

(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
8. Juni 2017 (08.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/093393 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C03B 33/02 (2006.01) *C03B 32/02* (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01) *B23K 26/0622* (2014.01)
C03B 33/04 (2006.01) *B23K 103/00* (2006.01)
C03B 32/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/079417

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Dezember 2016 (01.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 120 950.0
2. Dezember 2015 (02.12.2015) DE

(71) Anmelder: SCHOTT AG [DE/DE]; Hattenbergstrasse 10,
55122 Mainz (DE).

(72) Erfinder: SPIER, Martin; Grabengasse 5a, 55457
Horweiler (DE). WAGNER, Fabian; Wallaustasse 34,
55118 Mainz (DE). ORTNER, Andreas; Mainzer Strasse
6L, 55435 Gau-Algesheim (DE). HASELHORST, Georg;

Talweg 23, 61389 Schmitten (DE). PLAPPER, DR.,
Volker; Ernst-Morneweg-Strasse 20, 55232 Alzey (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, DJ, 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, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

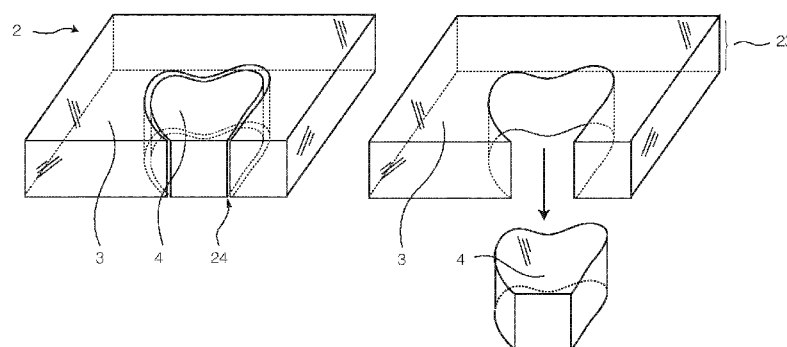
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR LASER-SUPPORTED DETACHING OF A PORTION OF A FLAT GLASS OR GLASS-CERAMIC
ELEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM LASERGESTÜTZTEN ABLÖSEN EINES TEILSTÜCKS VON EINEM FLÄCHIGEN
GLAS- ODER GLASKERAMIKELEMENT

Fig. 4



(57) Abstract: The invention relates to a method for detaching a portion of a flat glass or glass-ceramic element (2) along a provided separation line (21), which divides the glass or glass-ceramic element (2) into the portion to be detached (4) and a main portion (3) which is to remain (3), wherein filament-like instances of damage (20) are generated in the volume of the glass or glass-ceramic element (2) next to one another along the separation line (21), and the filament-like instances of damage (20) are created by laser pulses (12) of a laser (10), wherein the material of the glass or glass-ceramic element (2) is transparent to the laser pulse (12), and the impact points (13) of the laser pulse (12) on the glass or glass-ceramic element (2) are moved over the surface (22) thereof along the separation line (21), and after the filament-like instances of damage (20) arranged next to one another along the separation line (21) have been generated, material of the glass or glass-ceramic element (2), which is located in the region of the portion (4), undergoes a phase transition and is caused to contract, so that the portion (4) is detached from the main portion (3) along the separation line (21) at the adjacently arranged filament-like instances of damage (20), wherein at least the main portion (3) is kept intact.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/093393 A1



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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Vorgesehen ist ein Verfahren zum Ablösen eines Teilstücks von einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement (2) entlang einer vorgesehenen Trennlinie (21), welche das Glas- oder Glaskeramikelement (2) in das abzulösende Teilstück (4) und einen zu verbleibenden Hauptteil (3) einteilt, wobei - nebeneinander entlang der Trennlinie (21) filamentförmige Schädigungen (20) im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelements (2) erzeugt werden, und - die filamentförmigen Schädigungen (20) durch Laserpulse (12) eines Lasers (10) erzeugt werden, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2) für die Laserpulse (12) transparent ist, und - die Auftreffpunkte (13) der Laserpulse (12) auf dem Glas- oder Glaskeramikelement (2) über dessen Oberfläche (22) entlang der Trennlinie (21) bewegt werden, und - nachdem die nebeneinander entlang der Trennlinie (21) angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20) erzeugt wurden, Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches sich im Bereich des Teilstücks (4) befindet, einem Phasenübergang unterzogen und zum Zusammenziehen gebracht wird, so dass sich das Teilstück (4) entlang der Trennlinie (21) an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20) von dem Hauptteil (3) ablöst, wobei zumindest der Hauptteil (3) als Ganzes erhalten bleibt.

Verfahren zum lasergestützten Ablösen eines Teilstücks von einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum lasergestützten Ablösen eines Teilstücks von einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement entlang einer vorgesehenen Trennlinie, welche das Glas- oder Glaskeramikelement in das abzulösende Teilstück und einen zu verbleibenden Hauptteil einteilt.
- 10 Die Erfindung betrifft ferner ein Kochfeld umfassend ein Glas- oder Glaskeramikelement herstellbar als Hauptteil mit dem erfindungsgemäßen Verfahren.

- Aus der WO 2012/006736 A2 ist bekannt, dass mit einem
- 15 gepulsten fokussierten Laserstrahl Filamente in einem transparenten Substrat erzeugt werden können, und dass ein aus mehreren Filamenten gebildeter Pfad das Trennen des Substrats ermöglicht. Ein Filament wird dabei durch einen hochenergetischen kurzen Laserpuls hergestellt, wobei
- 20 angenommen wird, dass der nichtlineare optische Kerr-Effekt zur Selbstfokussierung des Laserstrahls führt, wodurch Plasmabildung bewirkt wird.

- Die DE 10 2012 110 971 A1 beschreibt ein Verfahren der
- 25 Trennvorbereitung von transparenten Werkstücken, bei welchem sich quer durch das Werkstück erstreckende, aneinander gereihte Filamentstrukturen durch ultrakurze Laserpulse entlang einer Sollbruchlinie erzeugt werden. Das Werkstück wird in einem nachfolgenden Schritt getrennt.

- 30 Im Falle dünner Glas- oder Glaskeramikelemente und geradliniger Trennlinien gestaltet sich das der Laserfilamentierung nachfolgende Ablösen einfach. So kann

etwa durch Ausüben eines hinreichenden Biegemoments ein Abtrennen bewirkt werden. Schwieriger ist das Ablösen demgegenüber dann, wenn die Trennlinie gebogen ist, mehrere in einem Winkel zueinander stehende Abschnitte aufweist
5 oder sogar eine geschlossene Linie bildet. Letzterer Fall ist insbesondere dann gegeben, wenn ein Innenausschnitt (auch Innenkontur genannt) hergestellt werden soll.

Eine Möglichkeit, Innenkonturen aus flächigen Substraten
10 herauszutrennen, kann der EP 2 781 296 A1 entnommen werden. Dabei werden mittels eines über das Substrat geführten Laserstrahls eine Vielzahl einzelner Zonen innerer Schädigung entlang einer Konturlinie (Konturdefinitionsschritt) sowie entlang mehrerer von der
15 Konturlinie aus gesehen in die abzutrennende Kontur hinein führender, beispielsweise spiral- oder V-förmiger Risslinienabschnitte erzeugt (Rissdefinitionsschritt). Danach wird mittels eines über das Substrat geführten, materialabtragenden Laserstrahls entlang einer längs der
20 Konturlinie, jedoch beabstandet von dieser sowie in der abzutrennenden Kontur verlaufenden Abtragslinie das Substratmaterial über die gesamte Substratdicke abgetragen (Materialabtragsschritt). Insgesamt stellt sich das Verfahren als verhältnismäßig aufwändig und somit
25 hinsichtlich der Effizienz als verbesserungswürdig dar. Nachteilig ist auch die Zerstörung der Innenkontur, welche insbesondere aufgrund ihrer exakten Passform zu dem Restsubstrat von Interesse sein kann, sowie zerstörungsbedingte Partikel und Splitter, welche einen
30 erhöhten Reinigungsaufwand nach sich ziehen.

Das Verfahren kommt zudem im Falle dicker Glas- oder Glaskeramikelemente, insbesondere solche mit Dicken über 3 Millimeter, an seine Grenzen. Insbesondere kann bei dicken
5 Gläsern eine im Materialabtragsschritt bewirkte Erwärmung der Innenkontur zu einer Materialausdehnung führen, die stärker ist als der gewünschte Effekt der Spaltbildung durch schwerkraftbedingtes Ausbeulen des Materials.

10 In der Patentanmeldung mit Aktenzeichen 10 2015 111 490.9 wird ein Verfahren zum lasergestützten Ablösen eines Teilstücks von einem flächigen Glaselement vorgestellt, welches sich auch für dickere Glaselemente eignet. Das Glaselement wird im Bereich des Hauptteils erwärmt und zum
15 Ausdehnen gebracht und/oder im Bereich des Teilstücks abgekühlt und zum Zusammenziehen gebracht wird, so dass sich das Teilstück von dem Hauptteil ablöst. Dieses Verfahren ist jedoch in erster Linie für Glaselemente und weniger für Glaskeramikelemente vorgesehen. Zudem kann das
20 Verfahren insbesondere für Materialien mit niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizienten und das Ablösen kleiner Teilstücke weiterentwickelt werden.

Die Patentanmeldung derselben Anmelderin mit Aktenzeichen
25 10 2015 111 490.9 wird hiermit durch Referenz inkorporiert.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein effizientes Verfahren bereitzustellen, welches das Ablösen von
Teilstücken von flächigen Glas- oder Glaskeramikelementen
30 entlang nicht geradliniger, insbesondere stark gekrümmter oder sogar geschlossener, Trennlinien ermöglicht, so dass

sowohl das abgetrennte Teilstück als auch der verbleibende Hauptteil nicht weiter beschädigt werden.

5 Ein Aspekt der Aufgabe ist es, das Ablösen auch kleiner Innenausschnitte aus dicken Glas- oder Glaskeramikelementen mit niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten zu ermöglichen.

10 Ein weiterer Aspekt der Aufgabe ist es, ein sauberes, insbesondere splitterfreies, Ablösen des Teilstücks zu ermöglichen und die Gefahr schädlicher Rissbildung sowohl im abgetrennten Teilstück als auch im verbleibenden Hauptteil zu minimieren.

15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstände der abhängigen Ansprüche.

20 Das erfindungsgemäße Verfahren ist hergerichtet zum Ablösen eines Teilstücks von einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement entlang einer vorgesehenen Trennlinie, welche das Glas- oder Glaskeramikelement in das abzulösende Teilstück und einen zu verbleibenden Hauptteil einteilt.

25 Die vorgesehene Trennlinie teilt das flächige Element somit in zwei vollständig voneinander abgegrenzte flächige Bereiche ein, damit das Teilstück entlang der Trennlinie vollständig von dem Glas- oder Glaskeramikelement abgelöst werden kann.

30

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert darauf, dass nebeneinander entlang der Trennlinie filamentförmige

Schädigungen im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelements erzeugt werden, und die filamentförmigen Schädigungen durch Laserpulse eines Lasers erzeugt werden, insbesondere indem die Laserpulse im Volumen des Glaselements ein Plasma erzeugen, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements für die Laserpulse transparent ist, und die Auftreffpunkte der Laserpulse auf dem Glas- oder Glaskeramikelement über dessen Oberfläche entlang der Trennlinie bewegt werden.

10

Erfindungsgemäß wird, nachdem die nebeneinander entlang der Trennlinie angeordneten filamentförmigen Schädigungen erzeugt wurden, Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich im Bereich des Teilstücks befindet, einem Phasenübergang unterzogen und zum Zusammenziehen gebracht, so dass sich das Teilstück entlang der Trennlinie an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen von dem Hauptteil ablöst. Mit anderen Worten kann im Bereich des Teilstücks befindliches Material des Glas- oder Glaskeramikelements zum Phasenübergang und zur Volumenreduktion gebracht werden, wobei als Folge insbesondere der Volumenreduktion des Materials ein Ablösen stattfindet.

15

20

25

Vorzugsweise ist das Herbeiführen des Phasenübergangs kausal für das Zusammenziehen des phasenumgewandelten Materials.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist demnach vorgesehen, dass das Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches einem Phasenübergang unterzogen wird, in eine Phase übergeht, welche gegenüber

der Ausgangsphase eine höhere Raumerfüllung aufweist.

Die Atome des Materials, welches einem Phasenübergang unterzogen wird, können sich somit nach dem Phasenübergang in einem kleineren Volumen als zuvor anordnen. Dadurch kann das Verhältnis aus dem Volumen der Atome und dem Volumen in welchem sich die Atome befinden, d.h. die Raumerfüllung oder Packungsdichte, erhöht werden. Die Partikel des phasenumgewandelten Materials können somit ihren Abstand zueinander verringern. Das phasenumgewandelte Material weist somit eine höhere Dichte als zuvor auf.

Besonders bevorzugt geht das Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches einem Phasenübergang unterzogen wird, in eine Kristallphase über. Kristallphasen stellen in der Regel Zustände mit den höchsten Packungsdichten dar.

Insbesondere bevorzugt ist, Material ausgehend von einer amorphen Phase in eine kristalline Phase zu überführen. Mit anderen Worten wechselt Material, welches sich ursprünglich in einem metastabilen Zustand befindet, in einen stabilen oder zumindest stabileren Zustand. Beispielsweise kann amorphes Material in Hochquarz-Mischkristall (HQMK) und/oder Keatit-Mischkristall (KMK) umgewandelt werden.

Typischerweise wird im Bereich des Teilstücks eine Keramisierung des Glas- oder Glaskeramikelement begonnen bzw. fortgesetzt. Das heißt es wird amorphes Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich feinverteilt im Bereich des Teilstücks befindet, kristallisiert. Es bilden sich demnach Kristallkeime, die zu Kristalliten

heranwachsen oder es vergrößern sich bereits bestehende Kristallite. Mit anderen Worten kann das Teilstück zumindest teilweise keramisiert werden. Beispielsweise kann im Bereich des Teilstücks eine feinverteilte HQMK-Phase und/oder KMK-Phase erzeugt werden, wobei beispielsweise vorgesehen sein kann, ca. 70 Prozent des Volumens des keramisierten Bereichs des Glas- oder Glaskeramikelements in Kristallite zu überführen und ca. 30 Prozent in einem amorphen Zustand zu belassen.

10

Keramische Kristallite haben typischerweise einen negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten, so dass auch ein temperaturbedingtes Zusammenziehen durch Erwärmung erreicht werden kann. Insbesondere kann infolge des negativen Wärmeausdehnungskoeffizienten keramischer Kristallite ein sehr geringer oder verschwindender Wärmeausdehnungskoeffizient eines keramisierten Bereichs des Glas- oder Glaskeramikelements insgesamt erzielt werden. Somit kann ein relatives Zusammenziehen eines keramisierten Substratbereichs gegenüber einem nicht keramisierten Substratbereich provoziert werden, welcher von erhöhter Substrattemperatur profitiert.

20

25

Beispielsweise kann vorgesehen sein, ein flächiges Glaselement, das aus einem sog. Grünglas, also einem amorphen Ausgangsmaterial für einen Keramisierungsprozess, besteht, durch Keramisierung in einen teilkristallinen Zustand zu überführen. Das keramisierte Glas schrumpft dabei typischerweise um 1 bis 2 Prozent. Vgl. z.B. Bach, Krause (Hrsg.): Low Thermal Expansion Glass Ceramics, Springer-Verlag, Sec. Ed., 2005, Seite 43, Figur 2.23.

30

Die bevorzugt zu prozessierenden Materialien verfügen über eine Zusammensetzung, die im Stadium der Grünglasherstellung eine räumlich gleichmäßig verteilte lokale flüssig-flüssig Phasentrennung, insbesondere eine Tröpfchenbildung, begünstigt. Demnach kann das feste Glas- oder Glaskeramikelement, von welchem ein Teilstück abgelöst werden soll, bereits zumindest zweiphasig ausgebildet sein, wobei die zwei Phasen vorzugsweise beide amorph sind, sich jedoch hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung unterschieden. Da insbesondere innerhalb solcher Tröpfchen eine Kristallisation gezielt initiiert werden kann, wird in vorteilhafter Weise eine gesteuerte Kristallisation ermöglicht.

Es kann auch vorgesehen sein, dem Grünglas Verunreinigungen als Keimbildner hinzugeben, welche bei Erwärmung ausfallen und als Kristallisationskeime wirken.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches einem Phasenübergang unterzogen wird, auf eine Phasenübergangstemperatur erwärmt, um den Phasenübergang einzuleiten. Zwar kommt grundsätzlich die Änderung auch anderer physikalischer Größen in Betracht, um einen Phasenübergang einzuleiten (z.B. der Druck), eine Änderung der Temperatur ist jedoch besonders vorteilhaft, weil die Temperatur eine in der Praxis gut kontrollierbare intensive Zustandsgröße darstellt.

Das Erwärmen auf die Phasenübergangstemperatur erfolgt vorzugsweise mittels elektromagnetischer Strahlung, insbesondere mittels Laserstrahlung, z.B. eines

Kohlendioxid- oder Diodenlasers. Ein Diodenlaser kann beispielsweise bei volumengefärbter Glaskeramik wie SCHOTT CERAN® zum Einsatz kommen, wobei eine Wellenlänge von ca. 1000 nm und eine Einkopplung der Laserstrahlung in einen Volumenanteil von 8 bis 12 Prozent bevorzugt ist. Je nach Absorptionsverhalten der Materialien, können auch andere Lasertypen zur Anwendung kommen. So etwa Nd-YAG-Laser (1064 nm), Er:YAG-Laser oder HF- bzw. CO-Laser (4,8 µm bis 8,3 µm) beispielsweise im Falle hoher Absorption bei 2,9 µm oder 5,6 µm.

Durch Beaufschlagen des Materials mittels elektromagnetischer Strahlung kann in vorteilhafter Weise insbesondere gezielt Material an bestimmten Stellen innerhalb des Teilstücks lokal erwärmt und zum Phasenübergang gebracht werden. So können z.B. lokal begrenzte Bereiche innerhalb des Volumens des Teilstücks mit erhöhter Temperatur beaufschlagt werden.

Diese Phasenübergangstemperatur, welche insbesondere auch als Keramisierungstemperatur bezeichnet werden kann, kann z.B. oberhalb der Glasübergangstemperatur liegen. Insbesondere ist ferner vorgesehen, dass die Phasenübergangstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Materials liegt, insbesondere diese deutlich unterschreitet. Mit anderen Worten erfolgt insbesondere keine Erwärmung des Teilstücks bis zur Schmelztemperatur, da dies zu einem Verlust der durch Filamentierung definierten Kanten führen kann. Eine Erwärmung bis zum Schmelzpunkt kann insbesondere auch daher ungünstig sein, weil eine erwünschte Keramisierung ggf. wieder verloren gehen kann. Die Phasenübergangstemperatur liegt

vorzugsweise mindestens 50°C, bevorzugt mindestens 100°C, noch bevorzugter mindestens 150°C unterhalb der Schmelztemperatur.

- 5 Vorzugsweise findet eine Keramisierung der mittels Laserstrahlung beaufschlagten Bereiche bereits nach weniger als 80 Sekunden, bevorzugt weniger als 50 Sekunden, besonders bevorzugt weniger als 20 Sekunden statt.
- 10 Unter der genannten Phasenübergangstemperatur ist im allgemeinen nicht diejenige Temperatur zu verstehen, die genau auf der Phasengrenzkurve im Phasendiagramm liegt, sondern eine in der Praxis ermittelte Temperatur, bei der der Phasenübergang tatsächlich in beherrschbaren Zeitskalen
- 15 stattfindet. Insbesondere ist die Phasenübergangstemperatur typischerweise höher als diejenige auf der Phasengrenzkurve, damit die Keimbildungsbarriere rasch überwunden wird.
- 20 Für eine effiziente Ausgestaltung des Prozesses bietet es sich weiterhin an, durch eine gezielte Temperaturführung im Rahmen der Laserbestrahlung den Keimbildungs- und anschließenden Keimwachstumsvorgang an ein Optimum anzunähern.
- 25 Für optimale Keimbildung werden demnach vorzugsweise enge Temperaturkorridore abgedeckt. Dies gilt insbesondere bei Materialien, bei welchen im Stadium der Grünglasherstellung flüssig-flüssig Phasentrennung herbeigeführt wurde
- 30 (Tröpfchenbildung).

Vorzugsweise wird eine sehr dichte Verteilung von Kristalliten oder Kristallen herbeigeführt.

- Es kann vorgesehen sein, die Leistung des Lasers, mit
5 welchem das Material auf Phasenübergangstemperatur erwärmt wird, während dem Vorbeiführen des Auftreffpunktes des Lasers auf der Oberfläche des Glas- oder Glaskeramikelements zu variieren. Insbesondere kann die Laserleistung von der lokalen Temperatur am vorgesehenen
10 Auftreffpunkt auf der Oberfläche, insbesondere der Oberflächentemperatur, eingestellt werden. Dazu kann eine Temperaturmessung des Glas- oder Glaskeramikelements vorgesehen sein. Eine solche temperaturgeregelterte Ausführung kann insbesondere ein Pyrometer, eine Wärmebildkamera oder
15 andere z.B. bildgebende Temperaturmessverfahren zum Messen der lokalen Temperatur umfassen. Die Zieltemperaturen können insbesondere über einen zweimaligen thermischen Hub eingestellt werden.
- 20 Es kann eine definierte Oszillation der Laserleistung vorgesehen sein, so dass eine optimale Temperatur für Keimbildung und Keimwachstum am jeweiligen Auftreffpunkt des Lasers mehrfach eingenommen wird. Dieses Vorgehen ist insbesondere zweckmäßig, wenn ein CO₂-Laser zum Einsatz
25 kommt. Bei einem CO₂-Laser findet typischerweise eine Oberflächenabsorption der Laserstrahlung und eine anschließende Durchwärmung des Substrats durch seine Dicke statt.
- 30 Findet eine Volumenreduktion von Material im Bereich des Teilstücks, insbesondere ein phasenübergangsbedingtes und/oder temperaturbedingtes Zusammenziehen von

phasenumgewandeltem Material, so entstehen Zugspannungen im Material des Teilstücks, welche zu einem Zusammenziehen des Teilstücks führen können. Damit sich das Teilstück zusammenzieht wird in der Regel eine ausreichende Menge an Material im Bereich des Teilstücks zum Zusammenziehen gebracht. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass ein Volumenanteil des Teilstücks von mindestens 50 Prozent phasenumgewandelt wird. Allgemein ist der prozentuale Keramisierungsgrad insbesondere abhängig von Größe und Form des auszulösenden Teilstücks: Mit abnehmendem Teilstückvolumen nimmt der erforderliche Keramisierungsgrad zu. Je nach dem, an welchen Stellen sich solches Material im Bereich des Teilstücks befindet, kann sich das Teilstück insgesamt oder lediglich lokal zusammenziehen.

Infolge des Zusammenziehens des Teilstücks können wiederum Zugspannungen am Rand des Teilstücks, insbesondere an der filamentierten Trennlinie entstehen. Solche sich über die Perforation erstreckenden Zugspannungen in dem Glas- oder Glaskeramikelement können eine Rissbildung zwischen benachbarten filamentförmigen Schädigungen bewirken, so dass sich das Teilstück von dem Hauptteil abtrennt. Die Abtrennung oder Abspaltung des Teilstücks wird auch als „Cleaving“ bezeichnet. Die Abspaltung des Teilstücks von dem Hauptteil kann optional durch einen zusätzlichen sog. Cleaving-Schritt erfolgen oder unterstützt werden, wie weiter unten beschrieben wird.

Jedenfalls hat das erfindungsgemäße, insbesondere phasenübergangsbedingte, Zusammenziehen von Material im Bereich des Teilstücks zur Folge, dass sich das Teilstück selbst zumindest stellenweise zusammenzieht. Die

Kontraktion von Material im Bereich des Teilstücks ist demnach kausal für das zumindest lokale Zusammenziehen des Teilstücks. Das Teilstück erfährt somit einen zumindest lokalen Schrumpf. Es kann vorgesehen sein, dass das
5 Teilstück um mindestens 1 Prozent, vorzugsweise um mindestens 2 Prozent, besonders bevorzugt um mindestens 3 Prozent schrumpft.

Sofern das erfindungsgemäße Zusammenziehen von Material im
10 Bereich des Teilstücks bedingt ist durch einen Phasenübergang und der Phasenübergang wiederum bedingt ist durch eine Erwärmung des Materials, kann es infolge der Erwärmung passieren, dass das Teilstück sich zunächst ausdehnt. D.h. der beheizte Bereich kann zunächst größer
15 werden und, insbesondere im Fall eines innenliegenden Teilstücks, welches sich nur eingeschränkt ausdehnen kann, für Druckspannungen sorgen, welche auf das Teilstück wirken (besonders auf die Kante). Mit einsetzender Keramisierung kann der Bereich dann auf ein Maß schrumpfen, welches
20 kleiner ist als das Ausgangsmaß.

Infolge des zumindest lokalen Schrumpfens des Teilstücks verliert oder verringert das Teilstück in der Regel den Kontakt zu dem Hauptteil. Das Zusammenziehen des Teilstücks
25 führt somit zum Ablösen des Teilstücks von dem Hauptteil.

Ein Ablösen durch Zusammenziehen, d.h. Schrumpfen des Teilstücks hat zum Vorteil, dass insbesondere stark gekrümmte oder geschlossene Trennlinien vorgesehen werden
30 können und somit Teilstücke ab- oder herausgelöst werden können, welche überwiegend oder vollständig von dem Hauptteil in der flächigen Ebene umgeben sind. Insbesondere

durch Schrumpfen eines innenliegenden Teilstücks bildet sich ein Spalt zwischen dem Innenausschnitt und dem Hauptteil, so dass der Innenausschnitt aus dem Glas- oder Glaskeramikelement entnommen werden kann. Insbesondere
5 vorteilhaft ist, dass solche überwiegend oder vollständig innenliegenden Teilstücke auch aus dicken Glas- oder Glaskeramikelementen herausgelöst werden können.

Ein Hervorrufen eines Schrumpfens des Teilstücks durch
10 Einleiten eines oder mehrerer Phasenübergänge im Bereich des Teilstücks hat zum Vorteil, dass eine ausreichende relative Kontraktion des Teilstücks gegenüber dem Hauptteil auch dann noch erreicht werden kann, wenn ein Aufwärmen des Hauptteils und/oder ein Abkühlen des Teilstücks dazu nicht
15 ausreicht, etwa weil der Wärmeausdehnungskoeffizient des Glases oder der Glaskeramik zu niedrig ist, das Erzeugen der erforderlichen Temperaturdifferenz zwischen Hauptteil und Teilstück nicht mehr praktikabel ist, oder aber weil das Teilstück zu kleine Abmessungen aufweist.

20 Erfindungsgemäß bleibt beim Ablösen des Teilstücks entlang der Trennlinie an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen zumindest der Hauptteil als Ganzes erhalten.

25 Es findet demnach insbesondere keine Laserfilamentierung innerhalb des Hauptteils statt. Vielmehr kommt die Zone der Laserfilamentierung mit dem Hauptteil nur mit dessen Rand in Kontakt. Nach dem Ablösen des Teilstücks weist der
30 Hauptteil lediglich am Rand die durch die Filamentierung eingebrachten Schädigungen auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bleiben beim Ablösen des Teilstücks entlang der Trennlinie an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen sowohl das Teilstück als auch der Hauptteil jeweils als
5 Ganzes erhalten.

Vorzugsweise findet die Laserfilamentierung lediglich im Bereich der vorgesehenen Trennlinie statt. Weder das Teilstück noch der Hauptteil wird über die Schädigungen
10 durch das Einbringen der Filamente entlang der vorgesehenen Trennlinie hinaus beschädigt. Vorzugsweise weisen somit nach dem Ablösen sowohl der Hauptteil als auch das Teilstück lediglich die durch Filamentierung eingebrachten Schädigungen an ihren Schnittkanten auf. Es wird somit
15 insbesondere auf weitere Hilfsfilamentierung im Inneren des Teilstücks verzichtet, die darauf gerichtet ist, das Teilstück zu zerstören. Dadurch wird in vorteilhafter Weise der Verfahrensaufwand gegenüber einem Verfahren mit solchen Hilfsperforationen reduziert und die Gefahr schädlicher
20 Rissfortpflanzung in den Hauptteil minimiert.

Vorteilhaft an der Vermeidung zusätzlicher Hilfsperforationen ist ferner, dass Zugspannungen zur Auftrennung der gewünschten Sollbruchlinie ihre volle
25 Wirkung an der gewünschten Trennlinie entfalten und sich nicht auf zusätzliche Hilfsperforationen aufteilen.

Der bevorzugt vorgesehene jeweils einstückige Erhalt des Hauptteils und des Teilstücks ist auch deswegen von
30 Vorteil, weil beide Teile weiterverwendet werden können. Je nachdem, für welchen Zweck das Trennverfahren eingesetzt wird, kann der Hauptteil, das Teilstück oder beide Teile

von Interesse sein. Ist man an dem Hauptteil interessiert, ist der Erhalt des Teilstücks vorteilhaft, weil weniger Reste und Splitter anfallen und das Teilstück wiederum als Ausgangsmaterial verwendet werden kann, ohne dass es
5 eingeschmolzen zu werden braucht. Sind beide Teile von Interesse, kann ein Vorteil in der präzisen komplementären Form der beiden Teile bestehen.

Die erfindungsgemäße Erzeugung filamentförmiger
10 Schädigungen basiert auf dem Einsatz eines Lasers, welcher vorzugsweise ultrakurze Laserpulse abgibt (UKP-Laser). Die Laserpulse erzeugen filamentförmige Schädigungen präzise entlang der vorgegebenen Trennlinie quer durch das flächige Glas- oder Glaskeramikelement durch lokale Zerstörung des
15 Werkstoffs in der Wechselwirkungszone mit dem Laserlicht. Die filamentförmigen Schädigungen sind typischerweise ausgebildet als definierte linienhafte Schädigungen, deren Länge durch Wahl geeigneter Pulsenergien und Pulsdauern beeinflusst werden kann. Durch Erzeugung einer Mehrzahl
20 dicht beieinander liegender Filamente wird eine Perforation des Werkstoffs erzielt.

Durch eine solche Mikroperforation wird dabei an den Schnittkanten des Teilstücks und des Hauptteils eine sehr
25 hohe Kantenqualität erreicht. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt somit ein Präzisionstrennverfahren dar, welches eine hohe Kantenqualität gewährleistet und somit insbesondere zu einer hohen Biegefestigkeit des Hauptteils und des Teilstücks führt. Ursächlich dafür ist, dass die
30 Biegefestigkeit eines Glas- oder Glaskeramikwerkstoffs stark von der Beschaffenheit der Schnittkanten abhängt.

Eine möglichst saubere Kante mit möglichst wenigen und möglichst kleinen, vorzugsweise keinen Aussplitterungen, Einkerbungen und sonstigen Unebenheiten trägt erheblich zur Verminderung der Bruchgefahr bei.

5

Die Qualität der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Trennkanten und Trennflächen sowohl am Teilstück als auch am Hauptteil, ist insbesondere charakterisiert durch ein Chipping von kleiner als 10 Mikrometer, besonders bevorzugt von kleiner als 5 Mikrometer und einer Rauheit mit einem Rz-Wert von kleiner als 30 Mikrometer, vorzugsweise kleiner als 20 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner als 10 Mikrometer.

15 Die erzielten Kantenqualitäten sind somit hoch genug, dass auf ein nachfolgendes Schleifen der Kanten oft verzichtet werden kann. Dies ist insbesondere ein Vorteil gegenüber dem Sublimationsschneiden mittels eines Lasers, bei welchem infolge des Materialabtrags beim Schneiden ein Spalt
20 entsteht, wodurch zwar ein direktes Herausnehmen von Innenausschnitten ermöglicht wird, jedoch unsaubere Kanten hinterlassen werden, die nachträglich geschliffen werden müssen. Das Sublimationsschneiden weist zudem längere Prozesszeiten auf.

25

Die durch die Laserpulse im erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten filamentförmigen Schädigungen sind typischerweise als Submikron-Hohlkanäle ausgebildet, d.h. als Hohlkanäle mit Durchmessern von weniger als 5 Mikrometer, bevorzugt
30 weniger als 2, besonders bevorzugt weniger 1 Mikrometer. Bevorzugt werden Filamente mit einer Länge von mindestens 200 Mikrometern, besonders bevorzugt mindestens 500

Mikrometern erzeugt, um das Abtrennen des Teilstücks zu erleichtern.

Besonders vorteilhaft für die Erzeugung langer
5 filamentförmiger Schädigungen ist ein Betrieb des
Ultrakurzpuls-Lasers im sogenannten Burst-Mode. Bei diesem
Betriebsmodus wird der Laserpuls nicht als Einzelpuls
abgegeben, sondern als Folge kurz hintereinander
abgegebener Pulse, die gemeinsam ein Pulspaket, einen
10 sogenannten Burst, bilden. Demgemäß ist in Weiterbildung
der Erfindung ein Betrieb des Ultrakurzpuls-Lasers in Form
einer zeitlich nacheinander folgenden Abgabe von
Laserpulsen in Form von Bursts, beziehungsweise Pulspaketen
vorgesehen, wobei vorzugsweise jeder dieser Bursts jeweils
15 eine der filamentförmigen Schädigungen erzeugt.

Ein solches Pulspaket weist im Allgemeinen eine etwas
größere Energie auf, als ein Einzelpuls im üblichen Single-
Shot-Betrieb. Die Pulse eines Bursts selbst beinhalten aber
20 deutlich weniger Energie als ein Einzelpuls. Hinsichtlich
der Pulse innerhalb eines Bursts kann vorgesehen sein, dass
die Pulsenergien flexibel einstellbar sind, insbesondere
dass die Pulsenergien entweder im Wesentlichen konstant
bleiben oder dass die Pulsenergien zunehmen oder dass die
25 Pulsenergien abnehmen.

Eine geeignete Laserquelle gemäß der vorliegenden Erfindung
ist ein Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser mit
einer Wellenlänge von 1064 Nanometern. Die Laserquelle
30 arbeitet insbesondere mit einer Repetitionsrate, welche
zwischen 1 kHz und 1000 kHz, vorzugsweise zwischen 20 kHz
und 120 kHz, besonders bevorzugt zwischen 30 kHz und 110

kHz und ganz besonders bevorzugt zwischen 35 kHz und 105 kHz liegt. Die Scangeschwindigkeit kann vorzugsweise so gewählt werden, dass abhängig von der Repetitionsrate der Abstand benachbarter filamentförmiger Schädigungen

5 mindestens 1 Mikrometer, vorzugsweise mindestens 3 Mikrometer, besonders bevorzugt mindestens 4 Mikrometer beträgt und höchstens 20 Mikrometer, vorzugsweise höchstens 10 Mikrometer, besonders bevorzugt höchstens 7 Mikrometer beträgt.

10

Dabei liegt die geeignete Pulsdauer eines Laserpulses in einem Bereich von weniger als 100 Pikosekunden, bevorzugt bei weniger als 10 Pikosekunden. Die Pulsdauer kann auch bei weniger als 1 Pikosekunde liegen. Die typische Leistung der Laserquelle liegt dabei besonders günstig in einem Bereich von 20 bis 300 Watt. Um die filamentförmigen Schädigungen zu erzielen, wird gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung eine Pulsenergie im Burst von mehr als 200 Mikrojoule eingesetzt, ferner vorteilhaft eine

15

20 gesamte Burstenergie von mehr als 500 Mikrojoule.

25

Im Falle eines Betriebs des Ultrakurzpuls-Lasers im Burst-Modus ist die Repetitionsrate die Wiederholrate der Abgabe von Bursts. Die Pulsdauer ist im Wesentlichen unabhängig davon, ob ein Laser im Einzelpulsbetrieb oder im Burst-Mode betrieben wird. Die Pulse innerhalb eines Bursts weisen typischerweise eine ähnliche Pulslänge auf, wie ein Puls im Einzelpulsbetrieb.

30

In einer Ausführungsform der Erfindung wird Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich feinverteilt

über einen neben der Trennlinie verlaufenden Randbereich des Teilstücks befindet, einem Phasenübergang unterzogen.

Ein Ablösen des Teilstücks kann oft erfolgreich durch
5 keramisieren, oder, allgemein, teilphasenumwandeln, einer an die Trennlinie angrenzenden Randzone (eines Randstreifens) im Bereich des Teilstücks erfolgen. Dadurch kann eine Kontraktion des Teilstücks im Randbereich erzielt werden, die zum Ablösen des Teilstücks von dem Hauptteil
10 führt.

Insbesondere bei ausreichend großen Teilstücken kann es ausreichen, lediglich die Randzone zu behandeln. Vorzugsweise ist demnach vorgesehen, dass Material des
15 Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich lediglich feinverteilt über den Randbereich befindet, phasenumgewandelt wird. Gegenüber einer vollständigen Keramisierung kann somit Zeit und Energie gespart werden, d.h. der Prozess optimiert werden.

20 Beispielsweise kann der neben der Trennlinie verlaufende Randbereich vorzugsweise eine Breite von höchstens 50 Millimetern, besonders bevorzugt von höchstens 30 Millimetern, noch bevorzugter von höchstens 15 Millimetern
25 aufweisen.

Vor allem bei innenliegenden Teilstücken (Innengeometrien) ist allerdings zu beachten, dass die durch Kontraktion des Teilstücks entstehende Spaltbreite zwischen Teilstück und
30 Hauptteil die Möglichkeit zur problemlosen Entnahme des Teilstücks gewährleistet. Der Randbereich (Randstreifen) hat demnach auch vorzugsweise eine gewisse Mindestbreite.

Beispielsweise kann der neben der Trennlinie verlaufende Randbereich vorzugsweise eine Breite von mindestens 5 Millimetern, besonders bevorzugt von mindestens 7,5 Millimetern, noch bevorzugter von mindestens 10 Millimetern aufweisen.

Die vorstehenden Überlegungen können, insbesondere für Innenausschnitte, wie folgt verallgemeinert werden. Dazu bezeichne γ einen Kontraktionsfaktor, welcher die prozentuale Kontraktion des Glas- oder Glaskeramikmaterials durch Keramisierung beschreibt. Der Kontraktionsfaktor γ beträgt vorzugsweise 1 Prozent, besonders bevorzugt 2 Prozent und noch bevorzugter 3 Prozent. Ferner bezeichne R die mittlere Rauheit der Kantenfläche, an der sich das Teilstück von dem Hauptteil entlang der filamentierten Trennlinie abtrennt. Die Breite eines neben der Trennlinie verlaufenden Randbereichs, welcher keramisiert wird, beträgt dann zweckmäßig mindestens $R\theta/2\gamma$ und ferner zweckmäßig höchstens $R\theta/\gamma$, wobei θ einen Wert von 1 annimmt, insbesondere wenn die Kantenfläche senkrecht zur Oberfläche des Glas- oder Glaskeramikelements ist. Andernfalls kann θ vorzugsweise auch einen Wert im Intervall $[\pi/3, \infty[$ annehmen, welcher mit dem Winkel der Kantenfläche zur Oberfläche des Glas- oder Glaskeramikelements zusammenhängt.

Ferner sei angemerkt, dass im Falle, dass der vorstehend genannte Minimalwert $R\theta/2\gamma$ für die Breite eines zu keramisierenden Randbereichs die Hälfte der größten Abmessung des Teilstücks übersteigt, zweckmäßig das gesamte Teilstück keramisiert wird.

In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich feinverteilt über das gesamte Teilstück befindet, einem
5 Phasenübergang unterzogen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, das gesamte Teilstück zu keramisieren. Durch die Keramisierung, oder allgemein Phasenumwandlung von Material, kann ein Zusammenziehen des
10 gesamten Teilstücks hervorgerufen werden. Dadurch kann ein größerer Schrumpf entstehen, als bei lediglich randseitiger Keramisierung.

Die Behandlung des gesamten Teilstücks ist insbesondere
15 vorteilhaft, wenn das Teilstück verhältnismäßig klein ist und es nicht mehr ausreicht, lediglich Material in einer Randzone phasenumzuwandeln. Aber auch bei großen Teilstücken kann vorgesehen sein, das gesamte Teilstück zu keramisieren, beispielsweise, weil das Teilstück als
20 Glaskeramikelement von Interesse ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird, nachdem sich das Teilstück entlang der Trennlinie an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen von dem
25 Hauptteil abgelöst hat, Material des Glas- oder Glaskeramikelements, welches sich im Bereich des Hauptteils befindet, einem Phasenübergang in eine Kristallphase unterzogen.

30 Insbesondere ist in dieser Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, im Bereich des Hauptteils eine Keramisierung des Glas- oder Glaskeramikelements einzuleiten bzw.

fortzusetzen. Das heißt es wird über den Hauptteil feinverteilter amorphes Material kristallisiert. Mit anderen Worten wird der Hauptteil zumindest teilweise keramisiert. Insbesondere wird Material, welches
5 gleichmäßig über den gesamten Hauptteil verteilt ist, kristallisiert, d.h. es wird der gesamte Hauptteil keramisiert. Eine Keramisierung des Hauptteils kann insbesondere erwünscht sein, wenn vor allem der Hauptteil als Endprodukt, z.B. als Kochfläche, von Interesse ist und
10 als Glaskeramik mit bestimmten Eigenschaften, insbesondere mit geringem Wärmeausdehnungskoeffizienten ausgebildet sein soll. Auch wenn das flächige Ausgangselement, von welchem erfindungsgemäß ein Teilstück abgelöst wurde, bereits eine Glaskeramik ist, kann eine Fortsetzung der Keramisierung im
15 Bereich des Hauptteils erwünscht sein, um ein bestimmtes erwünschtes Mengenverhältnis von Glasphase zu Kristallphase zu erreichen.

Die Keramisierung des Hauptteils kann auf dieselbe Weise
20 wie bei dem Teilstück erfolgen, z.B. durch Beaufschlagen mit elektromagnetischer Strahlung (insbesondere Laserstrahlung), um das Material auf eine Phasenübergangstemperatur zu erwärmen. Wenn im Bereich des Teilstücks zuvor eine Keramisierung durchgeführt wurde,
25 kann insbesondere erwünscht sein, den Hauptteil in derselben Weise zu keramisieren, insbesondere dieselben Prozessparameter zu verwenden. Es können demnach beide Teile, der Hauptteil und das Teilstück gleichartig keramisiert sein. Dadurch können das abgelöste Teilstück
30 und der Hauptteil die gleichen Eigenschaften erlangen. Dies kann dann erwünscht sein, wenn beide Teile als Endprodukt von Interesse sind.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird das Glas- oder Glaskeramikelement, insbesondere im Bereich des Hauptteils und/oder des Teilstücks, auf einer Oberflächentemperatur
5 oberhalb der Raumtemperatur und unterhalb der Phasenübergangstemperatur gehalten.

Vorzugsweise wird eine Oberflächentemperatur von mindestens 100 Grad Celsius, besonders bevorzugt von mindestens 200
10 Grad Celsius, noch bevorzugter von mindestens 300 Grad Celsius und höchst bevorzugt von mindestens 400 Grad Celsius eingestellt, wobei die Oberflächentemperatur vorzugsweise höchstens 800 Grad Celsius, besonders bevorzugt höchstens 700 Grad Celsius und noch bevorzugter
15 höchstens 600 Grad Celsius beträgt. Insbesondere kann die Oberflächentemperatur durch Erwärmen des Glas- oder Glaskeramikelements in einem Ofen erzielt werden und das Glas- oder Glaskeramikelement während die Oberflächentemperatur gehalten wird z.B. lokal keramisiert
20 werden. Es ist dabei zweckmäßig vorgesehen, zumindest diejenigen Bereiche des Glas- oder Glaskeramikelements auf erhöhter Oberflächentemperatur zu halten, in denen Material phasenumgewandelt wird.

25 Das Glas- oder Glaskeramikelement kann auf eine entsprechende Oberflächentemperatur erwärmt werden, bevor Material des Glas- oder Glaskeramikelements einem Phasenübergang unterzogen wird. Dann kann das Glas- oder Glaskeramikelement auf der Oberflächentemperatur gehalten
30 werden, während Material des Glas- oder Glaskeramikelements einem Phasenübergang unterzogen wird. Das Halten auf einer Oberflächentemperatur hat eine Durchwärmung des Materials

und damit eine erhöhte Temperatur im gesamten Volumen zur Folge, wobei allerdings typischerweise die laserbestrahlten Volumenanteile des Materials eine nochmals erhöhte Temperatur erfahren.

5

Indem das Glas- oder Glaskeramikelement zumindest bereichsweise auf einer erhöhten Temperatur gehalten wird, kann in vorteilhafter Weise eine mitunter mögliche Beschädigungsgefahr des Hauptteils vermindert werden.

10

Insbesondere wenn die folgenden Voraussetzungen vorliegen, kann der Hauptteil durch ein Warmhalten des Glas- oder Glaskeramikelements geschützt werden: (1) Das phasenumzuwandelnde Material im Bereich des Teilstücks wird erwärmt, um den Phasenübergang herbeizuführen. (2) Diese

15

Erwärmung führt zu einer thermischen Ausdehnung des Teilstücks. (3) Die Trennlinie teilt das Glas- oder Glaskeramikelement so ein, dass das Teilstück zumindest teilweise innenliegend ist und infolge seiner thermischen Ausdehnung Druckspannungen auf den Hauptteil ausübt.

20

Derartige Druckspannungen können in vorteilhafter Weise vermindert werden, wenn das Glas- oder Glaskeramikelement auf einer erhöhten Temperatur gehalten wird, so dass dieses sich insgesamt thermisch ausdehnt.

25

Indem das Glas- oder Glaskeramikelement zumindest bereichsweise auf einer erhöhten Temperatur gehalten wird, können außerdem in vorteilhafter Weise Zugspannungen, welche zunächst lokal dort entstehen, wo Material sich z.B. infolge eines Phasenübergangs zusammenzieht, sich besser

30

über größere Bereiche des Glas- oder Glaskeramikelements verteilen. Dadurch kann insbesondere eine gleichmäßigere makroskopische Kontraktion des Teilstücks infolge eines

Zusammenziehens von Material in mikroskopischen Volumenelementen des Teilstücks begünstigt werden. Zudem kann verhindert werden, dass stark lokalisierte hohe Zugspannungen zu unerwünschter Rissbildung abseits der filamentierten Trennlinie und somit zu Ausschuss führen.

Bei der für die Erfindung eingesetzten Mikroperforation wird - von winzigen Mengen abgesehen - kein Material aus der Trennfuge abgetragen. Beide zu trennenden Teile sind nach dem Einfügen der filamentartigen Schädigungen im Wesentlichen noch miteinander verbunden. Nachdem das Mikroperforieren durchgeführt wurde, befindet sich demnach entlang der vorgesehenen Trennlinie eine Sollbruchlinie in dem Material, entlang derer das Material sich auftrennen kann, sobald geeignete Spannungen im Material hervorgerufen werden.

Geeignet sind insbesondere Zugspannungen, die durch ein Zusammenziehen des Teilstücks an der Sollbruchlinie hervorgerufen werden können. Wie oben beschrieben, kann dies bereits im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens infolge eines Zusammenziehens von Material im Bereich des Teilstücks, insbesondere durch Phasenübergang, erfolgen.

Es kann aber auch ein zusätzlicher Cleaving-Schritt, vorzugsweise nach dem Mikroperforieren und vor dem Ablösen des Teilstücks, durchgeführt werden. Bei einem Cleaving-Schritt wird, nachdem die nebeneinander entlang der Trennlinie angeordneten filamentförmigen Schädigungen erzeugt wurden, ein Auftreffpunkt einer Laserstrahlung, vorzugsweise eines Kohlendioxidlasers, auf dem Glas- oder Glaskeramikelement über dessen Oberfläche entlang der

Trennlinie bewegt, so dass entlang der Trennlinie lokale Zugspannungen im Material des Glas- oder Glaskeramikelements hervorgerufen werden, um eine Rissbildung zwischen benachbarten filamentförmigen
5 Schädigungen zu bewirken.

Dadurch kann die Perforation zu einer zumindest abschnittsweisen Trennfuge vervollständigt werden, d.h. es kann eine zumindest teilweise Abtrennung oder Abspaltung
10 des Teilstücks von dem Hauptteil erreicht werden. Kommt es durch den Cleaving-Schritt zu einer vollständigen Trennfuge, bewirkt das nachfolgende erfindungsgemäße Zusammenziehen nur noch ein Ablösen des Teilstücks von dem Hauptteil. Ein solches Schrumpfen ermöglicht dann
15 insbesondere ein leichtes Entnehmen innenliegender oder mit dem Hauptteil verkanteter Teilstücke.

Ein Cleaving-Schritt dient somit der Vortrennung. Das Glaselement wird dabei entlang der Trennlinie vorzugsweise
20 mit einem CO₂-Laser bestrahlt, um thermomechanische Spannungen in dem Glaselement an der Trennlinie zu erzeugen. Dadurch kann eine die filamentförmigen Schädigungen verbindende Rissbildung entlang der Trennlinie erzeugt werden, allerdings in der Regel ohne dass sich das
25 Teilstück von dem Hauptteil ablöst.

Sowohl die Filamentstrukturen an sich, als durch einen Cleaving-Schritt hervorgerufene zusätzliche Risse im Material stellen Vorschädigungen im Material dar, die
30 entlang der Trennlinie verlaufen.

Der Verfahrensschritt des Cleavens kann auch durch eine nach dem Erwärmen durchgeführte lokale Abkühlung unterstützt werden, um die erzeugten Zugspannungen im Material zu erhöhen.

5

Geeignete Zugspannungen, um ein Auftrennen entlang der Sollbruchlinie zu bewirken, können in einer anderen Ausführungsform auch durch Temperaturdifferenzen zwischen dem Hauptteil und dem Teilstück hervorgerufen werden.

10

Zwischen der durchschnittlichen Temperatur des Hauptteils und der durchschnittlichen Temperatur des Teilstücks wird dabei vorzugsweise eine Temperaturdifferenz hervorgerufen, welche von dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des Glas- oder Glaskeramikelements und den Maßen des Teilstücks abhängt

15

und gemäß einem Beispiel mindestens 150 Grad Celsius, gemäß einem anderen Beispiel mindestens 200 Grad Celsius und gemäß noch einem Beispiel mindestens 300 Grad Celsius beträgt. Zweckmäßig ist dabei die Durchschnittstemperatur im Hauptteil höher, als die Durchschnittstemperatur im

20

Teilstück. In Frage kommen insbesondere folgende drei Möglichkeiten.

25

Eine erste Möglichkeit ist es, durch Erwärmen des Elements ausschließlich im Bereich des Hauptteils den Hauptteil zur Ausdehnung zu bringen während das Element im Bereich des

Teilstücks nicht aufgewärmt wird. Dadurch dehnt sich das Element im Bereich des Hauptteils stärker aus, als im Bereich des Teilstücks. Es kann dadurch eine Zugspannung im Glaselement entstehen, durch die sich das Teilstück entlang der Trennlinie von dem Hauptteil abtrennt. Sollen

30

innenliegende Teilstücke von dem Element abgetrennt werden, kann also das Substrat aufgeheizt werden, wobei dabei die

Innengeometrien ausgespart werden, z.B. indem das Substrat mit einer Seitenfläche mit einer Heizplatte in Kontakt steht, die bei den Innengeometrien ausgespart ist. Die Heizplatte kann demnach über ein an die Form des Hauptteils
5 angepasstes Heizfeld verfügen.

Eine zweite Möglichkeit ist es, durch Erwärmen des Elements im Bereich des Hauptteils den Hauptteil zur Ausdehnung zu bringen und das Element durch Abkühlen im Bereich des
10 Teilstücks zum Zusammenziehen zu bringen. Auf diese Weise kann die Zugspannung im Material noch erhöht werden. So kann z.B. das Element im Bereich des Teilstücks mit Luft oder anderen Fluiden gekühlt werden, so dass dieses zusätzlich im Bereich der Innengeometrie gekühlt wird.

15 Eine dritte Möglichkeit ist es, durch Abkühlen des Elements ausschließlich im Bereich des Teilstücks das Teilstück zum Zusammenziehen zu bringen, während das Element im Bereich des Hauptteils nicht abgekühlt wird.

20 Die genannten drei Möglichkeiten rufen einen Temperaturgradienten im Glas- oder Glaskeramikelement hervor, der insbesondere über die durch die Trennlinie beschriebene Sollbruchstelle verläuft. Entsprechende
25 Zugspannungen können bewirken, dass sich das Teilstück entlang der Trennlinie an den nebeneinander liegenden filamentförmigen Schädigungen von dem Hauptteil abtrennt.

30 Wenn das Glaselement im Bereich des Hauptteils aufgewärmt wird, kann dieser Schritt in einen sich gegebenenfalls anschließenden Vorspannprozess oder Keramisierungsprozess des Hauptteils integriert werden.

Es kann vorgesehen sein, nachdem sich das Teilstück entlang der Trennlinie an den nebeneinander liegenden filamentförmigen Schädigungen von dem Hauptteil abgelöst hat, den Hauptteil unter Ausnutzung der erfolgten Erwärmung thermisch vorzuspannen. Dadurch kann der Hauptteil auf energieeffiziente Weise thermisch vorgespannt werden, d.h. es können Energiekosten gespart werden.

Die thermische Vorspannung, beziehungsweise die thermische Härtung, basiert darauf, dass das zu härtende Glaselement abgeschreckt wird. Dabei kühlt zunächst die Oberfläche des Elements ab, während sich im Inneren noch eine wärmere oder weichere Phase befindet. Die Temperaturdifferenz zur Umgebung ist dann innen größer als außen. Das Innere des Glaselements würde sich im Folgenden mehr zusammenziehen, was allerdings durch die bereits feste Oberfläche verhindert wird. Dadurch kommt es im Inneren zu einer Zugspannung, während sich an der Oberfläche eine Druckspannung ausbildet.

Ein Vorteil des thermischen Vorspannens ist es, dass es sich um eine vergleichsweise preisgünstige Methode zur Erhöhung der Festigkeit handelt. Auf diese Weise wird also ein effizientes Verfahren zum Ablösen und anschließenden Vorspannen bereitgestellt. So wird der wirtschaftliche Nutzen erhöht. Andererseits können thermisch vorgespannte Glaselemente in der Regel nicht mehr gut geschnitten und getrennt werden. Das Mikroperforieren, Schneiden und Ablösen ist jedoch in dieser Ausführungsform der Erfindung nach dem Vorspannen nicht mehr unbedingt notwendig, da alle

erforderlichen Ablöseschritte bereits zuvor im noch ungespannten Glaselement durchgeführt werden können.

Ein sich einem Ablösen unmittelbar anschließendes
5 Vorspannen erwärmter Teile wird insbesondere durch das eingesetzte Präzisionstrennverfahren mittels Filamentieren ermöglicht, wodurch eine hohe Kantenqualität entsteht. Dadurch ist es insbesondere nicht zwingend, die durch das Abtrennen des Teilstücks von dem Hauptteil erzeugte Kante
10 zu schleifen oder anderweitig zu bearbeiten.

Ferner ist es auch möglich, eine erfolgte Erwärmung des Hauptteils auszunutzen, um eine sich dem Ablösen eines Teilstücks anschließende Keramisierung des Hauptteils zu
15 unterstützen. Wie oben beschrieben kann eine erhöhte Substrattemperatur bei der Keramisierung zur räumlichen Verteilung lokal entstehender Zugspannungen und somit zur Verhinderung unerwünschter Rissbildung beitragen. Diese Vorteile können somit zugleich auf energieeffiziente Weise
20 erzielt werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist das Glas- oder Glaskeramikelement eine Dicke von mindestens 0.5 Millimetern, vorzugsweise von mindestens 2 Millimetern,
25 besonders bevorzugt von mindestens 3 Millimetern, noch bevorzugter von mindestens 4 Millimetern auf. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere für flächige Elemente mit den vorgenannten Dicken, aber auch Dicken von über 6 oder sogar über 8 Millimetern können
30 bewältigt werden.

Demgegenüber ist das Trennen von Glas- oder Glaskeramik entlang allgemein gebogener, abschnittsweise gewinkelter oder sogar in sich geschlossener Sollbruchlinien mittels herkömmlicher Trennverfahren, beispielsweise dem Ausüben
5 eines Biegemoments, mit steigender Dicke des Glases immer schwieriger. Das liegt darin begründet, dass bei herkömmlichen Trennverfahren mit zunehmender Substratdicke das Risiko der Verkantung zwischen den noch in Kontakt stehenden Teilen immer größer wird. Daher kann eine sichere
10 Trennung auf herkömmliche Weise bei dickeren Elementen schwierig oder sogar unmöglich werden. Auch das in der EP 2 781 296 A1 beschriebene Verfahren kommt, wie oben beschrieben, bei dicken Substraten an seine Grenzen.

15 Das Glas- oder Glaskeramikelement weist weiterhin vorzugsweise eine Dicke von höchstens 20 Millimeter, noch bevorzugter von höchstens 15 Millimeter und besonders bevorzugt von höchstens 10 Millimetern auf. Glas- oder Glaskeramikelemente mit diesen Maximaldicken eignen sich
20 noch gut zum Zerteilen und sicheren Trennen der Teile durch das erfindungsgemäße Verfahren.

Bei dickeren Glaselementen ist es oft nicht mehr möglich oder zumindest ungünstig, die Mikroperforation über die
25 gesamte Dicke in einem Bearbeitungsschritt, beziehungsweise mit einmaligem Entlangbewegen des Auftreffpunkts des Laserstrahls entlang der Trennlinie durchzuführen. Um eine einfache und sichere Abtrennung des Teilstücks zu ermöglichen, ist es vielmehr günstig, zwei oder mehr
30 Überfahrten in unterschiedlichen Fokustiefen durchzuführen.

Mit der Erfindung ist ein Ablösen in vorteilhafter Weise insbesondere auch dann möglich, wenn das flächige Glas- oder Glaskeramikelement durch die Trennlinie so eingeteilt wird, dass das Teilstück in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements eine zweidimensionale Form annimmt, deren größte Abmessung kleiner als 100 Millimeter ist. Ein Ablösen ist insbesondere auch möglich, wenn die größte Abmessung kleiner als 80 Millimeter ist. Auch insbesondere noch möglich ist ein Ablösen, wenn die größte Abmessung kleiner als 60 Millimeter ist. In besonders vorteilhafter Weise ist ein Ablösen sogar dann noch möglich, wenn die größte Abmessung kleiner als 60 und größer als 15 Millimeter ist. Ferner kann in ganz besonders vorteilhafter Weise auch dann noch ein Ablösen erreicht werden, wenn die größte Abmessung kleiner als 15 Millimeter und größer als 10 Millimeter ist.

Die Erfindung ermöglicht somit insbesondere ein Auslösen von (sehr) kleinen Innenausschnitten und das auch aus Glas- oder Glaskeramikelementen mit großen Dicken und/oder niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Demgegenüber können bei niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten Auslöseverfahren, die lediglich mit Temperaturdifferenzen zwischen Hauptteil und Teilstück arbeiten, bei kleinen Innenausschnitten Schwierigkeiten bekommen, weil die erforderlichen Temperaturdifferenzen so hoch sind, dass sie nicht mehr oder nur noch schwierig realisiert werden können.

Es kann jedoch vorteilhaft sein, wenn das abzutrennende Teilstück in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements eine zweidimensionale Form annimmt,

deren kleinste Abmessung größer als 5 Millimeter, vorzugsweise größer als 10 Millimetern, besonders bevorzugt größer als 20 Millimeter ist. Unter der kleinsten Abmessung ist dabei das kleinste kennzeichnende Längenmaß in der Ebene zu verstehen.

In einer Weiterbildung der Erfindung wird das flächige Glas- oder Glaskeramikelement durch die Trennlinie so eingeteilt, dass der Hauptteil in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements eine zweidimensionale Form annimmt, die nicht sternförmig im mathematisch-topologischen Sinne ist.

Ein Ablösen von Teilstücken entlang allgemein gebogener oder abschnittsweise gewinkelter Sollbruchlinien wird bei herkömmlichen Trennverfahren umso schwieriger, je stärker die Trennlinie in sich gebogen oder entsprechend gewinkelt ist. Besonders schwierig wird das Ablösen eines Teilstücks, wenn das Teilstück teilweise oder fast innenliegend ist, die Trennlinie also fast geschlossen ist.

Ein nützliches Kriterium hierfür ist, dass das zweidimensionale Gebiet, das dem Hauptteil des Glas- oder Glaskeramikelements entspricht, mathematisch gesprochen kein Sterngebiet mehr ist. Das bedeutet, dass es innerhalb dieses zweidimensionalen Gebietes keinen Punkt gibt, von dem aus jeder beliebige andere Punkt des Gebietes mit einer geraden Verbindungsstrecke, die vollständig in dem Gebiet liegt, erreicht werden kann.

30

Viele Trennverfahren laufen in besondere Schwierigkeiten, wenn der Hauptteil des Glas- oder Glaskeramikelements nicht

sternförmig ist. Die Ursache ist, dass ein herkömmliches Aufbringen von Biegemomenten in der Regel nicht mehr zu einem erfolgreichen Abrennen oder Ablösen führt. Auch wird bei der eingesetzten Mikroperforation typischerweise kaum
5 oder kein Material durch die Laserpulse entfernt, so dass eine Entnahme des Teilstücks von einem nicht-sternförmigen Hauptteil unmittelbar nach dem Filamentieren in der Regel nicht möglich ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht eine solche Entnahme und gewährleistet
10 gleichzeitig eine sehr hohe Kantenqualität.

Die zuvor beschriebene Schwierigkeit, Teilstücke entlang fast geschlossener Trennlinien abzulösen, trifft natürlich erst recht auf Situationen vollständig geschlossener
15 Trennlinien zu. Dies entspricht dem Herauslösen von innenliegenden Teilstücken, d.h. dem Herstellen von Löchern oder Ausschnitten in einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement, wobei der herausgelöste Teil erhalten bleibt.

20 In einer Weiterbildung der Erfindung wird das flächige Glas- oder Glaskeramikelement demnach durch die Trennlinie so eingeteilt, dass der Hauptteil das Teilstück in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements
25 vollständig umschließt.

Während demnach der Hauptteil ohne Weiteres eine Form annehmen kann, die nicht sternförmig ist, ist es von Vorteil, wenn das abzulösende Teilstück eine Form annimmt,
30 die sternförmig ist. Insbesondere, wenn sich das Teilstück infolge von Phasenumwandlung formerhaltend kontrahiert, z.B. bei vollständiger und gleichmäßiger Keramisierung des

Teilstücks, kann dadurch eine verhakungsfreie Kontraktion erfolgen.

5 Einige beispielhafte sternförmige zweidimensionale Formen, die das Teilstück in der Ebene des Glas- oder Glaskeramikelements annehmen kann, sind die eines regelmäßiges Vielecks, eines regelmäßiges Vielecks mit abgerundeten Ecken, eines Ovals oder eines Kreises.

10 Es kann vorgesehen sein, mehrere Überfahrten mit dem Laser entlang der vorgesehenen Trennlinie durchzuführen, wobei jeweils unterschiedlichen Fokustiefen verwendet werden, um Filamente in unterschiedlichen Tiefen des Materials zu erzeugen. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn die Länge
15 der durch die Laserbearbeitung gebildeten Filamente nicht ausreicht, um das Glas in seiner gesamten Dicke zu durchqueren.

Es kann allerdings in der Praxis bei einer weiteren
20 Überfahrt entlang derselben Trennlinie ein unerwünschter minimaler Versatz in der Ebene des flächigen Elements der filamentförmigen Schädigungen gegenüber denjenigen aus dem vorherigen Durchgang entstehen. Ein solcher zufälliger Versatz entspricht einer Stufe in der Trennfläche, die ein
25 Auslösen erschweren kann.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist demnach vorgesehen, nebeneinander entlang einer von der Trennlinie um mindestens 5 und höchstens 50, vorzugsweise höchstens
30 40, besonders bevorzugt höchstens 30 Mikrometer beabstandeten Versatzlinie filamentförmige Schädigungen im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelement zu erzeugen,

deren Projektion auf die Längsrichtung der entlang der Trennlinie angeordneten filamentförmigen Schädigungen eine Überlappung mit den entlang der Trennlinie angeordneten filamentförmigen Schädigungen von weniger als 200,
5 vorzugsweise weniger als 100, besonders bevorzugt weniger als 50 Mikrometer aufweisen.

Auf diese Weise wird ein definierter Versatz herbeigeführt, welcher derart ausgebildet ist, dass er ein Ablösen von
10 insbesondere zumindest teilweise innenliegenden Teilstücken unterstützt.

Ferner können in analoger Weise entlang einer zweiten Versatzlinie, welche von der ersten Versatzlinie
15 beabstandet ist, filamentförmige Schädigungen im Volumen des Glaselements erzeugt werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung werden die Laserpulse schräg auf die Oberfläche des Glas- oder
20 Glaskeramikelements gerichtet, so dass die Lichtausbreitungsrichtung der Laserpulse und damit auch die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen schräg zur Oberfläche verlaufen und außerdem die Trennlinie schräg, vorzugsweise senkrecht zur Lichteinfallsebene verläuft. Die
25 Lichteinfallsebene wird durch die Ausbreitungsrichtung des Laserstrahls und die Oberflächennormale aufgespannt.

Mit anderen Worten werden also die Schädigungskanäle so eingefügt, dass deren Längsrichtung von der
30 Normalenrichtung der Oberfläche des Glas- oder Glaskeramikelements abweicht. Es ergibt sich mithin eine

schräge Schnitt- oder Trennfläche zwischen den zu trennenden Teilen.

Das Erzeugen schräg verlaufender filamentförmiger
5 Schädigungen, oder anders ausgedrückt, das winklige
Anstellen der Perforierung in das Material kann das
Herauslösen eines Teilstücks erleichtern, weil dadurch
anstelle einer Passung ein gewisser Öffnungswinkel
existiert, durch den das Verkantungsrisiko weiter
10 verringert wird.

Werden Glas- oder Glaskeramikelemente mit mehreren Laser-
Überfahrten bei unterschiedlichen Fokustiefen bearbeitet,
kann es insbesondere bei größeren Fokustiefen, das heißt je
15 weiter die Schädigungskanäle von der Eintrittsseite im Glas
entfernt sind, dazu kommen, dass die Längen der
filamentförmigen Schädigungen kürzer werden. Ursächlich
dafür ist, dass Teile der Laserstrahlung durch das
Verwenden eines Anstellwinkels von der Substratoberfläche
20 reflektiert werden. Unter einem Anstellwinkel ist dabei ein
von Null verschiedener Winkel zwischen der
Oberflächennormalen des Glas- oder Glaskeramikelements und
der Einfallsrichtung der Laserpulse zu verstehen. Bei
dickeren Elementen ist es demnach oft vorteilhaft, den
25 Anstellwinkel klein zu halten. Auch bei kleinen
Anstellwinkeln ist ein Herauslösen ohne Verkantungsrisiko
in der Regel möglich.

Ein Anwendungsbeispiel des Herauslösens von Innengeometrien
30 ist das Erzeugen von Hob-Tops aus Glas (bspw.
Kalknatronglas) als Hauptteil. Hierbei wird zudem das
Kalknatronglas vorgespannt.

Ferner ist erfindungsgemäß eine Kochfläche vorgesehen, welche ein flächiges Glas- oder Glaskeramikelement umfasst, welches als Hauptteil mit dem erfindungsgemäßen Verfahren
5 herstellbar oder hergestellt ist.

Das flächige Glas- oder Glaskeramikelement umfasst demnach insbesondere zwei gegenüberliegende Seitenflächen, sowie eine diese beiden Seitenflächen verbindende Kantenfläche,
10 wobei in der Kantenfläche nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen vorhanden sind, die Vertiefungen in der Kantenfläche bilden, wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen in Richtung von einer zur anderen Kante, welche den Übergang zwischen
15 der Kantenfläche und den Seitenflächen bilden, verläuft.

Das flächige Glas- oder Glaskeramikelement kann ferner in der Fläche eine zweidimensionale Form aufweisen, die nicht sternförmig ist. Bevorzugt ist eine Form eines Rechtecks,
20 insbesondere mit abgerundeten Ecken, welches zumindest einen einem abgelösten Teilstück entsprechenden Fehlbereich in Form eines Innenausschnitts aufweist. Insbesondere sind in der umlaufende Kantenfläche des zumindest einen Innenausschnitts filamentförmige Schädigungen vorhanden,
25 die Vertiefungen in der Kantenfläche bilden.

Der zumindest eine Fehlbereich weist insbesondere die Form eines Kreises, Rechtecks oder abgerundeten Rechtecks auf. Der zumindest eine Fehlbereich ist vorzugsweise im
30 mittleren Drittel bezüglich einer und/oder beiden Längsrichtungen des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements angeordnet.

Es können ferner eine Mehrzahl oder Vielzahl rasterartig angeordneter Fehlbereiche vorgesehen sein.

- 5 In einer Weiterbildung der erfindungsgemäßen Kochfläche ist eine rohrförmige Kochdunst-Aufnahmeeinrichtung umfasst, welche an das flächige Glas- oder Glaskeramikelement angeschlossen ist, so dass der zumindest eine dem abgelösten Teilstück entsprechende Fehlbereich mit dem
10 Inneren der rohrförmigen Kochdunst-Aufnahmeeinrichtung kommuniziert.

- Die Kochdunst-Aufnahmeeinrichtung kann als nach unten führendes Rohr oder Schacht ausgebildet sein, welcher an
15 die untere Seitenfläche des flächigen Glaselement luftdicht angeschlossen ist oder an eine Kantenfläche eines Fehlbereichs angrenzend in einen Fehlbereich eingelassen ist, so dass Dünste, Gerüche und/oder Dämpfe in eine Richtung nach unten abgesaugt werden können. Die Kochdunst-
20 Aufnahmeeinrichtung ist ein passives Element, an welches eine Saugeinrichtung angeschlossen sein kann.

- Die Erfindung wird nachfolgend genauer anhand der beigeschlossenen Figuren erläutert. In den Figuren
25 bezeichnen gleiche Bezugszeichen dabei gleiche oder entsprechende Elemente.

Es zeigen:

- 30 Fig.1 schematisch in perspektivischer Ansicht eine Laserbearbeitungsvorrichtung zur Erzeugung filamentförmiger Schädigungen entlang verschiedener

geschlossener Trennlinien im Volumen eines Glas- oder Glaskeramikelements,

5

Fig.2 schematisch in Aufsicht verschiedene Formen von Trennlinien und entsprechender Hauptteile und Teilstücke,

10

Fig.3 schematisch in Aufsicht Keramisierung im Bereich des Teilstücks in einer Randzone und im gesamten Teilstück sowie dadurch erzeugte Zugspannung an der Trennlinie,

15

Fig.4 schematisch in perspektivischer Ansicht ein filamentiertes Glas- oder Glaskeramikelement, das im Bereich des Teilstücks zum Zusammenziehen gebracht wurde, so dass das Teilstück entnommen werden kann,

20

Fig.5 schematisch in perspektivischer Ansicht eine alternative Laserbearbeitungsvorrichtung zur Erzeugung schräg verlaufender filamentförmiger Schädigungen,

25

Fig.6 schematisch in Seitenansicht Glaselemente nach mehrmaliger Laserbearbeitung,

30

Fig.7 schematisch in perspektivischer Ansicht Glas- oder Glaskeramikelemente nach mehrmaliger Laserbearbeitung entlang einer Trennlinie sowie zusätzlicher Versatzlinien,

Fig.8 schematisch in perspektivischer Ansicht Sätze aus jeweils zwei flächigen Glaselementen,

Fig.9 schematisch in perspektivischer Ansicht
flächige Glaselemente mit Versatz/Versätzen in der
Kantenfläche,

5

Fig.10 eine Fotografie einer Glasscheibe mit einem
kreisförmigen Innenausschnitt, welcher durch
Keramisierung ausgelöst wurde,

10

Fig.11 Graphen gemessener Temperaturverläufe am Rand
auszulösender Teilstücke für vier verschiedene Proben
ähnlich Fig.10,

15

Fig.12 schematisch einen Graphen der relativen
Verlagerung zweier an der Trennlinie
gegenüberliegender Punkte im Verlauf eines
beispielhaften Ablöseprozesses mit Ofenerwärmung,

20

Fig.13 schematisch einen Graphen der relativen
Verlagerung zweier an der Trennlinie
gegenüberliegender Punkte im Verlauf eines
beispielhaften Ablöseprozesses ohne Ofenerwärmung.

25

Fig.1 zeigt eine Laserbearbeitungsvorrichtung 1, mit
welcher ein Glas- oder Glaskeramikelement 2 durch
Einbringen von filamentförmigen Schädigungen 20 entlang
einer definierten Trennlinie 21 mikroperforiert und damit
für eine nachfolgende Abtrennung vorbereitet wird.

30

Die Laserbearbeitungsvorrichtung 1 umfasst einen
Ultrakurzpulslaser 10, dessen Laserpulse 12 auf das Glas-
oder Glaskeramikelement 2 gerichtet werden. Die Laserpulse

12 werden dazu mittels einer Fokussiereinrichtung 11 auf das Glas- oder Glaskeramikelement 2 fokussiert. Die Wellenlänge des UltrakurzpulsLasers 10 wird so gewählt, dass die Laserpulse 12 in das Glas- oder
5 Glaskeramikelement 2 eindringen können.

Die Laserpulse 12 erzeugen im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelements 2 ein Plasma, welches die filamentförmigen Schädigungen 20 hervorruft. Die
10 Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 werden sukzessive über die Oberfläche 22 entlang der vordefinierten Trennlinie 21 bewegt.

15 Die Trennlinie 21 ist dabei so definiert, dass sie das Glas- oder Glaskeramikelement 2 vollständig einteilt in ein abzutrennendes Teilstück 4 und einen verbleibenden Hauptteil 3.

20 Bezugnehmend auf die Fig.1a bis Fig.1d können geschlossene Trennlinien 21 beispielsweise oval, regelmäßig polygonal, oder regelmäßig polygonal mit abgerundeten Ecken sein.

Fig.2 zeigt durch Trennlinien 21 auf der Oberfläche einer
25 Seitenfläche definierte Teilstücke 4 und Hauptteile 3, wobei letztere schraffiert dargestellt sind.

Bezugnehmend auf Fig. 2a und Fig. 2b ist ein beschädigungsfreies Ablösen des Teilstücks 4 von dem
30 Hauptteil 3 - also das Ablösen in einer Weise, dass sowohl der Hauptteil 3 als auch das Teilstück 4 bis auf die Mikroperforation an der Trennungsfläche keinen weiteren

Schaden nimmt - insbesondere dann leicht möglich, wenn die Trennlinie 21 geradlinig oder lediglich leicht gebogen ist. Ein Ablösen kann in solchen Fällen mitunter sogar allein durch Aufbringen eines hinreichenden Biegemoments erreicht werden, auch wenn dies zum Erzielen einer sauberen Trennkante nachteilig sein kann.

Zu Schwierigkeiten kommt es bei herkömmlichen Trennverfahren aber insbesondere bei stark gebogenen oder geschlossenen Trennlinien, wie in den beispielhaften Fällen der Fig.2c bis Fig.2e. Das Teilstück 4 ist in der Ebene des Glas- oder Glaskeramikelements 2 dann überwiegend innenliegend oder vollständig innenliegend, wobei im letzten Fall auch von einem Innenausschnitt gesprochen wird. Diese Fälle können zusammenfassend dadurch charakterisiert werden, dass die zweidimensionale Form des Hauptteils 3 in der Ebene des Glas- oder Glaskeramikelements 2 nicht sternförmig im mathematisch-topologischen Sinne ist. Bei einem Innenausschnitt ist das Gebiet des Hauptteils darüber hinaus nicht einfach zusammenhängend. In all diesen Fällen ist das erfindungsgemäße Ablöseverfahren gegenüber herkömmlichen Verfahren hervorragend geeignet.

Bezugnehmend auf Fig.2a bis Fig.2e kann es für das erfindungsgemäße Verfahren mitunter vorteilhaft sein, wenn die zweidimensionale Form eines Teilstücks 4 in der Ebene des Glas- oder Glaskeramikelements 2 sternförmig ist, das heißt, wenn es mindestens einen Sternpunkt in dem einem Teilstück 4 entsprechenden zweidimensionalen Gebiet gibt. Das liegt daran, dass ein solcher Sternpunkt als Kontraktionszentrum beim Ablösen durch Zusammenziehen des

Teilstücks 4 dienen kann, so dass sich das Teilstück 4 bei einem formerhaltenden Zusammenziehen (auf einen Sternpunkt) nicht mit dem Hauptteil 3 verhakt.

5 In den Beispielen der Fig.2a bis Fig.2e sind die Gebiete der Teilstücke 4 sogar konvex. Demnach sind alle Punkte dieser Gebiete Sternpunkte, oder anders ausgedrückt sind die Gebiete Sterngebiete. Es kann für das Ablösen mitunter vorteilhaft sein, wenn Teilstücke 4 in der Ebene des
10 flächigen Glas- oder Glaskeramikelements 2 konvexe Gebiete darstellen. Daher ist es allgemein, ohne Beschränkung auf die gezeigten Beispiele, in einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass Teilstücke abgelöst werden, die in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements
15 eine zweidimensionale Form eines konvexen Gebiets aufweisen.

Es ist allerdings nicht notwendig für ein verhakungsfreies Zusammenziehen, dass die Form des Teilstücks in der Fläche
20 des Glases sternförmig oder sogar konvex ist. Es kann z.B. durch ein lediglich partielles Zusammenziehen des Teilstücks 4 ein (insbesondere formänderndes) Zusammenziehen bewirkt werden, so dass auch nicht sternförmige Teilstücke 4 ausgelöst werden können.

25 Bezugnehmend auf Fig.2f kann es ferner Situationen geben, in denen auch nicht-sternförmige Teilstücke 4 mittels formerhaltender Kontraktion ausgelöst werden können. In diesem Fall weist das Glas- oder Glaskeramikelement 2
30 bereits einen Innenausschnitt auf, welcher durch Ablösen eines ringförmigen Teils vergrößert wird.

Fig.3 zeigt beispielhafte Vorgehensweisen, um ein Zusammenziehen des Teilstücks 4 hervorzurufen, damit sich das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 abtrennt und ablöst.

- 5 Bezugnehmend auf Fig.3a wurde das Glas- oder
Glaskeramikelement 2 im gesamten Bereich des Teilstücks 4
mittels einer Laserstrahlung, dessen Auftreffpunkt auf der
Oberfläche des Elements über das gesamte Teilstück bewegt
wurde, bestrahlt und auf eine Keramisierungstemperatur
10 erwärmt. Der Keramisierungsbereich 5 entspricht somit hier
dem Teilstück 4. Im gesamten Bereich des Teilstücks 4 wurde
somit eine Keramisierung eingeleitet.

- Durch die Erwärmung des Teilstücks 4 ist in der Regel
15 zunächst eine thermische Ausdehnung des Teilstücks 4 zu
erwarten. Weil das Teilstück 4 ein innenliegendes Teilstück
ist und somit durch eine Ausdehnung des Teilstücks 4
Druckspannungen auf den Hauptteil 3 zu erwarten sind, kann
vorzugsweise vorgesehen sein, das Glas- oder
20 Glaskeramikelement 2 auf einer erhöhten
Oberflächentemperatur zu halten während es im Bereich des
Teilstücks 4 mittels einer Laserstrahlung bestrahlt und
erwärmt wird.

- 25 Durch Einleiten der Keramisierung im Bereich des Teilstücks
4 wurde amorphes Material des Glas- oder
Glaskeramikelements 2 im Bereich des Teilstücks 4
kristallisiert.

- 30 Im Falle eines ursprünglich vollständig amorphen
Glaselements 2 wird die Keramisierung begonnen. Aber auch
im Falle bereits Kristallite umfassender

Glaskeramikelemente 2 kann eine Keramisierung fortgesetzt werden. Glaskeramikelemente 2 können insbesondere CERAN®, ROBAX® und/oder ZERODUR® umfassen.

- 5 Durch die Keramisierung geht über den
Keramisierungsbereich 5 feinverteilter Material von einer
amorphen in eine kristalline Phase über. Das heißt, es
werden eine Vielzahl von Kristallkeimen gebildet aus denen
Kristallite heranwachsen oder bereits bestehende
10 Kristallite wachsen zu größeren Strukturen an. Das Material
weist somit nach der Keramisierung zumindest zwei
koexistierende Phasen auf: eine amorphe und eine
kristalline Phase.
- 15 Die kristalline Phase hat gegenüber der amorphen Phase eine
höhere Packungsdichte. Dadurch verringert das
phasenumgewandelte, kristallisierte Material sein Volumen,
d.h. es zieht sich zusammen. Es entstehen somit eine
Vielzahl lokaler feinverteilter Kontraktionszentren und
20 somit Zugspannungen im gesamten Keramisierungsbereich 5.
Weil die kristalline Phase und somit die
Kontraktionszentren über den gesamten
Keramisierungsbereich 5 gleichmäßig verteilt sind, ergeben
sich daraus Nettozugspannungen, die von außen in den
25 Keramisierungsbereich 5 hinein gerichtet sind. Im Beispiel
der Fig.3a entspricht der Keramisierungsbereich 5 dem
Teilstück 4, so dass die Nettozugspannungen vom Hauptteil 3
in das Teilstück 4 hinein gerichtet sind. Diese
Nettozugspannungen sind in Fig.3b als Pfeile dargestellt.
- 30 Bezugnehmend auf Fig.3c wurde das Teilstück 4 lediglich
partiell in dem ringförmigen Keramisierungsbereich 6

keramisiert, während der dazu komplementäre Bereich 7 des Teilstücks 4 nicht keramisiert wurde. Der Keramisierungsbereich 6 entspricht hierbei einer an die Trennlinie 21 angrenzenden Randzone des Teilstücks 4. Es entstehen somit im Randbereich des Teilstücks 4 feinverteilte phasenübergangsbedingte Kontraktionszentren, die zu Nettozugspannungen führen, welche wiederum vom Hauptteil 3 in das Teilstück 4 hinein gerichtet sind. Dieses Vorgehen bietet sich insbesondere für große Teilstücke 4 an. Denn bei großen Teilstücken 4 kann der somit erzeugte Schrumpf bereits ausreichend sein. Somit kann auf diese Weise der Prozess optimiert werden, wenn nicht erwünscht ist, das Teilstück 4 in eine homogene Glaskeramik zu überführen.

Vorzugsweise wird das randseitige Phasenumwandeln ab Teilstücken mit einer gewissen Mindest-Fläche angewendet. Es kann ausreichend sein mit dem für die Erwärmung auf Keramisierungstemperatur bestimmten Laserstrahl das Teilstück in einem gewissen Abstand zur filamentierten Trennlinie parallel abzufahren und so den notwendigen Materialschrumpf lokal zu erzeugen. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass der Minimalabstand zwischen der filamentierten Trennlinie und einer Laserabfahrlinie bzw. Keramisierungslinie größer als 1 Millimeter, vorzugsweise größer als 2 Millimeter und besonders bevorzugt größer als 3 Millimeter ist.

Da das Glas- oder Glaskeramikelement 2 der Fig.3a bzw. 3b entlang der Trennlinie 21 perforiert ist, können die sich über die Trennlinie 21 erstreckenden Zugspannungen zu einem Abreißen des Teilstücks 4 von dem Hauptteil 3 entlang der

Trennlinie 21 führen („Cleaving“), sofern die Zugspannungen hoch genug sind und die filamentförmigen Schädigungen der Perforation dicht genug beieinander liegen. Die Höhe der Zugspannungen kann insbesondere durch das Volumenverhältnis von kristalliner zu amorpher Phase beeinflusst werden. Dieses Volumenverhältnis wiederum hängt von der Dauer, während derer der Keramisierungsbereich 5, 6 auf der Keramisierungstemperatur gehalten wird, ab. Je länger diese Zeit ist, umso mehr Material wird phasenumgewandelt.

10

Bezugnehmend auf Fig.4 kann sich das Teilstück 4, insbesondere nach dem Abreißen von dem Hauptteil 3, infolge der ins Innere des Teilstücks gerichteten Zugspannungen kontrahieren, so dass zwischen dem Teilstück 4 und dem Hauptteil 3 ein Spalt 24 entsteht. Das Teilstück 4 kann sich somit nach dem Abtrennen entlang der filamentförmigen Schädigungen entlang der Trennlinie 21 von dem Hauptteil ablösen, insbesondere den Kontakt zu dem Hauptteil 3 verlieren. Der somit entstandene Spalt 24 stellt einen gewissen Spielraum zur Verfügung, wodurch es ermöglicht wird, das Teilstück 4 ohne Verkanten von dem Hauptteil 3 zu separieren. Der Schrumpf des Teilstücks 4 ermöglicht somit seine Entnahme entlang der Seitenflächennormalen (durch einen Pfeil gekennzeichnet) insbesondere aus nicht sternförmigen Hauptteilen 3, wo eine seitliche Entnahme nicht möglich ist. Die Keramisierung und Kontraktion des Teilstücks 4 ermöglicht demnach insbesondere das Herauslösen von Innenausschnitten. Bei einem ausreichenden Schrumpf des Teilstücks 4 kann die Entnahme insbesondere ohne Reibung möglich sein. Das Verfahren ermöglicht aber in vorteilhafter Weise auch, unabhängig von der Form der Trennlinie 21, ein Ablösen von Teilstücken 4 bei Glas- oder

30

Glaskeramikelementen 2 mit großen Dicken 23, insbesondere über 3, vorzugsweise über 5, noch bevorzugter über 7 Millimeter.

- 5 Die Spaltbreite des Spalts 24 beträgt vorzugsweise mindestens $R\theta/2$, wobei R die mittlere Rauheit der Schnittkante (Kantenfläche) bezeichnet und θ einen Wert annimmt, der insbesondere 1 sein kann oder mit dem Winkel zwischen der Trennfläche und der Oberfläche des Glas- oder
10 Glaskeramikelements 2 zusammenhängen kann, wie vorstehend beschrieben ist.

- Um den Schrumpf des Teilstücks 4 und die Spaltbreite des Spalts 24 zu erhöhen, kann vorgesehen sein, das Glas- oder
15 Glaskeramikelement 2 im Bereich des Teilstücks 4 zu kühlen und/oder im Bereich des Hauptteils 3 zu erwärmen. Ein Kühlen des Teilstücks 4 wird vorzugsweise durchgeführt, nachdem das Teilstück 4 zumindest teilweise keramisiert wurde. Dies liegt daran, dass es während der Keramisierung
20 vorteilhaft ist, das Teilstück 4 als Teil des gesamten Glas- oder Glaskeramikelements 2 auf einer erhöhten Temperatur zu halten, wie vorstehend beschrieben wurde.

- Wie anhand der Fig.5a ersichtlich ist, können in einer
25 Weiterbildung der Erfindung die Laserpulse 12 auch schräg auf die Oberfläche 22 des Glas- oder Glaskeramikelements 2 gerichtet werden, so dass zwischen der Oberflächennormalen 14 und der Richtung der Laserpulse 12 ein Winkel besteht. Damit verläuft auch die Längsrichtung
30 der filamentförmigen Schädigungen 20 schräg zur Oberfläche 22. Zu beachten ist darüber hinaus der Einfluss

der Brechung des Laserlichts an der Oberfläche 22 des Glaselements 2.

Der Winkel zwischen der Lichteinfallsrichtung und der
5 Oberflächennormalen 14 kann, um das Abtrennen des
Teilstücks zu erleichtern, im Bereich wenige Grade bis
deutlich über 10° liegen. Vorzugsweise wird dabei zwischen
der Lichteinfallsrichtung der Laserpulse 12 und der
Oberflächennormalen 14 der Oberfläche 22 des Glaselements 2
10 ein Winkel im Bereich von 3° bis 30° , besonders bevorzugt
 3° bis 15° , noch bevorzugter mindestens 5° eingestellt.

Wie anhand von Fig.5a zu erkennen ist, werden die
Laserpulse 12 weiterhin schräg so auf die Oberfläche 22
15 gerichtet, dass die Lichteinfallsebene 15 quer, bevorzugt
senkrecht zur Trennlinie 21 liegt. Dementsprechend liegt
auch die Fortbewegungsrichtung, entlang welcher der
Auftreffpunkt 13 über die Oberfläche 22 bewegt wird, quer,
vorzugsweise senkrecht zur Lichteinfallsebene 15. Die
20 Lichteinfallsebene 15 wird durch die Lichteinfallsrichtung
und die Oberflächennormale 14 aufgespannt. Ist die
Trennlinie 21, wie auch im gezeigten Beispiel gekrümmt,
beispielsweise kreisförmig, so ist die Orientierung der
Trennlinie 21 quer zur Lichteinfallsebene 15 dahingehend zu
25 verstehen, dass die Tangente an die Trennlinie 21 quer,
vorzugsweise senkrecht zur Lichteinfallsebene 15 steht.

Fig.5b zeigt eine der Fig.5a entsprechende Schnittansicht
des Glas- oder Glaskeramikelements 2. Durch den Winkel, der
30 zwischen der Längsrichtung der filamentförmigen
Schädigungen 20 und der Normalen auf der Oberfläche 22
besteht, ergibt sich eine durch den Pfeil gekennzeichnete

Vorzugsrichtung, entlang derer das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 separiert werden kann.

Fig.6 illustriert Glas- oder Glaskeramikelemente 2 in einer
5 zu Fig.5b analogen Schnittansicht nach mehrfacher
Laserbearbeitung in unterschiedlichen Fokustiefen. Das
bedeutet, nach einem Bearbeitungsschritt in welchem
Schädigungen 20 durch Laserpulse 12 eines
10 Ultrakurzpulslasers im Volumen des Glas- oder
Glaskeramikelements 2 erzeugt werden indem die
Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder
Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 entlang der
Trennlinie 21 bewegt werden gibt es weitere
15 Bearbeitungsschritte in welchen in analoger Weise,
allerdings mit anderen Fokustiefen der Laserpulse 12,
Schädigungen 20', 20'', etc. in anderen Tiefen im Volumen
des Glas- oder Glaskeramikelements 2 erzeugt werden.

Eine solche mehrfache Laserbearbeitung bietet sich
20 insbesondere bei dickeren Glas- oder Glaskeramikelementen 2
an, bei denen es oft nicht mehr möglich oder zumindest
ungünstig ist, die Mikroperforation über die gesamte
Dicke 23 in einem einzelnen Bearbeitungsschritt,
beziehungsweise mit einmaligem Entlangbewegen des
25 Auftreffpunkts 13 des Laserstrahls 12 entlang der
Trennlinie 21 durchzuführen.

Ein Problem, dass sich bei mehrmaligem Überfahren mit dem
Laserstrahl in unterschiedlichen Fokustiefen ergeben kann
30 ist, dass die Schädigungen in unterschiedlichen Tiefen im
Volumen des Glas- oder Glaskeramikelements 2 nicht ideal
fluchten.

Fig.6a veranschaulicht beispielhaft und schematisch ein Glas- oder Glaskeramikelement 2 nach zweimaliger Laserbearbeitung über dessen Oberfläche 22. In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden die Schädigungen 20' erzeugt, während in einem zweiten Schritt die darüber liegenden Schädigungen 20 erzeugt wurden. Die Schädigungen 20 und 20' haben einen gewissen Versatz zueinander, welcher typischerweise infolge der finiten Positioniergenauigkeit statistische Schwankungen aufweist. Dieser Versatz erschwert es, das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren abzutrennen. Durch den Versatz entsteht eine gegenüber der infolge der Filamentierung an sich bedingten Rauheit R erhöhte Rauheit R' der Kantenfläche.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, den Versatz zwischen Schädigungen 20' und 20 so herbeizuführen, dass für eine Abtrennung des Teilstücks 4 von dem Hauptteil 3 nur die durch die Filamentierung an sich bedingte Rauheit R, nicht aber die den Versatz berücksichtigende Rauheit R' der Kantenfläche maßgeblich ist.

Wie in Fig.6b dargestellt, sind die Schädigungen 20', die sich tiefer bezüglich der Oberfläche 22 im Volumen des Glaselements 2 befinden, so erzeugt, dass das Teilstück 4 auf der der Oberfläche 22 gegenüberliegenden Seite etwas größer ist, als auf der Seite der Oberfläche 22. Dadurch ergibt sich eine durch den Pfeil gekennzeichnete Vorzugsrichtung, entlang derer das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 separiert werden kann. Entlang dieser

Vorzugsrichtung ist die Rauheit R, welche nur durch das Filamentieren bedingt ist, für das Abtrennen maßgeblich, während entgegen der Vorzugsrichtung die Rauheit R', die sich auch aus dem Versatz zwischen den Schädigungen 20' und 20 ergibt, für das Abtrennen maßgeblich ist. Bei dem Teilstück 4 muss es sich nicht um ein vollständig innenliegendes Teilstück handeln, vielmehr kommen alle bereits benannten Formen in Betracht. Für den Fall, dass das Teilstück 4 ein kreisförmiges Innenstück ist, hat es infolge des Versatzes zwischen den Schädigungen 20' und 20 bildlich gesprochen eine Tortenform.

Während die Schädigungen 20 gemäß Fig.1 dadurch erzeugt werden, dass die Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 entlang der Trennlinie 21 bewegt werden, werden die Schädigungen 20' gemäß Fig.7a dadurch erzeugt, dass die Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 entlang einer von der Trennlinie 21 leicht beabstandeten Versatzlinie 21' bewegt werden. Die Versatzlinie verläuft vorteilhaft vollständig auf einer Seite der Trennlinie 21. Es ist nicht notwendig aber vorteilhaft, wenn der Abstand, den die Versatzlinie 21' von der Trennlinie 21 aufweist, entlang der Linien konstant ist.

Die beschriebene Weiterbildung der Erfindung beschränkt sich nicht nur auf zweimalige Laserbearbeitung. Es können auch drei oder noch mehr Überfahrten mit dem Laser durchgeführt werden. Fig.6c zeigt beispielhaft und schematisch den Schnitt durch ein Glas- oder Glaskeramikelement 2 nach dreimaliger Laserbearbeitung, die

zu den Schädigungen 20'', 20' und 20 geführt haben. Fig.6d zeigt wiederum, wie die Versätze zwischen den Schädigungen 20'' und 20' sowie zwischen den Schädigungen 20' und 20 in dieser Weiterbildung der Erfindung so erzeugt werden
5 können, dass sich eine durch den Pfeil gekennzeichnete Vorzugsrichtung zum Ablösen des Teilstücks 4 von dem Hauptteil 3 ergibt.

Hierbei sind die Schädigungen 20' gemäß Fig.7b dadurch
10 erzeugt, dass die Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 entlang einer von der Trennlinie 21 leicht beabstandeten ersten Versatzlinie 21' bewegt werden. Die Schädigungen 20'' sind ferner dadurch erzeugt, dass die
15 Auftreffpunkte 13 der Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 entlang einer von der Trennlinie 21 etwas weiter als die erste Versatzlinie 21' beabstandeten zweiten Versatzlinie 21'' bewegt werden. Die zweite Versatzlinie 21'' verläuft
20 vorteilhaft vollständig auf einer Seite der ersten Versatzlinie 21'. Es ist nicht notwendig aber vorteilhaft, wenn der Abstand, den die zweite Versatzlinie 21'' von der ersten Versatzlinie 21' aufweist, entlang der Linien konstant ist.

25 Es können auch mehr als zwei Schritte der Laserbearbeitung durchgeführt werden. Dazu können weitere, wiederum etwas weiter von der Trennlinie 21 beabstandete Versatzlinien definiert werden, entlang derer die Auftreffpunkte 13 der
30 Laserpulse 12 auf dem Glas- oder Glaskeramikelement 2 über dessen Oberfläche 22 bewegt werden.

Das gezielte Kontrollieren eines Versatzes oder mehrerer Versätze zwischen Schädigungen, die durch mehrfache Laserbearbeitung mit unterschiedlichen Fokustiefen erzeugt werden, kann kombiniert werden mit der in Fig.5

5 dargestellt Laserbearbeitung, bei der die Laserpulse 12 schräg auf die Oberfläche 22 des Glas- oder Glaskeramikelements 2 gerichtet werden. In der Praxis kann der Winkel, der zwischen der Lichteinfallsrichtung und der Oberflächennormalen 14 besteht, in der Regel nicht exakt

10 auf Null Grad eingestellt werden. Insofern besteht genaugenommen regelmäßig ein (noch so) kleiner Winkel, so dass auch die Längsrichtungen der Schädigungskanäle regelmäßig einen gewissen Winkel gegenüber der Oberflächennormalen 14 des Glas- oder Glaskeramikelements 2

15 aufweisen. Wie bei der Positionierung ist auch hier von einer statistischen Abweichung kleiner der Ausrichtgenauigkeit auszugehen.

Fig.6e zeigt schräge Schädigungen 20' und 20 durch

20 zweimalige Laserbearbeitung eines Glaselements 2. Wiederum sind die Schädigungen 20' und 20 nicht genau auf einer Linie (bzw. genau in einer Fläche) sondern weisen einen gewissen Versatz zueinander auf. Dieser erschwert es wiederum, das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 mit dem

25 erfindungsgemäßen Verfahren abzulösen.

Wie Fig.6f zeigt, kann der Versatz vorteilhaft derart eingestellt werden, dass sich eine Vorzugsrichtung zum Ablösen ergibt (durch den Pfeil gekennzeichnet). Entlang

30 der Vorzugsrichtung kann das Teilstück 4 von dem Hauptteil 3 abgelöst werden, ohne dass die Kanten, die durch den Versatz entstehen, störend wirken.

Die beschriebene Weiterbildung der Erfindung beschränkt sich nicht nur auf zweimalige Laserbearbeitung mit schräg auf die Oberfläche 22 treffenden Laserpulsen 12. Es können
5 auch drei oder noch mehr Laserbearbeitungsschritte in unterschiedlichen Fokustiefen durchgeführt werden. Fig.6g zeigt beispielhaft und schematisch den Schnitt durch ein Glaselement 2 nach dreimaliger Laserbearbeitung mit schräg auf die Oberfläche gerichteten Laserpulsen 12, die zu den
10 Schädigungen 20'', 20' und 20 führen. Fig.6h zeigt wiederum, wie die Versätze zwischen den Schädigungen 20'' und 20' sowie zwischen den Schädigungen 20' und 20 in dieser Weiterbildung der Erfindung derart angeordnet werden können, dass sich eine Vorzugsrichtung zum Ablösen des
15 Teilstücks 4 von dem Hauptteil 3 ergibt (durch den Pfeil gekennzeichnet). Die Versätze müssen in der Praxis nicht gleich groß sein.

Bezugnehmend auf Fig.8 kann mit dem erfindungsgemäßen
20 Verfahren ein erfindungsgemäßes Erzeugnis in Form eines Satzes aus zwei flächigen, das heißt platten- oder scheibenförmigen, Elementen 2, 2' hergestellt werden. Fig.8a und 8b zeigen jeweils einen Satz.

25 Ein erfindungsgemäßer Satz zeichnet sich dadurch aus, dass die zweidimensionale Form, die das eine der flächigen Elemente 2 in seiner Ebene aufweist, komplementär ist zu der zweidimensionalen Form, die das andere der flächigen Elemente 2' in seiner Ebene aufweist.

30

Ferner weisen zwei Kanten 27, 28 des einen Elements 2, welche den Übergang zwischen den Seitenflächen 29, 30 und

einer diese Seitenflächen verbindenden Kantenfläche 25 bilden, jeweils eine gleiche Form aufweisen, wie zwei Kanten 27', 28' des anderen Elements 2', welche den Übergang zwischen den Seitenflächen 29', 30' und einer
5 diese Seitenflächen verbindenden Kantenfläche 25' bilden.

In diesen Kantenflächen 25, 25' der zwei flächigen Elemente 2, 2' sind jeweils nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen 26, 26' vorhanden, die
10 Vertiefungen in diesen Kantenflächen 25, 25' bilden, wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen 26, 26' jeweils in Richtung von einer Kante 27, 27' zur anderen Kante 28, 28' verläuft.

15 Diese filamentförmigen Schädigungen 26, 26' können aus einer mikroperforierenden Laserbearbeitung entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren hervorgehen. Wenn ein Element 2 (oder 2') eines Satzes mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wird, entspricht diese Längsrichtung der
20 filamentförmigen Schädigungen 26 (oder 26') der Lichtausbreitungsrichtung der Laserpulse 12.

Der in Fig.8b gezeigte Satz aus zwei flächigen Elementen ist so ausgebildet, dass die zweidimensionale Form, die das eine der flächigen Elemente 2 in seiner Ebene aufweist, die
25 zweidimensionalen Form, die das andere der flächigen Elemente 2' in seiner Ebene aufweist, vollständig umschließt. Bezugnehmend auf Fig.8b ist das Element 2' ein zu dem Element 2 passendes Innenstück. Bezugnehmend auf
30 Fig.8a ist das Element 2' ein zu dem Element 2 passendes Teilstück, das hier als vorwiegend innenliegend bezeichnet werden kann.

Für beide gezeigten Sätze (Fig.8a und Fig.8b) gilt vorzugsweise, dass das eine flächige Element 2 passgenau mit dem anderen flächigen Element 2' zusammengefügt werden kann. Ein solcher Satz aus zwei flächigen Elementen, die passgenau zusammengefügt werden können, kann so präzise zusammenpassen, dass er flüssigkeitsdicht ist. Dies kann man sich zunutze machen, beispielsweise zur Herstellung flüssigkeitsdichter Verschlüsse aus Glas.

10

Würde man die beiden flächigen Elemente 2 und 2' eines Satzes passgenau zusammenfügen, würden sich die Elemente 2 und 2' an ihren Kantenflächen 25 und 25' berühren oder einander sehr nahe kommen. Es würden sich auch die Kanten 27 und 27' berühren oder sehr nahe kommen und außerdem die Kanten 28 und 28' berühren oder sehr nahe kommen. Die zweidimensionalen Flächen in den Ebenen der flächigen Elemente 2 und 2' würden beim Zusammenfügen der beiden Elemente 2 und 2' wie zwei Puzzleteile zusammenpassen.

20

Es ist vorgesehen, dass eines oder beide der flächigen Elemente 2, 2' zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, keramisiert ist. Es kann demnach eines der flächigen Elemente 2, 2' ein Glaskeramikelement und das andere ein Glaselement sein. Es können auch beide Elemente Glaskeramikelemente sein. Die Keramisierung kann dabei vorteilhaft mit einem Schrumpf eines innenliegenden Elements 2' einhergehen, so dass die beiden Elemente 2, 2' passgenau ohne Reibungs- oder Verkantungsprobleme zusammengefügt werden können. Es kann insbesondere aus diesem Grund beispielsweise auch vorgesehen sein, dass eines, insbesondere ein innenliegendes Element 2', derart

30

keramisiert ist, dass es eine HQMK-Hauptkristallphase umfasst, während das andere Element 2 eine KMK-Hauptkristallphase umfasst, denn die Erzeugung einer HQMK-Glaskeramik geht typischerweise mit einem stärkeren
5 Schrumpf einher als die Erzeugung einer KMK-Glaskeramik.

Es kann ferner vorgesehen sein, dass eines der flächigen Elemente 2, 2 thermisch vorgespannt ist. Das vorgespannte Element kann durch das thermische Vorspannen in einem
10 Zustand leicht vergrößerter Ausdehnung verbleiben. Demgemäß können ggf. Reibungs- und Verkantungsprobleme beim Zusammenfügen vermieden werden.

Es kann auch vorgesehen sein, dass eines oder beide der
15 Elemente an der Kantenfläche, die über filamentförmige Schädigungen verfügt, geschliffen wird. Auch dadurch können ggf. Probleme beim Zusammenfügen vermieden werden.

Vorzugsweise stammen die beiden flächigen Elemente eines
20 Satzes aus demselben Ablöseprozess. Das heißt, durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wurde ein ursprüngliches flächiges Glas- oder Glaskeramikelement zerteilt in einen Hauptteil und ein Teilstück, welche zusammengekommen einen Satz flächiger Elemente bilden. Wenn
25 die beiden flächigen Elemente eines Satzes aus demselben Prozess stammen, ist eine ganz besonders hohe Passgenauigkeit gewährleistet, welche nochmals höher ist, als wenn aus mehreren äquivalenten Ablöseprozessen eine Teilstückreihe von untereinander äquivalenten Teilstücken
30 und eine Hauptteilreihe von untereinander äquivalenten Hauptteilen erzeugt werden und aus einem beliebigen Teilstück aus der Teilstückreihe und einem beliebigen

Hauptteil aus der Hauptteilreihe ein Satz flächiger Elemente hervorgeht.

Es kann vorgesehen sein, dass jedes flächige Element 2
5 (oder 2') eines Satzes mit zwei flächigen Elementen über eine Kantenfläche 25 (oder 25') verfügt, in welcher zumindest ein Versatz 32 (oder 32'), das heißt eine Stufe, vorhanden ist, welche quer, vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht, zu der Längsrichtung der nebeneinander
10 verlaufende filamentförmige Schädigungen 26 (oder 26') verläuft. Eine Illustration solcher flächigen Elemente 2 zeigt Fig.9.

Der zumindest eine Versatz 32 (oder 32') kann zu einer
15 Rauheit R' der Kantenfläche 25 (oder 25') führen, die gegenüber der durch die filamentförmigen Schädigungen 26 (oder 26') bedingten Rauheit R erhöht ist.

Der zumindest eine Versatz stellt eine Stufe dar, die mit
20 dem bloßen Auge nicht wahrnehmbar ist, so dass weiterhin von einer einzelnen Kantenfläche 25 (oder 25') gesprochen werden kann. Vorzugsweise stellt der zumindest eine Versatz eine Stufe von mindestens 5 Mikrometern und höchstens 50 Mikrometern dar.

25 Fig.9a zeigt ein erfindungsgemäßes flächiges Element 2, welches sich dadurch auszeichnet, dass in einer Kantenfläche 25 nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen 26 vorhanden sind, die Vertiefungen in der
30 Kantenfläche 25 bilden, wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen 26 in Richtung von einer Kante 27 zur anderen Kante 28 verläuft, welche den Übergang

zwischen der Kantenfläche 25 und den Seitenflächen 30 des flächigen Elements 2 bilden, und wobei die Kantenfläche 25 einen entlang der gesamten Kantenfläche 25 verlaufenden Versatz 32 aufweist, welcher im Wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen 26 verläuft. Der Versatz stellt dabei eine Stufe von mindestens 2 Mikrometer und höchstens 30 Mikrometern dar und verläuft vorzugsweise mit einer Abweichung von 20 Prozent in der Mitte der Kantenfläche, das heißt mit einer Abweichung von 20 Prozent mittig zwischen den Kanten 27 und 28.

Allgemein, ohne Beschränkung auf dieses Ausführungsbeispiel, betrifft die Erfindung demnach auch ein flächiges, zumindest teilweise keramisiertes Glaselement oder Glaskeramikelement, wobei in einer Kantenfläche des zumindest teilweise keramisierten Glaselements oder Glaskeramikelements nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen vorhanden sind, welche Vertiefungen in der Kantenfläche bilden, und wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen in Richtung von einer Kante zur anderen Kante, welche den Übergang zwischen der Kantenfläche und den Seitenflächen des zumindest teilweise keramisierten Glaselements oder Glaskeramikelements bilden, verläuft, und wobei die Kantenfläche zumindest einen entlang der Kantenfläche, vorzugsweise entlang der gesamten Kantenfläche, verlaufenden Versatz aufweist, welcher quer, vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen verläuft.

Fig.9b zeigt ein weiteres erfindungsgemäßes flächiges Element 2, welches sich dadurch auszeichnet, dass die Kantenfläche 25 zwei entlang der gesamten Kantenfläche 25 verlaufende Versätze 32 aufweist, welche im Wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen 26 verläuft. Die beiden Versätze verlaufen vorzugsweise mit einer Abweichung von 20 Prozent mit einem Abstand von einem Drittel bzw. zwei Dritteln der Breite 23 der Kantenfläche 25 von der Oberfläche 30 des Elements 2.

Die erfindungsgemäßen flächigen Elemente 2 sind jeweils zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, keramisiert.

Fig.10 zeigt eine Fotografie eines 4 Millimeter dicken Glaselements 2 (hier ein LAS-Glas) mit einem (hier kreisförmigen) Fehlbereich, welcher einem abgelösten Teilstück 4 entspricht, wobei das Glaselement 2 hergestellt wurde als Hauptteil 3 mit dem nachfolgend genauer beschriebenen Ablöseprozess.

Zunächst wurde das Glaselement 2 mit einem UKP-Laser entlang einer (hier kreisförmigen) Trennlinie filamentiert. Dabei wurde eine Laserfrequenz von 100 kHz mit 6 Bursts und einer Verfahrensgeschwindigkeit von 400 Millimeter pro Sekunde verwendet. Benachbarte Filamente weisen demnach einen Abstand von etwa 4 Mikrometer zueinander auf. Es wurden 5 Überfahrten durchgeführt, wobei die Filamente bei jeder Überfahrt jeweils mit einem Höhenunterschied im Glas von 0,5 Millimeter gegenüber der vorherigen Überfahrt erzeugt wurden.

Anschließend wurde die filamentierte Vorschädigung mittels

eines CO₂-Lasers bei 120 Watt mittlerer Laserleistung und einer Scangeschwindigkeit von 30 Millimeter pro Sekunde abgefahren, um eine Rissbildung zwischen benachbarten Filamenten zu bewirken („Cleaving“). Mit anderen Worten
5 wurde das Innenteil 4 von dem Hauptteil 3 abgetrennt, derart dass die beiden Teile noch „press“ aneinander lagen.

Dann wurde das Glaselement 2 in einem Ofen auf ca. 500 bis 600 Grad Celsius vorgeheizt. Danach wurde das Innenteil 4
10 mit einem CO₂-Laserprozess (400 W) über eine Dauer von 45 Sekunden entlang zweier konzentrischer Kreisbahnen (2 x 8mm) keramisiert (Probe GC_9). Die Stelle 70 auf dem Teilstück 4 zeigt hier den Umschaltpunkt des Laserscanners zwischen den zwei Kreisen.

15 Schließlich wurden die Samples heruntergekühlt auf Raumtemperatur und das keramisierte Innenteil 4 aus dem Hauptteil 3 herausgenommen.

20 In einem weiteren Ausführungsbeispiel wurde das Innenteil mit einem CO₂-Laser (300 W) über eine Dauer von 40 Sekunden entlang lediglich einer Kreisbahn (8 mm) keramisiert (Probe GC_7).

25 Bezugnehmend auf Fig. 11 wurde (nachdem eine Filamentierung und ein Cleaving bereits durchgeführt wurde) die Oberflächentemperatur des Teilstücks 4 während vierer Auslöseprozesse (u.a. Probe GC_9, Probe GC_7) gemessen.

30 Während eines ersten Zeitraums 72 wird eine Temperatur erreicht, die durch ein Vorheizen des Glas- oder Glaskeramikelements 2 in einem Ofen erzeugt wird und in

diesen Beispielen zwischen 500 und 550 Grad Celsius beträgt.

5 Während eines zweiten Zeitraums 74 wird das Teilstück 4 zumindest teilweise keramisiert, indem es mit einem Laser bestrahlt wird. Die Temperatur steigt dabei auf bis zu ca. 1000 Grad Celsius an.

10 Während eines dritten Zeitraums 76 wird die Laserbestrahlung beendet, so dass sich die Temperatur des Teilstücks wieder der Ofentemperatur nähert.

15 Während eines vierten Zeitraums 78, 80 wird die Ofentemperatur auf etwa 300 Grad Celsius abgesenkt, so dass eine weitere Abkühlung des Substrats bis auf diese Temperatur einsetzt.

20 Fig.12 zeigt schematisch Graphen 40, 42 (durchgezogene, gestrichelte Linie) der relativen Verlagerung ε zweier an einer Trennlinie 21 gegenüberliegender Punkte 40P, 42P im zeitlichen Verlauf t eines beispielhaften Ablöseprozesses eines kreisförmigen innenliegenden Teilstücks 4 von einem Hauptteil 3. Die relativen Verlagerungen 40, 42 sind jeweils angegeben in Bezug auf den Mittelpunkt des

25 Teilstücks 4. Demnach entsprechen die relativen Verlagerungen 40, 42 der Ausdehnung des Teilstücks 4 bzw. des Hauptteils 3 während des Ablöseprozesses.

30 In einem ersten Zeitraum 50 wird das Glaselement 2 in einem Ofen auf eine Ofentemperatur (und damit auf eine im Wesentlichen über die gesamte Oberfläche gleiche Oberflächentemperatur) aufgeheizt. Dabei dehnt sich das

Glaselement 2 insgesamt aus; entsprechend steigen die beiden Kurven 40, 42 in diesem Zeitraum 50 gleichartig an.

5 In einem zweiten Zeitraum 52 wird nun (lediglich) Material im Bereich des Teilstücks 4 mittels eines Lasers weiter aufgeheizt. Hierbei dehnt sich in erster Linie das Material im Bereich des Teilstücks 4 aus. Es erfolgt allerdings auch eine gewisse Ausdehnung des Hauptteils 3, zum einen als direkte Folge der Ausdehnung des Teilstücks 4 und zum
10 anderen aufgrund einer (zeitlich verzögerten) Erwärmung des Hauptteils 3 durch die Wärmeausbreitung ausgehend vom Teilstück 4. Entsprechend steigen beide Kurven 40, 42 an, wobei die Kurve 40 wesentlich stärker ansteigt, als die Kurve 42. Innerhalb eines Keimbildungs-Regimes 60 beginnt
15 Material im Bereich des Teilstücks zu kristallisieren und innerhalb eines HQMK-Regimes 62 entsteht Hochquarz-Mischkristall. (Ein bei noch höherer Temperatur erreichbares KMK-Regime 64 wird in diesem Beispiel nicht erreicht.) Das Teilstück 4 wird durch diese
20 Gefügeumwandlung 44 keramisiert. Infolge der Keramisierung dehnt sich das Teilstück 4 allerdings weniger stark aus, als ohne eine Keramisierung zu erwarten wäre (Kurve 40'). Die Kurve 40 weist demnach gegenüber der Kurve 40' einen Knick auf, welcher ein typisches Charakteristikum für einen
25 Phasenübergang ist. Die Kurve 41 zeigt ferner eine Prozessvariante mit unterschiedlichem Keramisierungsverlauf und -grad.

30 In einem dritten Zeitraum 54 wird die Laser-Bestrahlung des Teilstücks 4 abgeschaltet und das Teilstück 4 wieder auf Ofentemperatur abgekühlt, wobei auch der indirekt erwärmte Hauptteil 3 wieder auf Ofentemperatur abkühlt.

In einem vierten Zeitraum 56 wird ferner der Ofen abgeschaltet so dass eine Abkühlung auf Raumtemperatur erfolgt. Hierbei findet eine Spaltbildung 48 entlang der Trennlinie 21 statt, so dass das innenliegende Teilstück 4 entnommen werden kann.

In Fig.13 sind, ähnlich wie in Fig.12, die relativen Verlagerungen ε zweier Punkte 40P, 42P während eines Standard-Ablöseprozesses ohne Ofenerwärmung gezeigt.

Ausgehend von z.B. Raumtemperatur wird hierbei in einem Zeitraum 52' wiederum Material im Bereich des Teilstücks 4 mittels eines Lasers aufgeheizt und zur Gefügeumwandlung 44 (Keramisierung) gebracht. Analog zu dem in Fig.12 beschriebenen Beispiel entsteht durch die Keramisierung ein Knick in der Kurve 40, d.h. die Ausdehnung ist geringer als ohne Keramisierung zu erwarten wäre (Kurve 40').

In den Zeiträumen 54' und 56' findet keine Laser-Bestrahlung des Teilstücks 4 mehr statt, so dass eine Abkühlung des Teilstücks 4 sowie des Hauptteils 3 auf die Ausgangstemperatur erfolgt. Hierbei findet wiederum eine Spaltbildung 48 entlang der Trennlinie 21 statt, so dass das innenliegende Teilstück 4 entnommen werden kann.

In Bezug auf die Längenänderung und insbesondere des dabei entstehenden Schrumpfes des Materials während eines typischen Keramisierungsprozesses wird hiermit auch verwiesen auf Bach, Krause (Hrsg.): Low Thermal Expansion Glass Ceramics, Springer-Verlag, Sec. Ed., 2005, Seite 43. Die gezeigte Figur 2.22 und die Figur 2.23 (Length

variation of Robax® base glass during ceramization with a heating rate of 5K/min) werden hiermit durch Referenz inkorporiert. Anzumerken ist, dass die Heizrate dort lediglich 5 K/min beträgt und damit wesentlich geringer ist als bei einem Laserkeramisierungsprozess.

Entsprechend der vorstehend beschriebenen Diagramme kann allgemein, in Bezug auf sämtliche Ausführungsbeispiele, das Teilstück gezielt in einen für die Keramisierung relevanten Temperaturbereich zwischen Raumtemperatur und Schmelztemperatur, vorzugsweise zwischen 300°C und Schmelztemperatur, besonders bevorzugt zwischen 500°C und Schmelztemperatur erwärmt werden. Ferner ist insbesondere vorgesehen, dass die Temperatur in diesem Bereich für ein Zeitintervall von mindestens 10 Sekunden, vorzugsweise mindestens 25 Sekunden, noch bevorzugter mindestens 50 Sekunden zu halten. Vorzugsweise sind, wie oben beschrieben, ferner Keimbildner vorhanden, um bei einer beschriebenen, geeigneten Temperaturführung eine Keramisierung zu beschleunigen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ablösen eines Teilstücks (4) von einem flächigen Glas- oder Glaskeramikelement (2) entlang einer vorgesehenen Trennlinie (21), welche das Glas- oder Glaskeramikelement (2) in das abzulösende Teilstück (4) und einen zu verbleibenden Hauptteil (3) einteilt, wobei
- nebeneinander entlang der Trennlinie (21) filamentförmige Schädigungen (20) im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelements (2) erzeugt werden, und
 - die filamentförmigen Schädigungen (20) durch Laserpulse (12) eines Lasers (10) erzeugt werden, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2) für die Laserpulse (12) transparent ist, und
 - die Auftreffpunkte (13) der Laserpulse (12) auf dem Glas- oder Glaskeramikelement (2) über dessen Oberfläche (22) entlang der Trennlinie (21) bewegt werden, und
 - nachdem die nebeneinander entlang der Trennlinie (21) angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20) erzeugt wurden, Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches sich im Bereich des Teilstücks (4) befindet, einem Phasenübergang unterzogen und zum Zusammenziehen gebracht wird, so dass sich das Teilstück (4) entlang der Trennlinie (21) an den nebeneinander angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20) von dem Hauptteil (3) ablöst, wobei zumindest der Hauptteil (3) als Ganzes erhalten bleibt.

2. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches einem Phasenübergang unterzogen wird, in eine Phase übergeht, welche gegenüber der Ausgangsphase eine höhere Raumerfüllung aufweist.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches einem Phasenübergang unterzogen wird, in eine Kristallphase übergeht.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches einem Phasenübergang unterzogen wird, auf eine Phasenübergangstemperatur erwärmt wird, insbesondere mittels einer Laserstrahlung, um den Phasenübergang einzuleiten.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2), welches sich feinverteilt über einen neben der Trennlinie (21) verlaufenden Randbereich des Teilstücks (4) befindet, einem Phasenübergang unterzogen wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Glas- oder Glaskeramikelement (2) in einem neben der Trennlinie (21) verlaufenden Randbereich des Teilstücks (4) keramisiert wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2),

welches sich feinverteilt über das gesamte Teilstück (4) befindet, einem Phasenübergang unterzogen wird.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
das Glas- oder Glaskeramikelement (2) in dem gesamten
Teilstück (4) keramisiert wird.
- 10 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
nachdem sich das Teilstück (4) entlang der
Trennlinie (21) an den nebeneinander angeordneten
filamentförmigen Schädigungen (20) von dem
Hauptteil (3) abgelöst hat, Material des Glas- oder
Glaskeramikelements (2), welches sich im Bereich des
15 Hauptteils (3) befindet, einem Phasenübergang in eine
Kristallphase unterzogen wird.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
das Glas- oder Glaskeramikelement (2), insbesondere im
Bereich des Hauptteils (3) und/oder des
Teilstücks (4), auf eine Oberflächentemperatur
oberhalb der Raumtemperatur und unterhalb der
Phasenübergangstemperatur erwärmt wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
nachdem die nebeneinander entlang der Trennlinie (21)
angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20)
erzeugt wurden, ein Auftreffpunkt einer
Laserstrahlung, vorzugsweise eines
30 Kohlendioxidlasers, auf dem Glas- oder
Glaskeramikelement (2) über dessen Oberfläche (22)
entlang der Trennlinie (21) bewegt wird, so dass

entlang der Trennlinie (21) lokale Zugspannungen im Material des Glas- oder Glaskeramikelements (2) hervorgerufen werden, um eine Rissbildung zwischen benachbarten filamentförmigen Schädigungen zu bewirken.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Glas- oder Glaskeramikelement (2) eine Dicke (23) von mindestens 0,5 Millimetern, vorzugsweise von mindestens 2 Millimetern, besonders bevorzugt von mindestens 3 Millimetern, noch bevorzugter von mindestens 4 Millimetern aufweist.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das flächige Glas- oder Glaskeramikelement (2) durch die Trennlinie (21) so eingeteilt wird, dass das Teilstück (4) in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements (2) eine zweidimensionale Form annimmt, deren größte Abmessung (41) kleiner als 100 Millimeter, vorzugsweise kleiner als 80 Millimeter, besonders bevorzugt kleiner als 60 Millimeter ist.

14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das flächige Glas- oder Glaskeramikelement (2) durch die Trennlinie (21) so eingeteilt wird, dass der Hauptteil (3) in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements (2) eine zweidimensionale Form annimmt, die nicht sternförmig im mathematisch-topologischen Sinne ist.

30

15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das flächige Glas- oder Glaskeramikelement (2) durch

die Trennlinie (21) so eingeteilt wird, dass der Hauptteil (3) das Teilstück (4) in der Ebene des flächigen Glas- oder Glaskeramikelements (2) vollständig umschließt.

5

16. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei nebeneinander entlang einer von der Trennlinie (21) um mindestens 5 und höchstens 50 Mikrometer beabstandeten Versatzlinie (21') filamentförmige Schädigungen (20')
10 im Volumen des Glas- oder Glaskeramikelement (2) erzeugt werden, deren Projektion auf die Längsrichtung der entlang der Trennlinie (21) angeordneten filamentförmigen Schädigungen (20) eine Überlappung mit den entlang der Trennlinie (21) angeordneten
15 filamentförmigen Schädigungen (20) von weniger als 200 Mikrometer aufweisen.

17. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Laserpulse (12) schräg auf die Oberfläche (22) des
20 Glas- oder Glaskeramikelement (2) gerichtet werden, so dass die Lichtausbreitungsrichtung der Laserpulse (12) und damit auch die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen (20) schräg zur Oberfläche (22) verlaufen und außerdem die Trennlinie (21) schräg, vorzugsweise
25 senkrecht zur Lichteinfallsebene (15) verläuft.

18. Satz mit zwei flächigen Elementen (2, 2'), herstellbar mit einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei die zweidimensionale Form, die das eine
30 der flächigen Elemente (2) in seiner Ebene aufweist, komplementär ist zu der zweidimensionalen Form, die das andere der flächigen Elemente (2') in seiner Ebene

- aufweist, und wobei zwei Kanten (27, 28) des einen flächigen Elements (2), welche den Übergang zwischen den Seitenflächen (29, 30) und einer diese Seitenflächen (29, 30) verbindenden Kantenfläche (25) bilden, jeweils eine gleiche Form aufweisen, wie zwei Kanten (27', 28') des anderen flächigen Elements (2'), welche den Übergang zwischen den Seitenflächen (29', 30') und einer diese Seitenflächen (29', 30') verbindenden Kantenfläche (25') bilden, und wobei in diesen Kantenflächen (25, 25') der zwei flächigen Elemente (2, 2') jeweils nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen (26, 26') vorhanden sind, die Vertiefungen in diesen Kantenflächen (25, 25') bilden, wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen (26, 26') jeweils in Richtung von einer Kante (27, 27') zur anderen Kante (28, 28') verläuft.
19. Flächiges Glas- oder Glaskeramikelement (2), herstellbar mit einem Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei in einer Kantenfläche (25) des Glas- oder Glaskeramikelements (2) nebeneinander verlaufende filamentförmige Schädigungen (26) vorhanden sind, welche Vertiefungen in der Kantenfläche (25) bilden, und wobei die Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen (26) in Richtung von einer Kante (27) zur anderen Kante (28), welche den Übergang zwischen der Kantenfläche (25) und den Seitenflächen (30) des Glas- oder Glaskeramikelements (2) bilden, verläuft, und wobei die Kantenfläche (25) einen entlang der gesamten Kantenfläche (25) verlaufenden Versatz (32) aufweist, welcher im Wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung der filamentförmigen Schädigungen (26) verläuft.

20. Kochfläche umfassend ein flächiges Glas- oder
Glaskeramikelement (2) herstellbar oder hergestellt
als Hauptteil (3) mit einem Verfahren nach einem der
vorstehenden Ansprüche.
21. Kochfläche nach dem vorstehenden Anspruch, wobei der
zumindest eine dem abgelösten Teilstück entsprechende
Fehlbereich als Kochdunst-Abzug dient.
22. Kochfläche nach einem der zwei vorstehenden Ansprüche,
umfassend eine rohrförmige Kochdunst-
Aufnahmeeinrichtung, welche an das flächige Glas- oder
Glaskeramikelement angeschlossen ist, so dass der
zumindest eine dem abgelösten Teilstück entsprechende
Fehlbereich mit dem Inneren der rohrförmigen
Kochdunst-Aufnahmeeinrichtung kommuniziert.

Fig. 1

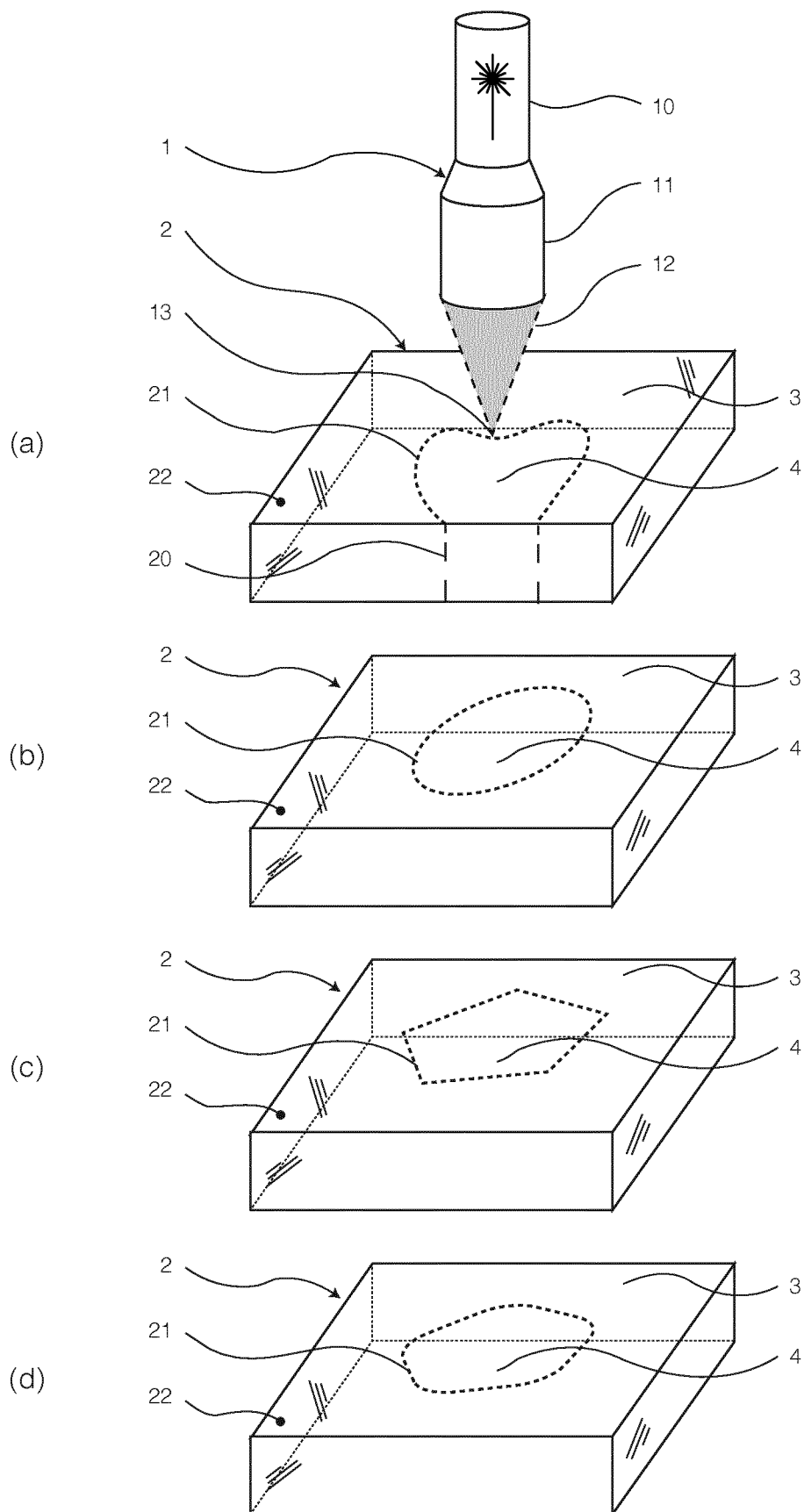


Fig. 2

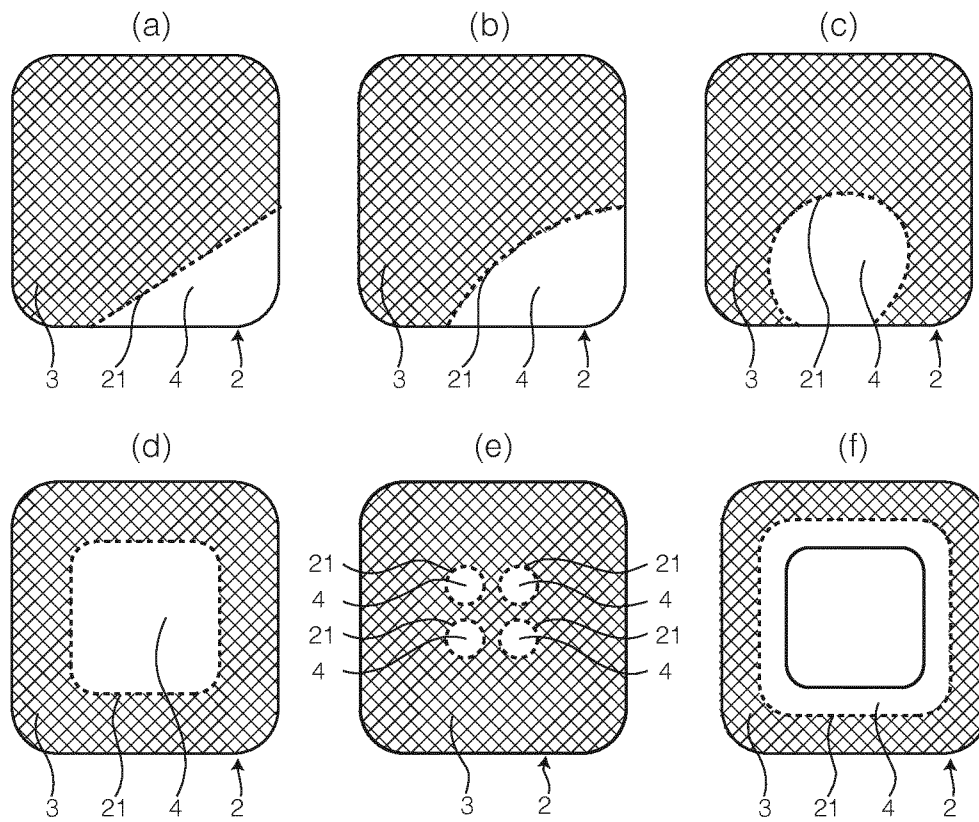


Fig. 3

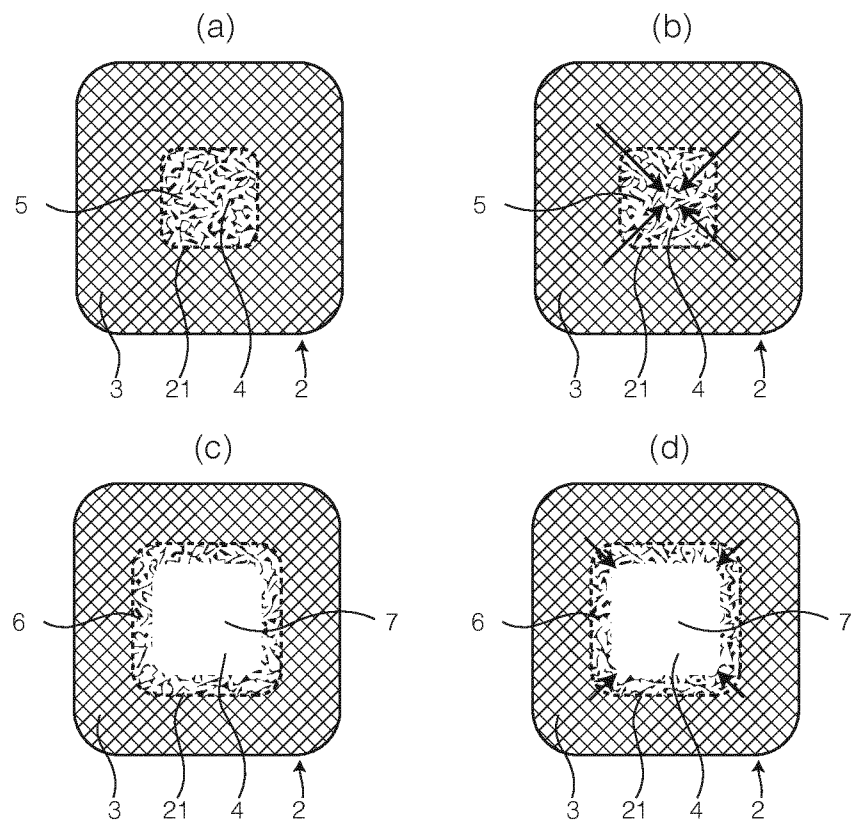


Fig. 4

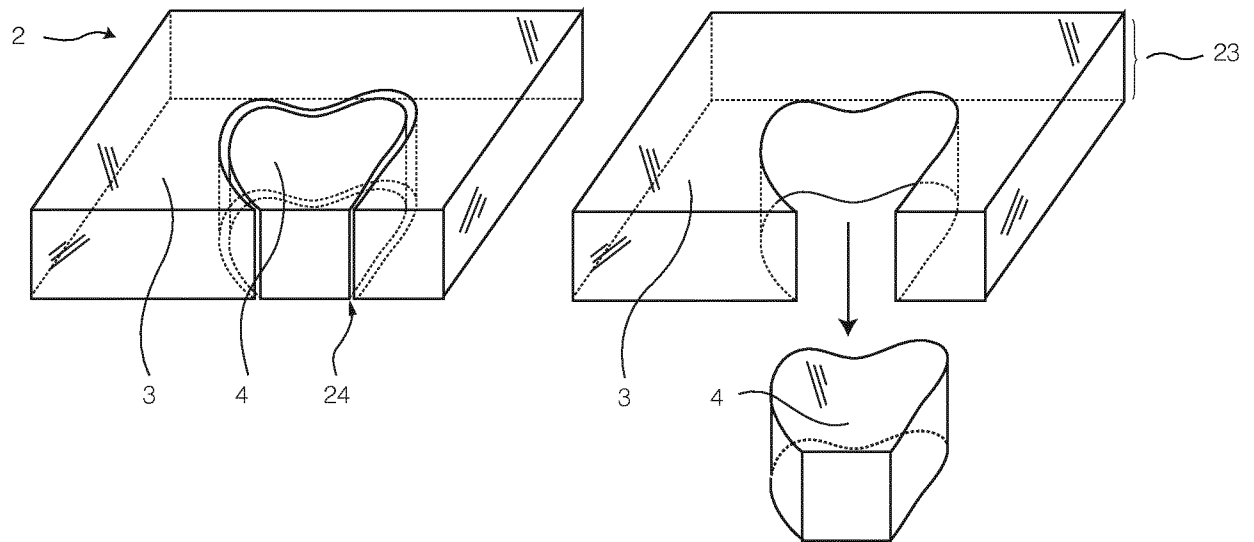


Fig. 5

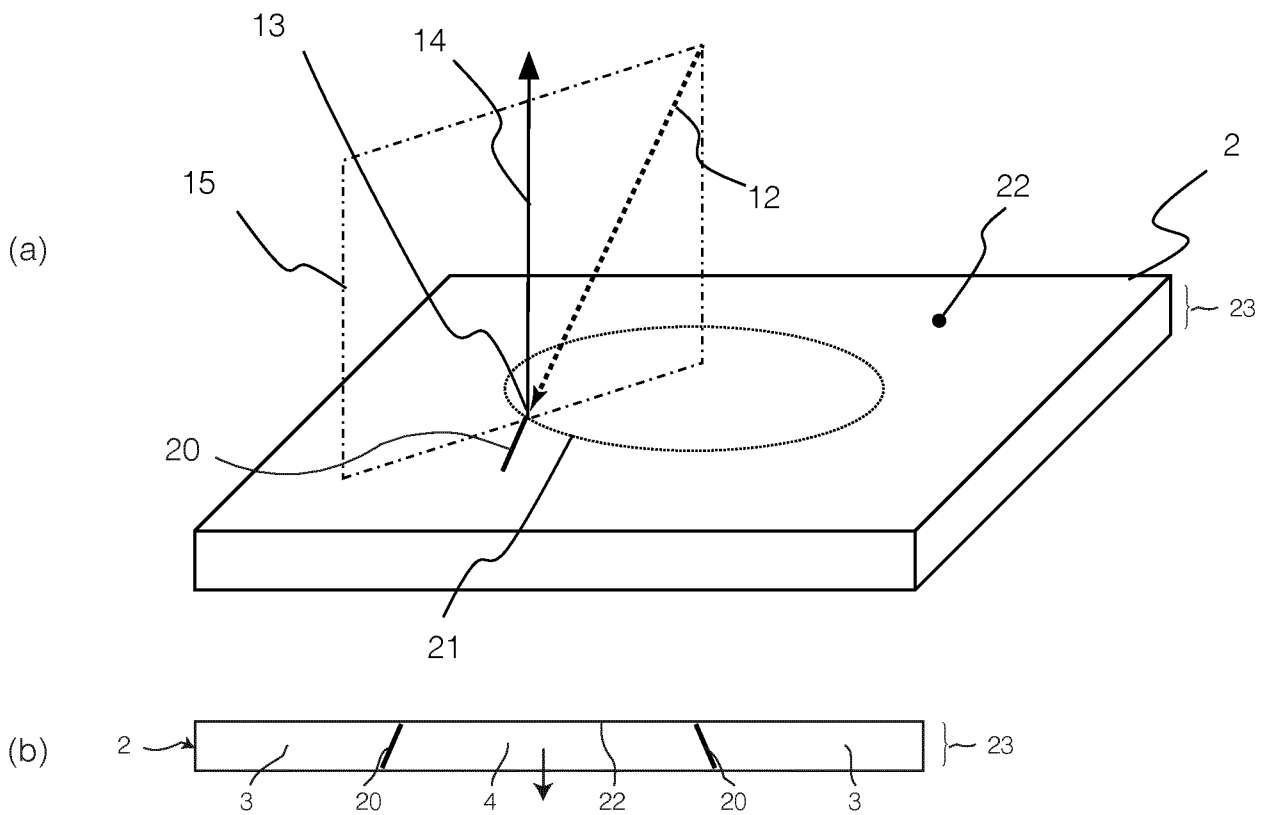


Fig. 6

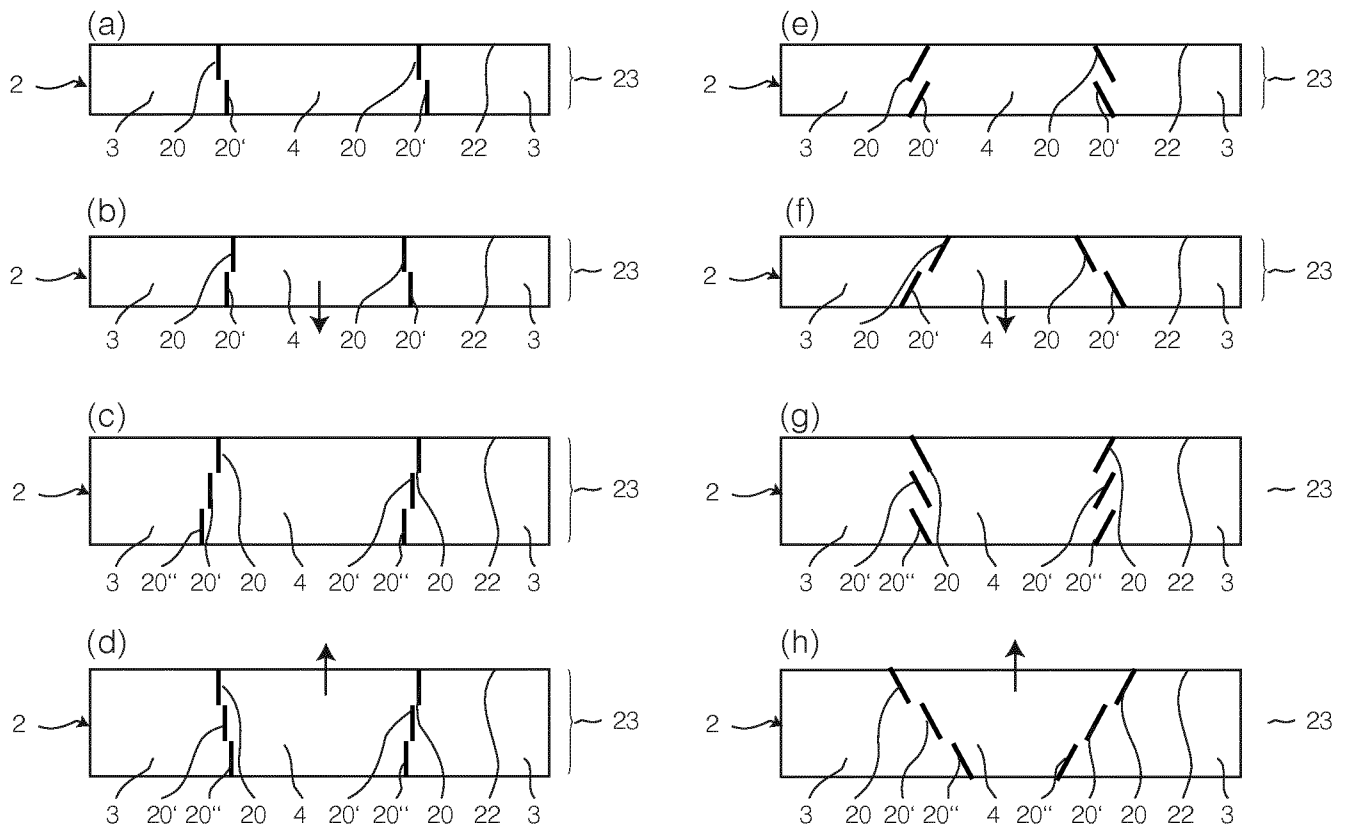


Fig. 7

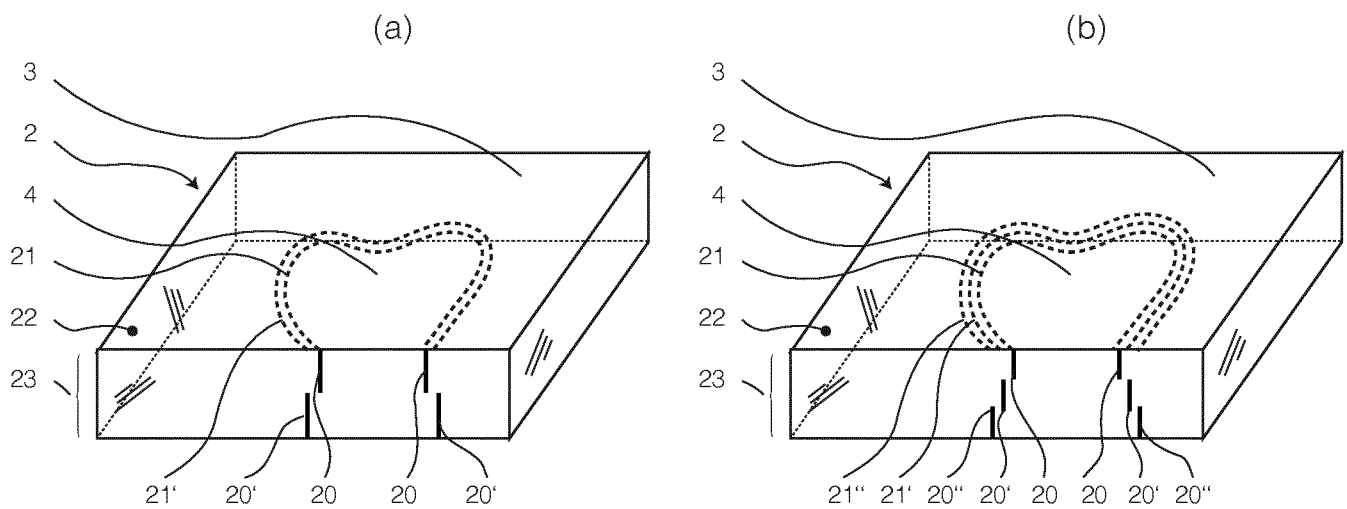


Fig. 8

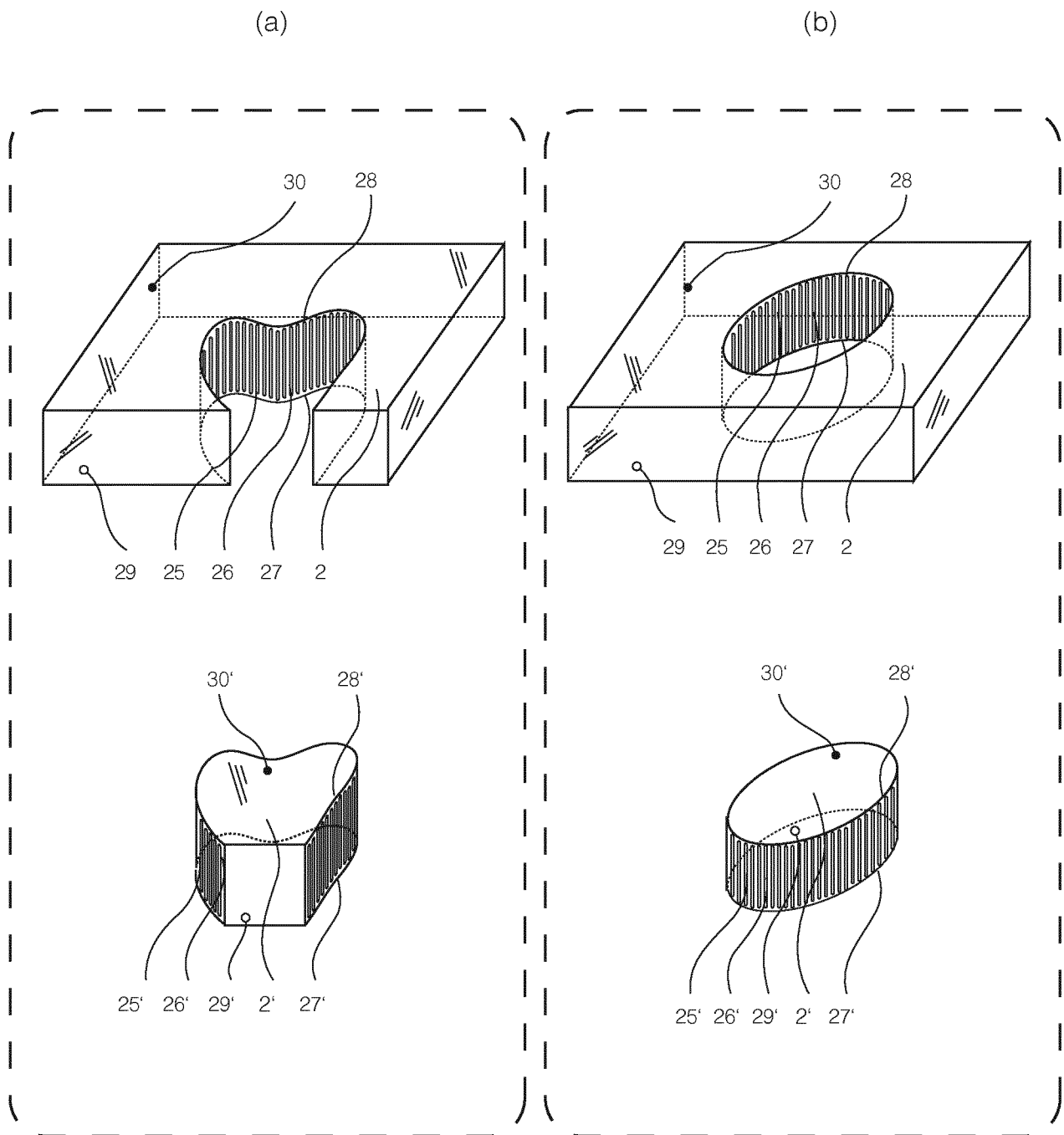


Fig. 9

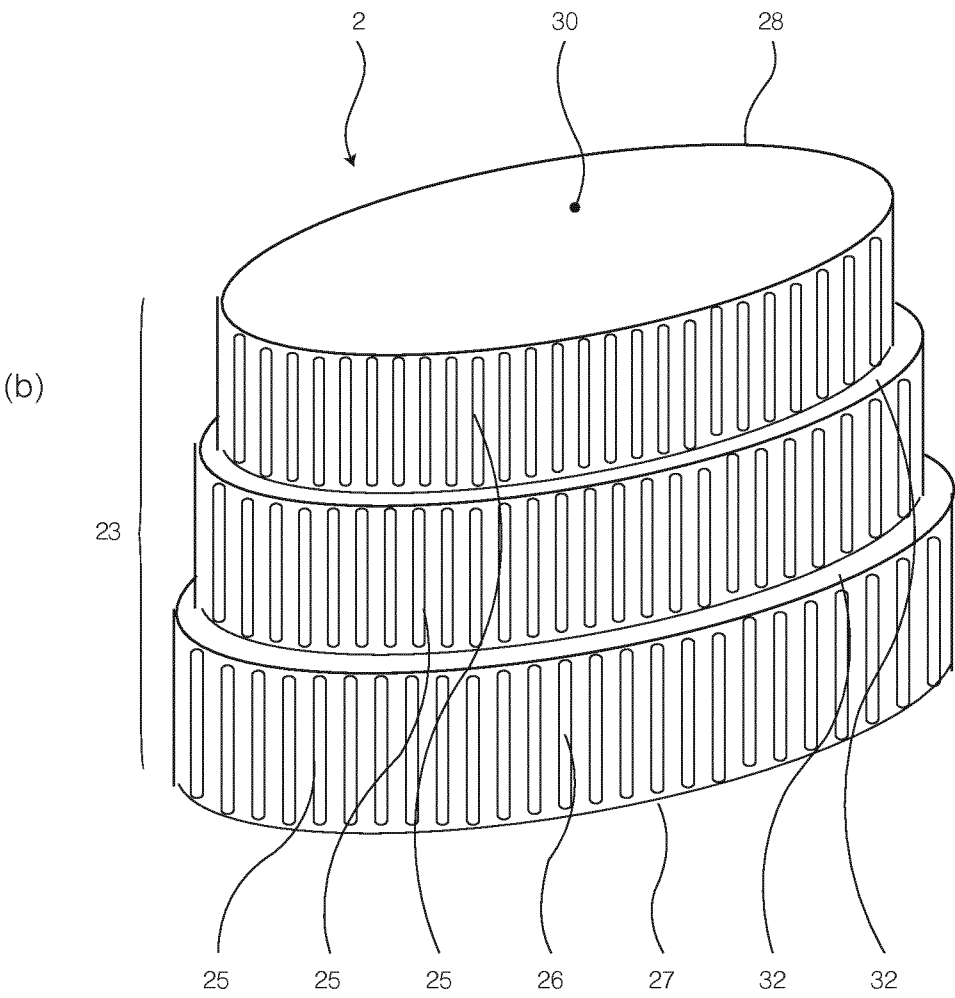
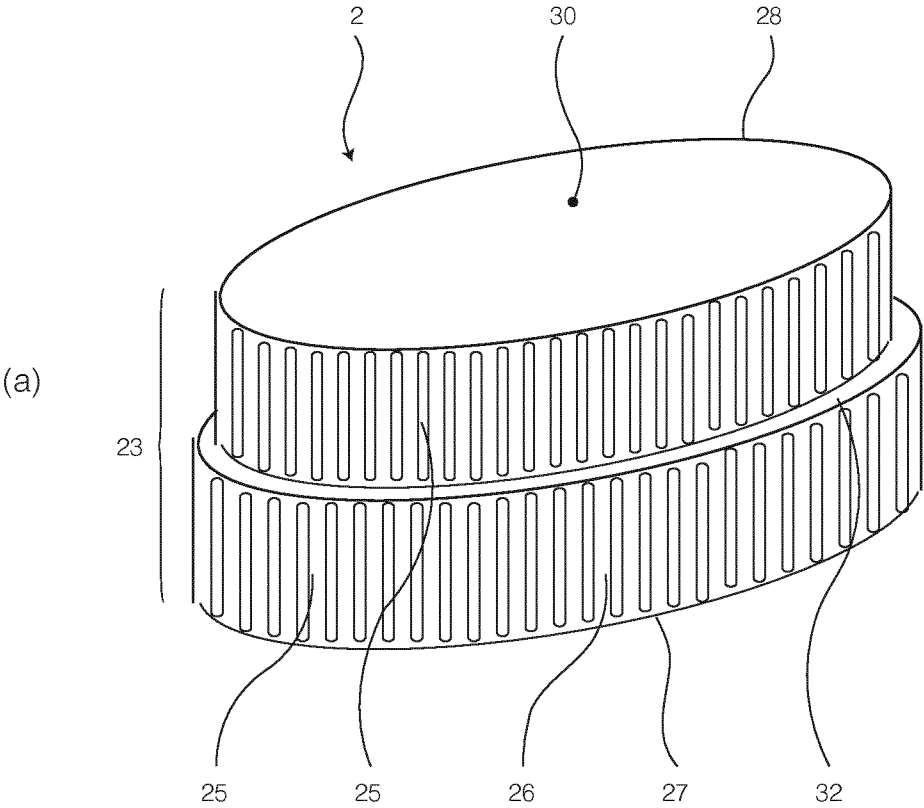


Fig. 10

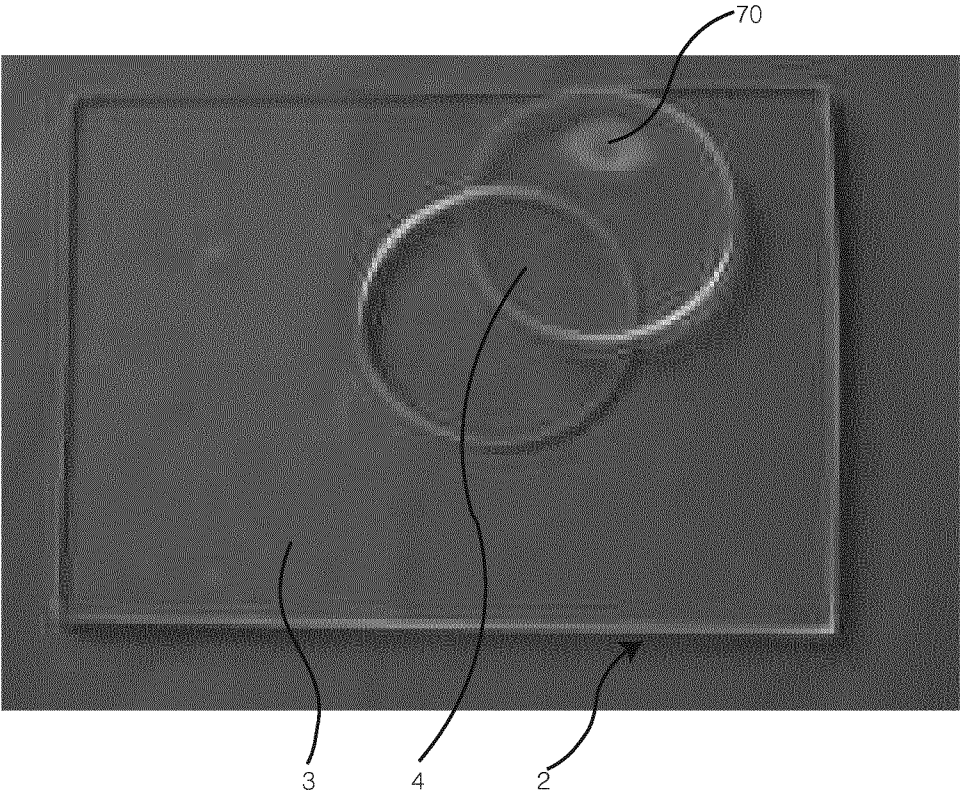


Fig. 11

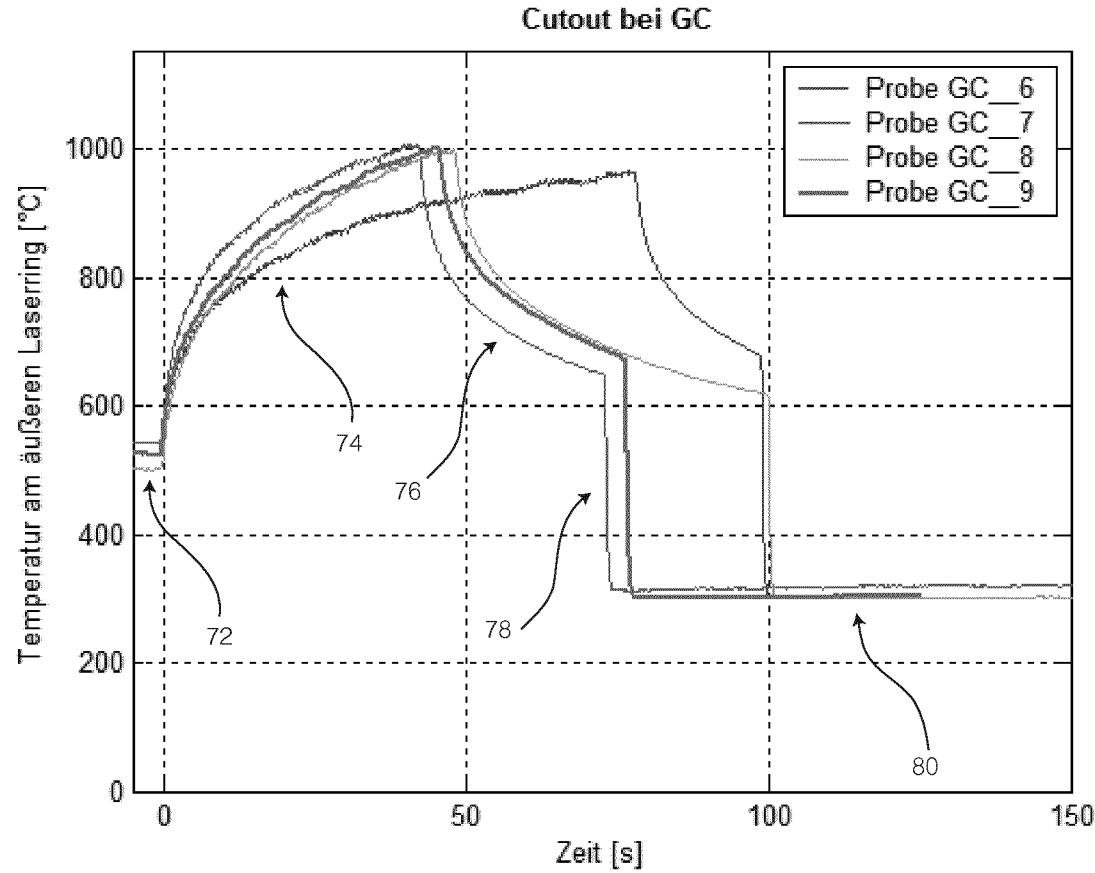


Fig. 12

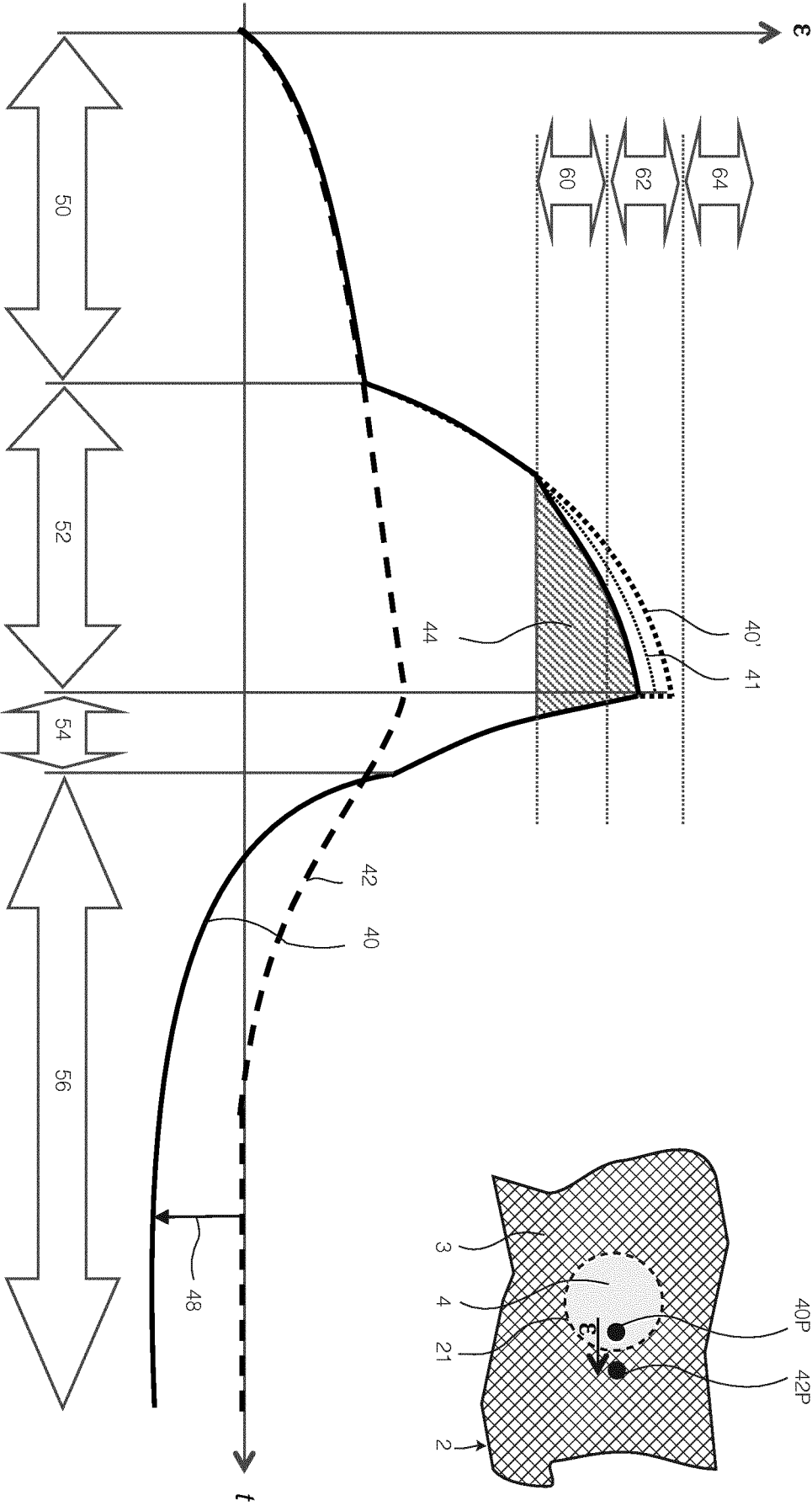
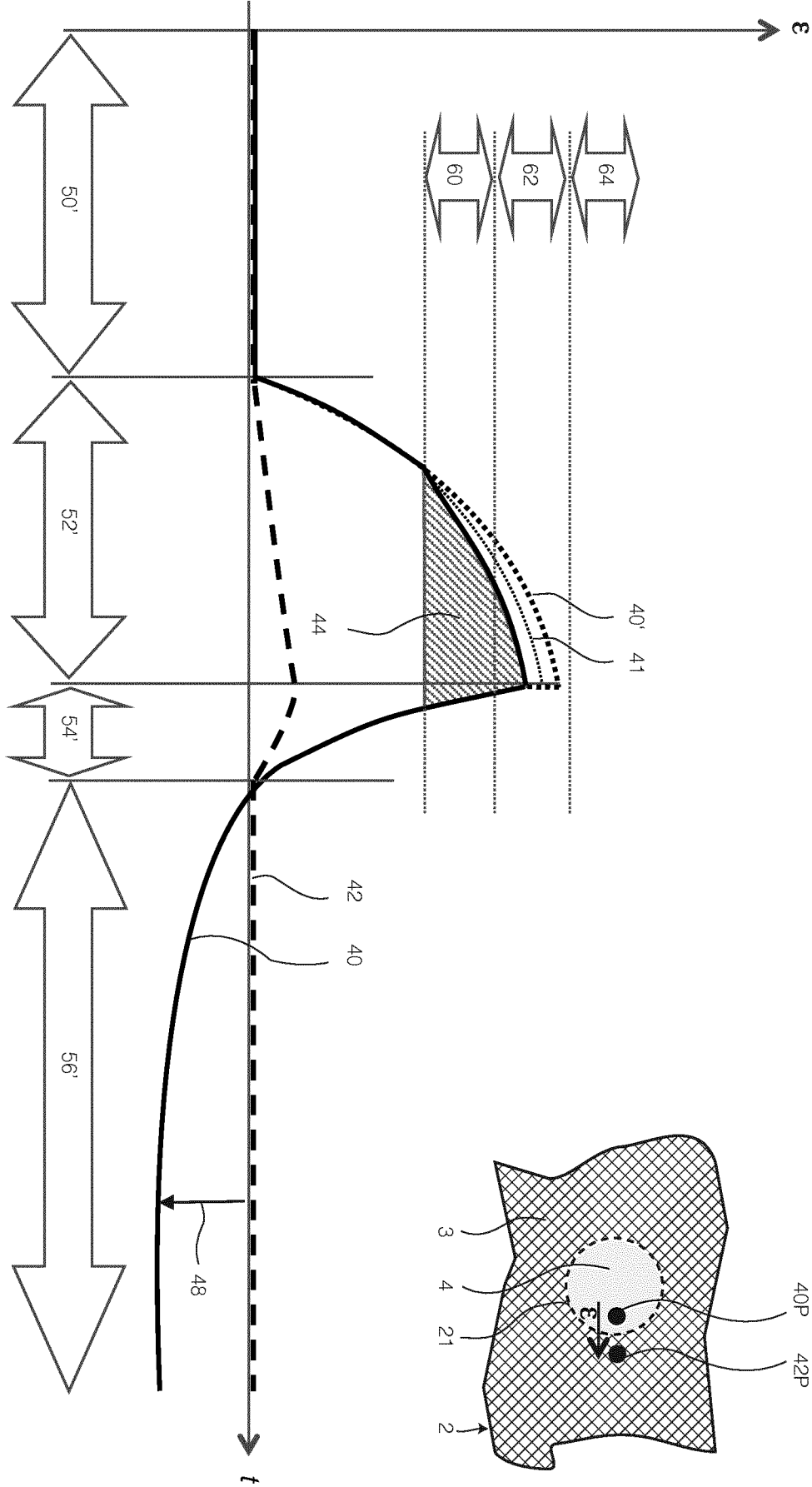


Fig. 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/079417

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C03B33/02 B23K26/00 C03B33/04 C03B32/00 C03B32/02 B23K26/0622 ADD. B23K103/00		
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	WO 2012/006736 A2 (FILASER INC [CA]; HOSSEINI S ABBAS [CA]; HERMAN PETER R [CA]) 19 January 2012 (2012-01-19) cited in the application	18-22
A	figures 9(a)-9(c) -----	1-17
X	EP 2 781 296 A1 (CORNING LASER TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 24 September 2014 (2014-09-24) cited in the application	18-22
A	figures 5-7 -----	1-17
☐ 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 6 March 2017	Date of mailing of the international search report 14/03/2017	
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 Marrec, Patrick	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/079417

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012006736	A2	19-01-2012	
		AU 2011279374 A1	07-02-2013
		CA 2805003 A1	19-01-2012
		CN 103079747 A	01-05-2013
		EP 2593266 A2	22-05-2013
		JP 2013536081 A	19-09-2013
		KR 20130031377 A	28-03-2013
		RU 2013102422 A	20-08-2014
		SG 187059 A1	28-02-2013
		US 2013126573 A1	23-05-2013
		US 2017028505 A1	02-02-2017
		WO 2012006736 A2	19-01-2012

EP 2781296	A1	24-09-2014	
		CA 2907757 A1	25-09-2014
		CN 105392593 A	09-03-2016
		EP 2781296 A1	24-09-2014
		JP 2016515944 A	02-06-2016
		KR 20160020406 A	23-02-2016
		TW 201446383 A	16-12-2014
		US 2016280580 A1	29-09-2016
		WO 2014147048 A2	25-09-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C03B33/02	B23K26/00
		C03B33/04
		C03B32/00
		C03B32/02
ADD.	B23K103/00	
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	WO 2012/006736 A2 (FILASER INC [CA]; HOSSEINI S ABBAS [CA]; HERMAN PETER R [CA]) 19. Januar 2012 (2012-01-19) in der Anmeldung erwähnt	18-22
A	Abbildungen 9(a)-9(c)	1-17
X	EP 2 781 296 A1 (CORNING LASER TECHNOLOGIES GMBH [DE]) 24. September 2014 (2014-09-24) in der Anmeldung erwähnt	18-22
A	Abbildungen 5-7	1-17
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. März 2017		14/03/2017
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 Marrec, Patrick

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/079417

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
WO 2012006736	A2	19-01-2012	AU	2011279374	A1	07-02-2013
			CA	2805003	A1	19-01-2012
			CN	103079747	A	01-05-2013
			EP	2593266	A2	22-05-2013
			JP	2013536081	A	19-09-2013
			KR	20130031377	A	28-03-2013
			RU	2013102422	A	20-08-2014
			SG	187059	A1	28-02-2013
			US	2013126573	A1	23-05-2013
			US	2017028505	A1	02-02-2017
			WO	2012006736	A2	19-01-2012

EP 2781296	A1	24-09-2014	CA	2907757	A1	25-09-2014
			CN	105392593	A	09-03-2016
			EP	2781296	A1	24-09-2014
			JP	2016515944	A	02-06-2016
			KR	20160020406	A	23-02-2016
			TW	201446383	A	16-12-2014
			US	2016280580	A1	29-09-2016
			WO	2014147048	A2	25-09-2014
