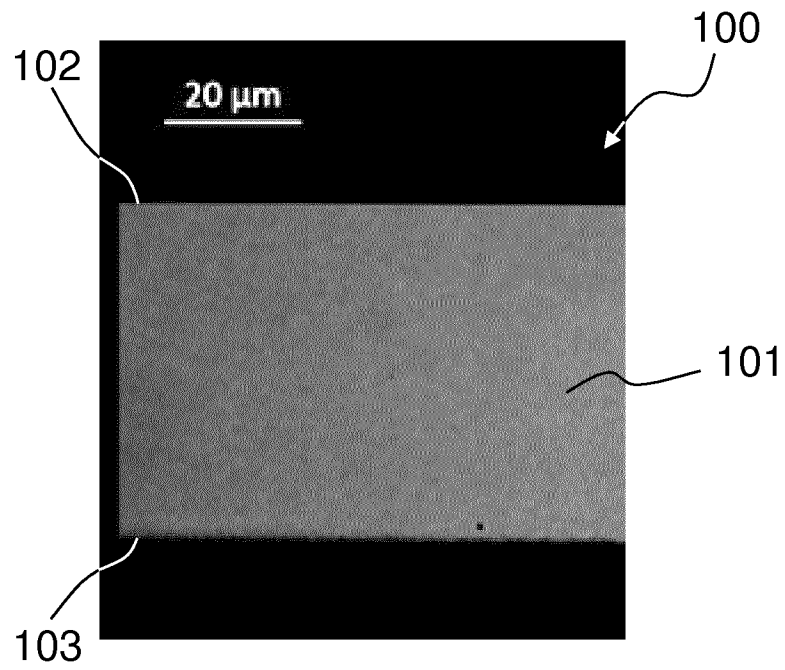


Fig. 15

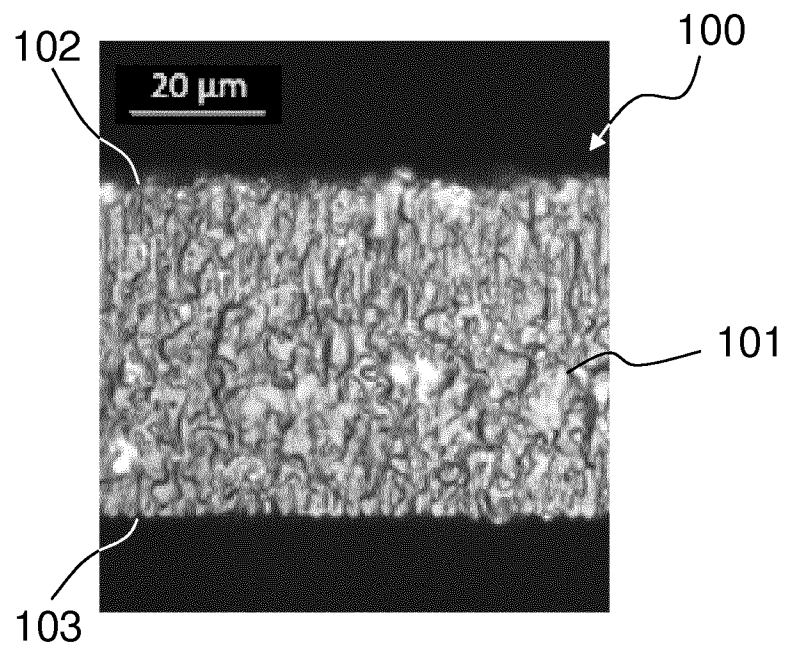


Fig. 16

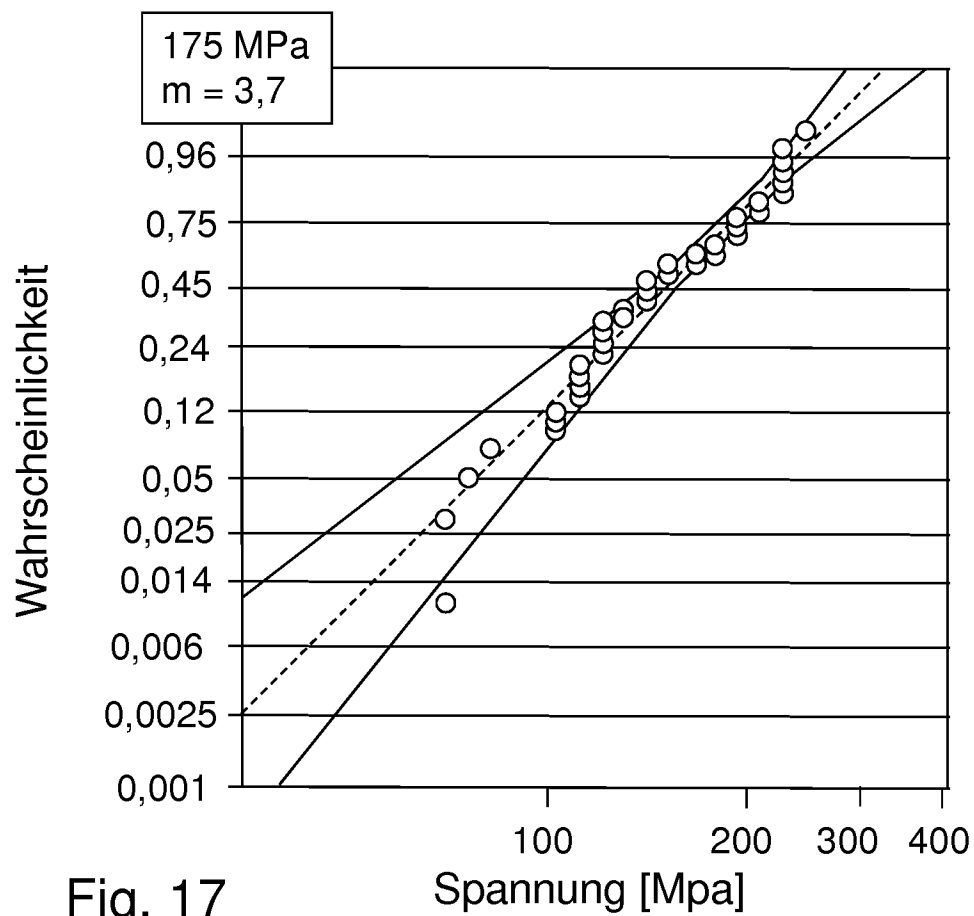


Fig. 17

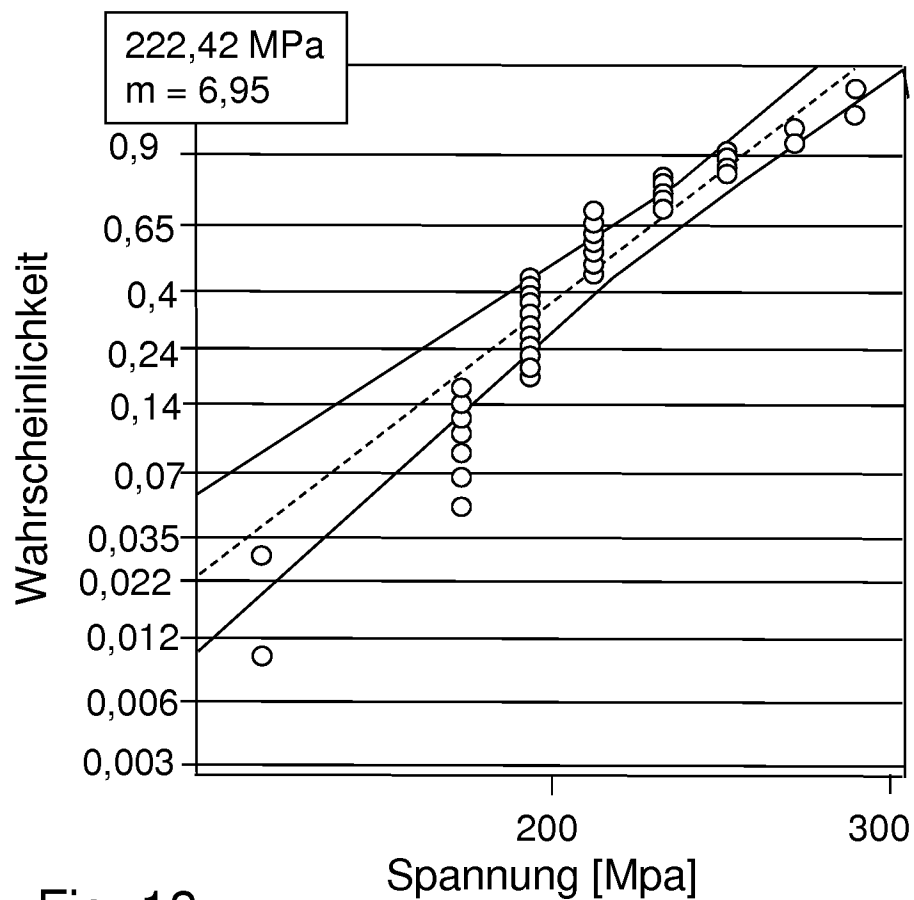


Fig. 18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/056613

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 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	US 2014/199519 A1 (SCHILLINGER HELMUT [DE] ET AL) 17 July 2014 (2014-07-17)	17,18
Y	Bezugszeichen 15,2,3,6,7,11; sentences 23-28, paragraph 132; claims 1,2,13,23; figures 2-7,3B paragraphs [0009], [0096] paragraphs [0070], [0103] -----	1,3,4, 6-11, 13-15
X	DE 197 15 537 A1 (SCHOTT GLASWERKE [DE]) 9 October 1997 (1997-10-09)	2,5,12, 16
Y	column 3, lines 61-68; figures 5,6 column 4, lines 1-16 -----	1,3,4, 6-11, 13-15
Y	US 2011/084426 A1 (NAKAMURA TSUBASA [JP] ET AL) 14 April 2011 (2011-04-14) paragraph [0064]; claim 1; figure 3D ----- -/-	1-16



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/EP2016/056613

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CA 2 602 997 A1 (INST NAT OPTIQUE [CA]) 20 March 2008 (2008-03-20) paragraph [0009]; claim 1; figure 10A -----	1-16
Y	WO 2006/002168 A1 (APPLIED PHOTONICS INC [US]; TORAY ENG CO LTD [JP]; HOEKSTRA BRIAN [US]) 5 January 2006 (2006-01-05) Bezugszeichen 122,126 -----	2,5,12, 16
A	-----	3,13
X	WO 02/48059 A1 (LZH LASERZENTRUM HANNOVER EV [DE]; HESENER HANNO [DE]) 20 June 2002 (2002-06-20) pages 24-25; claims 1,33; figure 10 -----	1,2
X	CN 1 541 155 A (MITSUBOSHI DIAMOND IND CO LTD [JP]) 27 October 2004 (2004-10-27) claims 1-13; figure 1 -----	2
Y	US 2012/135195 A1 (GLAESEMANN GREGORY SCOTT [US] ET AL) 31 May 2012 (2012-05-31) paragraph [0036] -----	1,11
Y	US 2013/224433 A1 (MATSUMOTO HISASHI [US] ET AL) 29 August 2013 (2013-08-29) paragraph [0020] -----	1,11
Y	US 2013/323469 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 5 December 2013 (2013-12-05) paragraph [0041] -----	1,11
Y	US 2015/059411 A1 (LIM GEUNSIK [US] ET AL) 5 March 2015 (2015-03-05) paragraphs [0023], [0027] -----	1,11
Y	US 2003/145624 A1 (LUETTGENS THOMAS [DE] ET AL) 7 August 2003 (2003-08-07) Bezugszeichen 104; paragraph [0034]; claims 1,23 -----	2,5,12, 16
Y	US 2012/000894 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 5 January 2012 (2012-01-05) paragraphs [0071], [0063], [0067] -----	1,2,5, 11,12,16
Y	DE 198 56 347 A1 (SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH [DE]) 9 March 2000 (2000-03-09) figure 5 -----	2
A	US 2014/113797 A1 (YAMADA JUNICHI [JP] ET AL) 24 April 2014 (2014-04-24) figure 1a -----	3,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/056613

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.: **19-22**
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 extra 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 19-22

1 The present claims 19-22 relate to a product which is defined (inter alia) by reference to the following unusual parameter: see the equations in claims 19-22.

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.

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

2 The search was therefore limited to claims 1-18.

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/EP2016/056613

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2014199519 A1	17-07-2014	CA 2898256 A1	24-07-2014
		CA 2898371 A1	24-07-2014
		CN 105209218 A	30-12-2015
		EP 2754524 A1	16-07-2014
		EP 2945769 A1	25-11-2015
		EP 2945770 A1	25-11-2015
		JP 2016509540 A	31-03-2016
		JP 2016513024 A	12-05-2016
		KR 20160010396 A	27-01-2016
		KR 20160010397 A	27-01-2016
		TW 201436914 A	01-10-2014
		TW 201446379 A	16-12-2014
		US 2014199519 A1	17-07-2014
		US 2015360991 A1	17-12-2015
		WO 2014111385 A1	24-07-2014
		WO 2014111794 A1	24-07-2014
DE 19715537 A1	09-10-1997	NONE	
US 2011084426 A1	14-04-2011	CN 102040331 A	04-05-2011
		JP 2011102230 A	26-05-2011
		US 2011084426 A1	14-04-2011
CA 2602997 A1	20-03-2008	NONE	
WO 2006002168 A1	05-01-2006	JP 2008503355 A	07-02-2008
		TW I293623 B	21-02-2008
		US 2007284785 A1	13-12-2007
		WO 2006002168 A1	05-01-2006
WO 0248059 A1	20-06-2002	AT 301620 T	15-08-2005
		AU 1918302 A	24-06-2002
		DE 10196861 D2	30-10-2003
		EP 1341730 A1	10-09-2003
		ES 2247002 T3	01-03-2006
		JP 2004515366 A	27-05-2004
		JP 2006176403 A	06-07-2006
		KR 20030068558 A	21-08-2003
		WO 0248059 A1	20-06-2002
CN 1541155 A	27-10-2004	CN 1541155 A	27-10-2004
		KR 20040017249 A	26-02-2004
		TW 583046 B	11-04-2004
		WO 03013816 A1	20-02-2003
US 2012135195 A1	31-05-2012	NONE	
US 2013224433 A1	29-08-2013	CN 104114506 A	22-10-2014
		JP 2015516352 A	11-06-2015
		KR 20140131520 A	13-11-2014
		TW 201351496 A	16-12-2013
		US 2013224433 A1	29-08-2013
		WO 2013130608 A1	06-09-2013
US 2013323469 A1	05-12-2013	CN 104736489 A	24-06-2015
		TW 201410625 A	16-03-2014
		US 2013323469 A1	05-12-2013
		WO 2013184740 A1	12-12-2013

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/056613

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2015059411	A1	05-03-2015	KR	20160048856 A		04-05-2016
			TW	201514109 A		16-04-2015
			US	2015059411 A1		05-03-2015
			WO	2015031435 A2		05-03-2015
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 2012000894	A1	05-01-2012	CN	102686354 A		19-09-2012
			JP	2012521339 A		13-09-2012
			JP	2015221745 A		10-12-2015
			KR	20120004456 A		12-01-2012
			TW	201043588 A		16-12-2010
			US	2012000894 A1		05-01-2012
			WO	2010108061 A2		23-09-2010
DE 19856347	A1	09-03-2000	NONE			
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

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/056613

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 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	US 2014/199519 A1 (SCHILLINGER HELMUT [DE] ET AL) 17. Juli 2014 (2014-07-17)	17,18
Y	Bezugszeichen 15,2,3,6,7,11; Sätze 23-28, Absatz 132; Ansprüche 1,2,13,23; Abbildungen 2-7,3B Absätze [0009], [0096] Absätze [0070], [0103] -----	1,3,4, 6-11, 13-15
X	DE 197 15 537 A1 (SCHOTT GLASWERKE [DE]) 9. Oktober 1997 (1997-10-09)	2,5,12, 16
Y	Spalte 3, Zeilen 61-68; Abbildungen 5,6 Spalte 4, Zeilen 1-16 -----	1,3,4, 6-11, 13-15
Y	US 2011/084426 A1 (NAKAMURA TSUBASA [JP] ET AL) 14. April 2011 (2011-04-14) Absatz [0064]; Anspruch 1; Abbildung 3D ----- -/-	1-16

☒ 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

Absendedatum 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.
Y	CA 2 602 997 A1 (INST NAT OPTIQUE [CA]) 20. März 2008 (2008-03-20) Absatz [0009]; Anspruch 1; Abbildung 10A -----	1-16
Y	WO 2006/002168 A1 (APPLIED PHOTONICS INC [US]; TORAY ENG CO LTD [JP]; HOEKSTRA BRIAN [US]) 5. Januar 2006 (2006-01-05) Bezugszeichen 122,126 -----	2,5,12, 16
A	-----	3,13
X	WO 02/48059 A1 (LZH LASERZENTRUM HANNOVER EV [DE]; HESENER HANNO [DE]) 20. Juni 2002 (2002-06-20) Seiten 24-25; Ansprüche 1,33; Abbildung 10 -----	1,2
X	CN 1 541 155 A (MITSUBOSHI DIAMOND IND CO LTD [JP]) 27. Oktober 2004 (2004-10-27) Ansprüche 1-13; Abbildung 1 -----	2
Y	US 2012/135195 A1 (GLAESEMANN GREGORY SCOTT [US] ET AL) 31. Mai 2012 (2012-05-31) Absatz [0036] -----	1,11
Y	US 2013/224433 A1 (MATSUMOTO HISASHI [US] ET AL) 29. August 2013 (2013-08-29) Absatz [0020] -----	1,11
Y	US 2013/323469 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 5. Dezember 2013 (2013-12-05) Absatz [0041] -----	1,11
Y	US 2015/059411 A1 (LIM GEUNSIK [US] ET AL) 5. März 2015 (2015-03-05) Absätze [0023], [0027] -----	1,11
Y	US 2003/145624 A1 (LUETTGENS THOMAS [DE] ET AL) 7. August 2003 (2003-08-07) Bezugszeichen 104; Absatz [0034]; Ansprüche 1,23 -----	2,5,12, 16
Y	US 2012/000894 A1 (ABRAMOV ANATOLI ANATOLYEVICH [US] ET AL) 5. Januar 2012 (2012-01-05) Absätze [0071], [0063], [0067] -----	1,2,5, 11,12,16
Y	DE 198 56 347 A1 (SCHOTT SPEZIALGLAS GMBH [DE]) 9. März 2000 (2000-03-09) Abbildung 5 -----	2
A	US 2014/113797 A1 (YAMADA JUNICHI [JP] ET AL) 24. April 2014 (2014-04-24) Abbildung 1a -----	3,13

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. 19-22
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.: 19-22

1 Die vorliegenden Ansprüche 19-22 beziehen sich auf ein Erzeugnis, das (unter anderem) durch Bezugnahme auf der folgenden unüblichen Parameter definiert werden: siehe die Gleichungen der Ansprüche 19-22.

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.

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

2 Die Recherche wurde deshalb auf Ansprüche 1-18 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/EP2016/056613

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2014199519	A1	17-07-2014	CA	2898256 A1	24-07-2014
			CA	2898371 A1	24-07-2014
			CN	105209218 A	30-12-2015
			EP	2754524 A1	16-07-2014
			EP	2945769 A1	25-11-2015
			EP	2945770 A1	25-11-2015
			JP	2016509540 A	31-03-2016
			JP	2016513024 A	12-05-2016
			KR	20160010396 A	27-01-2016
			KR	20160010397 A	27-01-2016
			TW	201436914 A	01-10-2014
			TW	201446379 A	16-12-2014
			US	2014199519 A1	17-07-2014
			US	2015360991 A1	17-12-2015
			WO	2014111385 A1	24-07-2014
			WO	2014111794 A1	24-07-2014

DE 19715537	A1	09-10-1997	KEINE		

US 2011084426	A1	14-04-2011	CN	102040331 A	04-05-2011
			JP	2011102230 A	26-05-2011
			US	2011084426 A1	14-04-2011

CA 2602997	A1	20-03-2008	KEINE		

WO 2006002168	A1	05-01-2006	JP	2008503355 A	07-02-2008
			TW	I293623 B	21-02-2008
			US	2007284785 A1	13-12-2007
			WO	2006002168 A1	05-01-2006

WO 0248059	A1	20-06-2002	AT	301620 T	15-08-2005
			AU	1918302 A	24-06-2002
			DE	10196861 D2	30-10-2003
			EP	1341730 A1	10-09-2003
			ES	2247002 T3	01-03-2006
			JP	2004515366 A	27-05-2004
			JP	2006176403 A	06-07-2006
			KR	20030068558 A	21-08-2003
			WO	0248059 A1	20-06-2002

CN 1541155	A	27-10-2004	CN	1541155 A	27-10-2004
			KR	20040017249 A	26-02-2004
			TW	583046 B	11-04-2004
			WO	03013816 A1	20-02-2003

US 2012135195	A1	31-05-2012	KEINE		

US 2013224433	A1	29-08-2013	CN	104114506 A	22-10-2014
			JP	2015516352 A	11-06-2015
			KR	20140131520 A	13-11-2014
			TW	201351496 A	16-12-2013
			US	2013224433 A1	29-08-2013
			WO	2013130608 A1	06-09-2013

US 2013323469	A1	05-12-2013	CN	104736489 A	24-06-2015
			TW	201410625 A	16-03-2014
			US	2013323469 A1	05-12-2013
			WO	2013184740 A1	12-12-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/056613

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung

US 2015059411	A1	05-03-2015	KR	20160048856 A		04-05-2016
			TW	201514109 A		16-04-2015
			US	2015059411 A1		05-03-2015
			WO	2015031435 A2		05-03-2015

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 2012000894	A1	05-01-2012	CN	102686354 A		19-09-2012
			JP	2012521339 A		13-09-2012
			JP	2015221745 A		10-12-2015
			KR	20120004456 A		12-01-2012
			TW	201043588 A		16-12-2010
			US	2012000894 A1		05-01-2012
			WO	2010108061 A2		23-09-2010

DE 19856347	A1	09-03-2000	KEINE			

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
