

(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
02. Dezember 2021 (02.12.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/239302 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23K 26/53 (2014.01) B23K 26/402 (2014.01)
B23K 26/70 (2014.01) B23K 103/00 (2006.01)
B23K 26/362 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/058498

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. März 2021 (31.03.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 114 195.5
27. Mai 2020 (27.05.2020) DE

(71) Anmelder: **LPKF LASER & ELECTRONICS AG**
[DE/DE]; Osteriede 7, 30827 Garbsen (DE).

(72) Erfinder: **AMBROSIUS, Norbert**; Wilhelm-Malsch-Weg
48, 30827 Garbsen (DE). **OSTHOLT, Roman**; Altenhorst
44, 30855 Langenhagen (DE). **DUNKER, Daniel**; Bussil-
liatweg 17, 30419 Hannover (DE). **DÖRGE, Moritz**; An
der Ziegelei 11 A, 31555 Suthfeld (DE). **HALE, Kevin**;
Peiner Weg 79, 31303 Burgdorf (DE). **VOGT, Aaron, Mi-
chael**; Geibelstraße 38, 30173 Hannover (DE).

(74) Anwalt: **SCHEFFLER, Jörg**; Arnswaldstraße 31, 30159
Hannover (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,

(54) Title: METHOD FOR INTRODUCING A RECESS INTO A SUBSTRATE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM EINBRINGEN EINER AUSNEHMUNG IN EIN SUBSTRAT

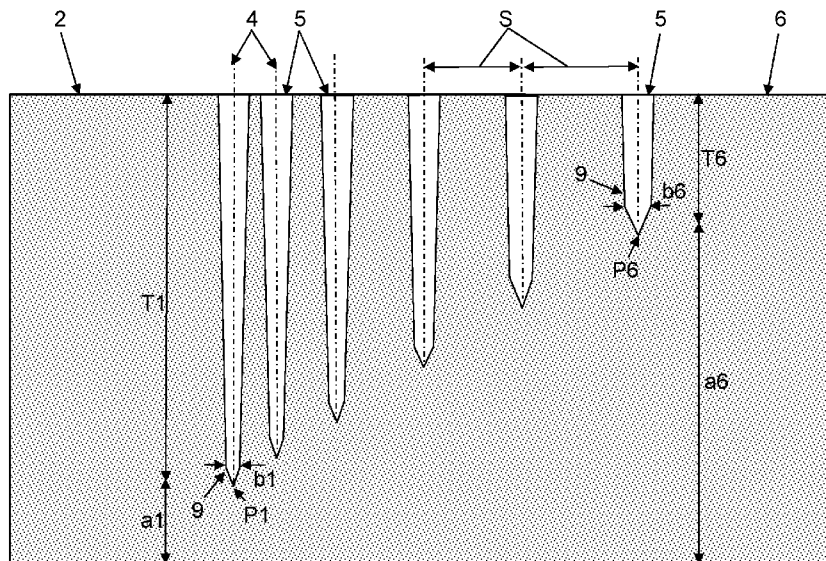


Fig. 7

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for introducing a recess in the form of an indentation into a substrate (2) by partially reducing the material thickness. A spatial beam forming of a laser beam along a beam axis (4) results in modifications (5) in the substrate (2) such that the recess is subsequently created by the action of an etching medium. A plurality of modifications (5) are introduced into the substrate (2) along parallel beam axes (4) having an extent (T) between a first outer face (6) and a position (P) within the substrate (2) with a distance a from a second outer face (7) opposite the first outer face (6). The adjacent modifications (5) have a lateral distance (S) with respect to their respective beam axes (4) that is dimensioned inversely proportional to the length or depth of the extent (T) in the substrate (2) in order to produce a nearly flat surface of the recess.

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen einer Ausnehmung als Vertiefung in ein Substrat (2) durch partielles Reduzieren der Materialstärke. Dabei kommt es durch eine räumliche Strahlformung einer Laserstrahlung entlang einer Strahlachse (4) zu Modifikationen (5) in dem Substrat (2), sodass anschließend die Ausnehmung durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums erzeugt wird. Hierzu werden eine Vielzahl von Modifikationen (5) entlang paralleler Strahlachsen (4) mit einer Erstreckung (T) zwischen einer ersten Außenfläche (6) und einer Position (P) innerhalb des Substrats (2) mit einem Abstand a von einer der ersten Außenfläche (6) gegenüberliegenden zweiten Außenfläche (7) in das Substrat (2) eingebracht. Dabei weisen die zueinander benachbarten Modifikationen (5) einen Seitenabstand (S) bezogen auf die jeweilige Strahlachse (4) auf, welcher umgekehrt proportional zu der Länge bzw. Tiefe der Erstreckung (T) in dem Substrat (2) bemessen ist, um so eine nahezu ebene Oberfläche der Ausnehmung zu erzeugen.

Verfahren zum Einbringen einer Ausnehmung in ein Substrat

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen zumindest einer nicht durchgehenden Ausnehmung als Sackloch ohne eine Durchbrechung in ein insbesondere plattenförmiges Substrat oder zum Reduzieren der Materialstärke des Substrats als Materialschwächung, bei dem der Fokus einer Laserstrahlung eine räumliche Strahlformung entlang einer Strahlachse der Laserstrahlung erfährt und bei dem mittels der Laserstrahlung entlang der Strahlachse Fehlstellen in dem Substrat erzeugt werden, ohne dass es dabei zu einem Materialabtrag des Substrats infolge der Laserstrahlung kommt, wobei eine oder mehrere Fehlstellen zumindest eine Modifikation in dem Substrat bilden, sodass anschließend die Ausnehmung oder die Materialschwächung durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums und durch sukzessives Aufätzen durch einen anisotropen Materialabtrag in dem jeweiligen Bereich der Modifikationen in dem Substrat erzeugt wird.

Das gattungsgemäße Verfahren zur Präzisionsbearbeitung von Glas mittels laserinduziertem Tiefenätzen ist unter der Bezeichnung LIDE (Laser Induced Deep Etching) bekannt geworden. Dabei ermöglicht das LIDE-Verfahren das Einbringen von extrem präzisen Löchern und Strukturen in höchster Geschwindigkeit und schafft somit die Voraussetzungen für den vermehrten Einsatz von Glas als Werkstoff in der Mikrosystemtechnik.

Bei dem beispielsweise aus der WO 2014/161534 A2 und der WO 2016/004144 A1 bekannten laserinduzierten Tiefenätzen wird ein transparentes Material mittels eines Laserpulses oder einer Pulsfolge über einen länglichen Bereich entlang der Strahlachse, häufig über die gesamte Dicke des transparenten Materials, beispielsweise bei Glasplatten, modifiziert, sodass in einem anschließenden nasschemischen Ätzbad die Modifikation anisotrop geätzt wird.

Aus der WO 2016/041544 A1 ist ein Verfahren zum Einbringen einer Ausnehmung, beispielsweise ein Sackloch, in ein plattenförmiges Substrat mittels Laserstrahlung bekannt,

wobei es aufgrund der Einwirkung eines ätzenden Mediums durch sukzessives Aufätzen zu einem anisotropen Materialabtrag in den modifizierten Bereichen des Substrats kommt.

Als nachteilig erweist sich bei den laserinduzierten Ätzverfahren allerdings, dass das einseitige Ätzen, beispielsweise zur Herstellung von Sacklöchern oder sonstigen einseitigen Ausnehmungen, zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der gegenüberliegenden Außenfläche des Substrats erfordert und dass die zwischen den gegenüberliegenden Seiten durchgehenden Modifikationen die Materialeigenschaften des Substrats auch auf der der Ausnehmung abgewandten Außenfläche des Substrats verändern.

Die EP 2 503 859 A1 beschreibt ein selektives Laser-Ätzverfahren, bei dem das Glassubstrat mit einem Laser bestrahlt wird, der auf einen Fokuspunkt an einer gewünschten Position innerhalb des Glassubstrats fokussiert wird. Indem das Glassubstrat in eine Ätzlösung getaucht wird und so die modifizierten Bereiche aus dem Glassubstrat entfernt werden, lassen sich komplexe 3D-Strukturen in Glas oder Sacklöcher herstellen. Der Ätzabtrag erfordert es, dass einzelne Volumina, beispielsweise der Größe von $10 \times 10 \times 10 \mu\text{m}^3$, modifiziert werden, wozu der Fokuspunkt in dem Glassubstrat entsprechend neu ausgerichtet werden muss. Zwar lassen sich so modifizierte Volumina beliebig kombinieren, womit allerdings ein hoher zeitlicher Aufwand und Steuerungsaufwand verbunden ist.

In der DE 10 2018 110 211 A1 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem die Fokuslage und die Tiefe in einem Substrat steuerbar sind, um filamentförmige Schädigungen als sehr feines Sackloch in unterschiedlicher Länge in dem Substrat zu erzeugen. Diese filamentförmige Schädigung wird in ihrem Durchmesser durch das nachfolgende isotrope Ätzen vergrößert, um eine Kavität mit einer komplexen Geometrie durch das Verbinden von mindestens zwei zueinander benachbarten Filamenten zu erzeugen.

Die DE 10 2011 111 998 A1 betrifft ein Verfahren zur Strukturierung einer Oberfläche, wobei die Oberfläche mit einem Laser bestrahlt und bereichsweise, beispielsweise in einem Bereich unterhalb der Oberfläche, modifiziert wird. In einem Ätzprozess werden in der Oberfläche in den modifizierten Bereichen Vertiefungen erzeugt oder vergrößert. Durch die Laserbestrahlung kommt es zu einer Veränderung des Werkstoffs, die zu einer Veränderung in der Wirkung des Ätzmittels führt. Die Veränderung des Werkstoffs können Mikroversetzungen, Mikrorisse, Mikrobohrungen, Mikrovertiefungen oder ein Phasenwechsel sein, wobei beispielsweise eine Strukturänderung oder auch ein Anschmelzen durch die Laserbestrahlung erzielt werden kann.

Die EP 2 600 411 A1 beschreibt das Bestrahlen eines Substrats mit Laserlicht zur Erzeugung mehrerer modifizierter Gebiete innerhalb des Substrats und ein anisotropes Ätzen der Oberfläche derart, dass Vertiefungen und Erhebungen auf der Oberfläche des Substrats gebildet werden. Die modifizierten Gebiete werden erzeugt, indem das Substrat mehrere Male mit Laserlicht bestrahlt wird, während der Abstand zwischen der Oberfläche des Substrats und einem Konvergenzpunkt des Laserlichts geändert wird.

Außerdem ist auch aus der US 2012 / 0 295 066 A1 ein anisotropes Ätzen bekannt.

Ferner betrifft die DE 10 2014 109 792 A1 ein Verfahren, bei dem auf einer Oberfläche des Elements aus Glas entlang einer Trennlinie zumindest abschnittsweise eine punktförmige Oberflächenschädigung erzeugt wird, welche in das Element hineinragt. Hierzu erfolgt mittels Laserstrahlung ein Lasereinschuss auf die Oberfläche des Elements, um ein Sackloch oder eine Vielzahl punktförmiger Sacklöcher bzw. eine linienförmige Laserspür zu erzeugen. Eine linienförmige Oberflächenschädigung kann durch die Aneinanderreihung von Sacklöchern erzeugt werden, die im Bereich ihrer Öffnungen aneinanderstoßen oder, besonders vorteilhaft, überlappen können.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufwand zur Herstellung von Ausnehmungen in einem Substrat durch laserindiziertes Ätzen wesentlich zu verringern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die weitere Ausgestaltung der Erfindung ist den Unteransprüchen zu entnehmen.

Erfindungsgemäß ist also ein Verfahren vorgesehen, bei dem eine Vielzahl von Modifikationen entlang insbesondere parallel beabstandeter Strahlachsen in das Substrat eingebracht werden, wobei die Strahlachsen einen Seitenabstand zwischen einem Minimum und einem Maximum voneinander aufweisen, derart dass sich jede Modifikation von einer ersten Außenfläche in Richtung der gegenüberliegenden zweiten Außenfläche des Substrats bis zu einer zwischen den Außenflächen liegenden Position mit einem Abstand von der gegenüberliegenden Außenfläche erstreckt. Der erfindungswesentliche Gedanke beruht auf dem Gedanken, eine Modifikation zu erzeugen, die sich nicht über die gesamte Materialstärke des Substrats, sondern lediglich von einer Außenfläche bis zu einem zwischen den Außenflächen liegenden Bereich erstreckt. Dadurch kann eine einseitige Ausnehmung ohne eine Abdeckung, beispielsweise ein Ätzresist durch Eintauchen in ein Ätzbad, eingebracht werden, wobei das Substrat im Bereich der Modifikationen anisotrop

und in den übrigen Bereichen isotrop geätzt wird. Indem die Modifikationen sich nicht bis zu der gegenüberliegenden Außenfläche erstrecken, bleiben die Eigenschaften des Substrats an dieser Außenfläche unverändert, wodurch sich eine Vielzahl von bisher nur eingeschränkt realisierbaren Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Zudem hat sich herausgestellt, dass sich durch die räumliche Strahlformung und die dadurch entstehende einheitliche, kontinuierliche und unterbrechungsfreie Modifikation von der Außenfläche bis zu der vorbestimmten Position innerhalb des Substrats ein wesentlich homogenerer Ätzabtrag erzielen lässt, als dies bei solchen Verfahren der Fall ist, bei denen entlang einer Strahlachse mehrere Volumina mit entsprechend veränderten Fokuslagen nacheinander eingebracht werden. Zudem lässt sich die Prozessdauer und der Steuerungsaufwand erheblich reduzieren, indem der Laserstrahl während der Bearbeitung ausschließlich parallel zu der Oberfläche des Substrats bewegt wird, also lediglich die gewünschte Kontur abgefahren werden muss, ohne die Fokussierung zu verändern. Der Energieeintrag der Laserstrahlung dient dabei zur Anregung bzw. Auslösung einer Reaktion und zur Erzeugung von Fehlstellen, die in der Summe oder jeweils Modifikationen bilden, deren Wirkung erst im nachfolgenden Verfahrensschritt durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums zu dem gewünschten Materialabtrag führt bzw. genutzt wird.

Erfindungsgemäß werden mittels der Laserstrahlung Fehlstellen in dem Substrat erzeugt und zumindest eine Modifikation in dem Substrat gebildet, die jedoch für sich genommen keinen Materialabtrag zur Folge hat. Anschließend, d. h. ohne einen vorhergehenden Materialabtrag, werden die Ausnehmung oder die Materialschwächung durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums durch einen anisotropen Materialabtrag in dem jeweiligen Bereich der Modifikationen in dem Substrat erzeugt. Der Materialabtrag entsteht daher ausschließlich infolge der Ätzwirkung des ätzenden Mediums und nicht in direkter Folge der Einwirkung der Laserstrahlung.

Ein besonders vorteilhafter Effekt entsteht erfindungsgemäß auch dadurch, dass die entstehenden Ausnehmungen im Bereich ihrer stirnseitigen Begrenzungsfläche, die vorzugsweise parallel zu der Außenfläche verläuft, eine sehr geringe Rauheit bzw. Welligkeit aufweisen. Die auf diese Weise herstellbaren Überhangstrukturen weisen dadurch eine bisher unerreichte homogene Materialstärke auf.

Selbstverständlich muss dabei erfindungsgemäß nicht zwingend auf den Einsatz einer Abdeckung, insbesondere eines Ätzresists, verzichtet werden, wenn beispielsweise einzelne Bereiche vor einem unerwünschten Ätzabtrag geschützt werden sollen. Auch eine lediglich einseitige Ätzwirkung kann problemlos realisiert werden und ist Gegenstand der Erfindung.

Dabei ist es besonders praxisgerecht, wenn das Substrat in ein Ätzbad getaucht wird, insbesondere also ohne eine Abdeckung oder ein Ätzresist geätzt wird, sodass es durch den Ätzangriff an der ersten Außenfläche zu einem anisotropen Materialabtrag und an der zweiten Außenfläche zu einem isotropen Materialabtrag kommt. Dadurch können beispielsweise auch einander gegenüberliegende Ausnehmungen in die Außenflächen eingebracht werden, die lediglich durch eine dünne Membran getrennt sind, wobei die Ebene der Membran selbstverständlich auch von der Mittelebene zwischen den Außenflächen abweichen kann. Derartige Strukturen sind mit den bisherigen Verfahren nicht oder nur mit hohem Aufwand durch mehrstufige Ätzverfahren realisierbar.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung wird dadurch erreicht, dass die Modifikationen durch mehrere Pulse mit übereinstimmender Strahlachse eingebracht werden, wobei zumindest einzelne Pulse mit einem Energieeintrag unterhalb eines Schwellwerts für die Modifikation eingebracht werden und lediglich eine Anregung des betroffenen Substratmaterials bewirken, und der kumulierte Energieeintrag die Modifikation erzeugt. Durch die entlang derselben Strahlachse eingebrachten Zustandsänderungen entsteht eine Aufweitung der daraus entstehenden Modifikation in der Querschnittsebene zu der Strahlachse oder eine Abstumpfung des Kegelwinkels, sodass die Ausnehmung im Idealfall zylindrisch ist. Hierdurch wird im Gegensatz zum Stand der Technik, bei dem benachbarte Modifikationen bei der Durchführung des Ätzverfahrens zu kegelförmigen Vertiefungen in der Ebene der Ausnehmung führen, eine weitgehend ebene Begrenzungsfläche der Ausnehmung erreicht. Indem jeder Puls durch die bewirkte Anregung die optischen Eigenschaften des Substrats verändert und dadurch eine Streuung bewirkt, die eine Verbreiterung der Einflusszone konzentrisch um die Strahlachse zur Folge hat, wächst das dadurch begrenzte Volumen in der Breite quer zur Strahlachse. Zugleich entsteht hierdurch eine in der Querschnittsebene verlaufende Stirnfläche oder eine geringfügig kegelförmige Vertiefung mit einem stumpfen bzw. flachen Winkel. Im Ergebnis wird eine Formung der Modifikation bewirkt, deren Länge konstant bleibt, deren Durchmesser jedoch durch die Anzahl sowie Parameter der Pulse bestimmt ist.

Man könnte daran denken, den Abstand benachbarter Strahlachsen derart auszuwählen, dass sich Überlappungen der Modifikationen ergeben. Besonders sinnvoll ist es hingegen, wenn der Abstand der Strahlachse so eingestellt wird, dass die eingebrachten Modifikationen einander nicht überlappen, sondern mit einem geringen Abstand aneinander angrenzen, sodass die durch den anisotropen Materialabtrag in den modifizierten Bereichen entstandenen Ausnehmungen einander quer zur Strahlachse überlappen.

Um unerwünschte Wechselwirkungen beim Einbringen benachbarter Modifikationen, sogenannte Abschattungseffekte, für die Laserstrahlung durch vorangegangene Modifikationen zu vermeiden, wird der Abstand der Modifikationen (p) in Abhängigkeit des Durchmessers der aufgeätzten Ausnehmungen (d) nach der Formel $10 > d/p > 1,15$ bestimmt. Somit ist der Durchmesser (d) der jeweiligen Ausnehmung mindestens 1,15-mal so groß wie der Abstand der Modifikationen (p), damit ein zusammenhängendes Volumen entsteht. Zugleich ist aber auch ein Mindestabstand der Modifikationen (p) einzuhalten, der nicht kleiner als ein Zehntel des Durchmessers sein darf, da es sonst zu Randeffekten durch Abschattung kommt.

Hierbei hat es sich bereits als besonders zweckmäßig erwiesen, wenn die Modifikationen mit einem regelmäßigen Muster und/oder einer regelmäßigen Struktur in das Substrat eingebracht werden. Hierdurch ergibt sich ein gleichmäßiges Muster in der die Ausnehmung bestimmenden Fläche, wobei insbesondere unerwünschte Materialschwächungen vermieden werden und die Eigenschaften der Fläche über die gesamte Erstreckung der Ausnehmung weitgehend homogen sind.

Hierzu erweist es sich als besonders praxisnah, wenn der Abstand einer Modifikation von allen benachbarten Modifikationen zumindest im Wesentlichen übereinstimmend ausgewählt wird, sodass sich beispielsweise eine hexagonale Struktur der Modifikationen ergibt. Es kann zudem von Vorteil sein, die aufeinanderfolgenden Modifikationen nicht in der Reihenfolge benachbarter Modifikationen einzubringen, sondern gegebenenfalls zunächst weiter entfernte Modifikationen einzubringen. Hierdurch werden insbesondere Wechselwirkungen aufgrund thermischer Einflüsse vermieden.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltungsform der Erfindung wird auch dadurch erreicht, dass zumindest einzelne der zueinander benachbarten, insbesondere parallelen Modifikationen unterschiedliche Seitenabstände in einer gemeinsamen Querebene parallel zu der Außenfläche aufweisen und dass der jeweilige Seitenabstand in Abhängigkeit der Erstreckung, also der Länge der Modifikation zwischen der Außenfläche und der Position in dem Substrat, derart eingestellt wird, dass bei einer größeren Erstreckung der Seitenabstand reduziert wird und umgekehrt, sodass sich also der Seitenabstand und die Erstreckung umgekehrt proportional verhalten. In überraschender Weise hat sich nämlich gezeigt, dass die so erzeugte Ausnehmung oder Materialschwächung bei Beachtung dieses Zusammenhangs zwischen Seitenabstand und Erstreckung eine regelmäßige, in der Praxis nahezu ebene Oberfläche aufweist, was bei einem von der Erstreckung unabhängigen

Seitenabstand nicht der Fall ist. Dieser erfindungsgemäß nutzbare Effekt beruht auf der Erkenntnis, dass in einem Endabschnitt der Modifikation nahe der Position in dem Substrat die Querschnittsfläche der Modifikation reduziert ist, was seine Ursache in einem konvergierenden Verlauf der Modifikationen hat. Eine optimale Fläche lässt sich daher durch ein reziprokes Verhältnis zwischen der Erstreckung und dem Seitenabstand benachbarter Modifikationen erzielen.

Eine andere, ebenfalls besonders bevorzugte Abwandlung der Erfindung wird dann erreicht, wenn abschnittsweise entlang identischer oder paralleler Achsen verschiedene Modifikationen in das Substrat eingebracht werden, die sich einerseits zwischen der ersten Außenfläche und einer Position innerhalb des Substrats, andererseits zwischen der zweiten Außenfläche und einer Position innerhalb des Substrats erstrecken und deren Erstreckung übereinstimmend sein kann. Dadurch lässt sich eine dreidimensionale Kontur in dem Substrat erzeugen, wobei die Laserstrahlung durch dieselbe Außenfläche in das Substrat eintritt. Dabei erstreckt sich die jeweilige Modifikation von der ersten oder der zweiten Außenfläche bis zu der vorbestimmten Position innerhalb des Substrats. Der Ätzangriff durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums erfolgt dabei von beiden Seiten, insbesondere durch Eintauchen in das Ätzmedium, sodass es zu einem beidseitigen bzw. allseitigen Materialabtrag kommt. Hierdurch lassen sich mit einem vergleichsweise geringen Aufwand selbst komplexe Strukturen durch Einbringen der Modifikationen und anschließendes Ätzen erzeugen.

Gemäß einer besonders Erfolg versprechenden Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem Modifikationen zwischen einerseits einer Position innerhalb des Substrats und andererseits entweder der ersten Außenfläche oder der zweiten Außenfläche mit übereinstimmender Erstreckung oder mit demselben Abstand zu der benachbarten Außenfläche entlang identischer Achsen in das Substrat eingebracht werden, kann eine Abrundung von Trennflächen, beispielsweise durch beidseitige Fasen entlang der Umfangskontur eines aus dem Substrat herzustellenden Ausschnitts, vorgenommen werden. Somit erfolgt das Ausschneiden entlang der Sollkontur und das Einbringen von Fasen zur Vermeidung unerwünschter scharfer Kanten in einem einzigen Verfahrensschritt.

Bei einer anderen, ebenfalls besonders zweckmäßigen Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden eine Vielzahl benachbarter, entlang paralleler Achsen in das Substrat eingebrachter Modifikationen jeweils zu verschiedenen Positionen innerhalb des Substrats mit unterschiedlichem Abstand zu der benachbarten Außenfläche eingebracht, wobei die Positionen auf einer gemeinsamen, zu der Außenfläche nicht parallelen Ebene liegen. Auf

diese Weise lässt sich so eine ebene Materialschwächung oder Ausnehmung mit einer gegenüber der Außenfläche geneigten Orientierung erzeugen.

Selbstverständlich lassen sich in gleicher Weise auch gewölbte Flächen erzeugen, um so insbesondere Unstetigkeitsstellen in einem Übergangsbereich der Ausnehmung und in angrenzenden Randbereichen des Substrats zu vermeiden. Hierdurch werden unerwünschte Spannungsverläufe innerhalb des Substrats, insbesondere bei einer äußeren Krafteinwirkung, effizient vermieden und die Belastbarkeit der so erzeugten Struktur, beispielsweise einer Überhangstruktur, wesentlich erhöht.

Auf diese Weise können in ein Substrat, beispielsweise aus Glas mit einer Materialstärke zwischen 300 μm und 900 μm , insbesondere ca. 500 μm , zumindest einzelne Ausnehmungen und/oder Materialschwächungen mit einer Reststärke des Substrats von weniger als 100 μm , insbesondere beispielsweise ca. 50 μm , eingebracht werden, sodass zumindest im Bereich einzelner Ausnehmungen oder Materialschwächungen flexible Eigenschaften erzielt und dadurch beispielsweise Membrane oder Scharniere erzeugt werden können.

Die Erfindung lässt verschiedene Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt in

- Fig. 1 eine Seitenansicht eines Substrats mit einer Modifikation, die sich mit einer bis zu einer Position innerhalb des Substrats erstreckt;
- Fig. 2 eine durch Ätzen erzeugte Modifikation in dem Substrat;
- Fig. 3 mehrere nebeneinander angeordnete Modifikationen mit mehreren durch den Ätzprozess überlappenden Ausnehmungen;
- Fig. 4 eine Draufsicht auf das Substrat mit einer durch mehrere benachbarte Ausnehmungen erzeugten gewellten Randkontur;
- Fig. 5 ein regelmäßiges Muster von Modifikationen und Ausnehmungen;
- Fig. 6 eine Draufsicht auf ein Substrat mit mehreren, in Reihen angeordneten Modifikationen;

- Fig. 7 eine geschnittene Seitenansicht des in Figur 6 gezeigten Substrats mit mehreren Modifikationen unterschiedlicher Erstreckung;
- Fig. 8 eine geschnittene Seitenansicht des in den Figuren 6 und 7 gezeigten Substrats nach dem Materialabtrag durch Ätzen;
- Fig. 9 eine geschnittene Seitenansicht eines weiteren Substrats mit mehreren, teilweise entlang derselben Achsen eingebrachten Modifikationen;
- Fig. 10 eine geschnittene Seitenansicht des in der Figur 9 gezeigten Substrats nach dem Materialabtrag durch Ätzen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Einbringen einer Ausnehmung 1 als Vertiefung oder Überhangstruktur in ein Substrat 2 durch partielles Reduzieren der Materialstärke 3 des Substrats 2 wird nachstehend anhand der Figuren näher erläutert. Dabei kommt es, wie in der Figur 1 zu erkennen, nach dem an sich bekannten LIDE-Verfahren (Laser Induced Deep Etching) in dem Substrat 2 zu einer räumlichen Strahlformung der nicht gezeigten Laserstrahlung entlang einer Strahlachse 4, wodurch entlang der Strahlachsen 4 Fehlstellen in dem Substrat 2 erzeugt werden, die jeweils eine Modifikation 5 in dem Substrat 2 bilden.

Anschließend wird, wie in der Figur 2 gezeigt, die Ausnehmung 1 durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums und durch den infolgedessen eintretenden anisotropen Materialabtrag in dem jeweiligen Bereich der Modifikationen 5 in dem Substrat 2 erzeugt.

Wie insbesondere in den Figuren 6 und 7 erkennbar, werden hierzu eine Vielzahl von Modifikationen 5 entlang paralleler Strahlachsen 4 mit einer Erstreckung T zwischen einer ersten Außenfläche 6 und einer Position P innerhalb des Substrats 2 mit einem Abstand a von einer der ersten Außenfläche 6 gegenüberliegenden zweiten Außenfläche 7 in das Substrat 2 eingebracht, sodass sich jede Modifikation 5 von einer Außenfläche 6, 7 in Richtung der gegenüberliegenden Außenfläche 6, 7 des Substrats 2 bis zu einer Position P innerhalb des Substrats 2 erstreckt. Dabei weisen die zueinander benachbarten Modifikationen 5 einen Seitenabstand S bezogen auf die jeweilige Strahlachse 4 auf.

Im Bereich der Modifikationen 5 entstehen durch den Ätzabtrag überlappende Ausnehmungen 1, die eine taschenartige Vertiefung bzw. eine Überhangstruktur in dem Substrat 2 mit einer Welligkeit am Boden der Ausnehmung 1 erzeugen, wobei die

verbliebene Restdicke im Bereich der taschenartigen Ausnehmungen 1 die Überhangstruktur bildet.

In der Figur 4 ist eine vergrößerte Draufsicht auf einen Randbereich der Ausnehmung 1 dargestellt. Die typische Form des Randbereichs entsteht durch den Seitenabstand S zwischen den Modifikationen 5 und die Größe der aufgezätzten Ausnehmungen 1, gekennzeichnet durch die Breite b , die zugleich den Radius in einer Ecke des Randbereichs bestimmt.

Ergänzend ist in der Figur 5 in einer Draufsicht das regelmäßige Muster von Modifikationen 5 und Ausnehmungen 1 in dem Randbereich der Ausnehmung 1 dargestellt.

Der Seitenabstand S benachbarter Modifikationen 5 ist umgekehrt proportional zu der Länge bzw. Tiefe der Erstreckung T in dem Substrat 2. Wie in der Figur 6 erkennbar, betrifft dies sowohl den Seitenabstand S einer Modifikation 5 einer Reihe R zu den Modifikationen 5 der benachbarten Reihen R als auch den jeweiligen Seitenabstand S verschiedener Modifikationen 5 derselben Reihe R untereinander. Dadurch gelingt es erfindungsgemäß, eine nahezu ebene Oberfläche 8 der in der Figur 8 im Querschnitt dargestellten Ausnehmung 1 zu erzeugen, indem sich das erfindungsgemäße Verfahren die in Abhängigkeit der Erstreckung T der Modifikationen 5 unterschiedlichen Querschnittsformen und deren Breite b der Modifikationen 5 in ihrem jeweiligen Endbereich 9 zu Nutze macht.

In den Figuren 9 und 10 ist noch eine Variante des Verfahrens dargestellt, bei dem entlang derselben Strahlachse 4 der Laserstrahlung verschiedene Modifikationen 5 in das Substrat 2 eingebacht werden, die sich einerseits zwischen der ersten Außenfläche 6 und einer ersten Position $P1$, andererseits zwischen der zweiten Außenfläche 7 und einer zweiten Position $P2$ innerhalb des Substrats 2 erstrecken, wobei die Modifikationen 5 bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel dieselbe Erstreckung T aufweisen. Indem also entlang der Strahlachse 4 eine Unterbrechung der Modifikationen 5 entsteht, bleibt der so eingeschlossene innere Bereich des Substrats 2 bei der nachfolgenden Ätzbehandlung frei von einem Materialabtrag. Die so erzeugte treppenförmige Struktur nach dem Ätzabtrag ist in der Figur 10 dargestellt, die aufgrund chemischer Effekte die ergänzend ausschnittsweise dargestellte verrundete Kontur 10 erhalten. Die so erzeugte Abrundung oder Fase eignet sich in optimaler Weise zur Herstellung belastbarer Ausschnitte bzw. Zuschnitte des Substrats 2 und lässt sich erfindungsgemäß in einem einzigen gemeinsamen Verfahrensschritt herstellen.

Anmelder:

LPKF Laser & Electronics AG
Osteriede 7
30827 Garbsen

Unser Zeichen: LPK-204-PCT

31. März 2021

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Ausnehmung
- 2 Substrat
- 3 Materialstärke
- 4 Strahlachse
- 5 Modifikation

- 6 Außenfläche
- 7 Außenfläche
- 8 Oberfläche
- 9 Endbereich
- 10 Kontur

- T Erstreckung
- P Position
- a Abstand
- S Seitenabstand
- R Reihe
- b Breite

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Einbringen zumindest einer Ausnehmung (1) in ein insbesondere plattenförmiges Substrat (2) oder zum Reduzieren der Materialstärke (3) des Substrats (2), bei dem der Fokus einer Laserstrahlung eine räumliche Strahlformung entlang einer Strahlachse (4) der Laserstrahlung erfährt und bei dem mittels der Laserstrahlung entlang der Strahlachse (4) Fehlstellen in dem Substrat (2) erzeugt werden, ohne dass es dabei zu einem Materialabtrag des Substrats infolge der Laserstrahlung kommt, wobei eine oder mehrere Fehlstellen zumindest eine Modifikation (5) in dem Substrat (2) bilden, sodass anschließend die Ausnehmung (1) und/oder die Materialschwächung durch die Einwirkung eines ätzenden Mediums durch einen anisotropen Materialabtrag in dem jeweiligen Bereich der Modifikationen (5) in dem Substrat (2) erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vielzahl von Modifikationen (5) entlang insbesondere parallel beabstandeter Strahlachsen (4) mit einer Erstreckung (T) zwischen einer ersten Außenfläche (6) und einer Position (P) innerhalb des Substrats (2) mit einem Abstand (a) von einer der ersten Außenfläche (6) gegenüberliegenden zweiten Außenfläche (7) in das Substrat (2) eingebracht werden, sodass sich jede Modifikation (5) von einer Außenfläche (6, 7) in Richtung der gegenüberliegenden Außenfläche (6, 7) des Substrats bis zu einer Position (P) innerhalb des Substrats (2) mit einem Abstand (a) von den Außenflächen (6, 7) erstreckt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (2) in ein Ätzbad getaucht wird, sodass es durch den Ätzangriff an der ersten Außenfläche (6) zu einem anisotropen Materialabtrag und an der zweiten Außenfläche (7) zu einem isotropen Materialabtrag kommt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fehlstellen innerhalb des Substrats (2) durch eine Folge von Pulsen oder durch einen Einzelpuls erzeugt werden.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Modifikationen (5) durch mehrere Pulse mit übereinstimmender Strahlachse (4) eingebracht werden.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Seitenabstand (S) der Strahlachsen (4) so eingestellt wird, dass die eingebrachten Modifikationen (5) einander nicht überlappen.
6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Seitenabstand (S) benachbarter Strahlachsen (4) so eingestellt wird, dass die durch den anisotropen Materialabtrag in den Bereichen der Modifikationen (5) entstandenen Ausnehmungen (1) einander überlappen.
7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Modifikationen (5) mit einem regelmäßigen Muster und/oder mit einer regelmäßigen Struktur in das Substrat (2) eingebracht werden.
8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Seitenabstand (S) einer Modifikation (5) von allen benachbarten Modifikationen (5) zumindest im Wesentlichen übereinstimmend ausgewählt wird.
9. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer größeren Erstreckung (T) einer Modifikation (5) der Seitenabstand (S) zu benachbarten Modifikationen (5) reduziert wird.
10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** abschnittsweise entlang identischer und/oder benachbarter paralleler Strahlachsen (4) Modifikationen (5) in das Substrat (2) eingebracht werden, die sich einerseits zwischen der ersten Außenfläche (6) und einer ersten Position (P1) innerhalb des Substrats (2), andererseits zwischen der zweiten Außenfläche (7) und einer zweiten Position (P2) innerhalb des Substrats (2) erstrecken.
11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Modifikationen (5) zwischen der ersten Außenfläche (6) und einer ersten Position (P1) innerhalb des Substrats (2), andererseits zwischen der zweiten Außenfläche (7) und einer zweiten Position (P2) innerhalb des Substrats (2) mit übereinstimmender Erstreckung (T) und/oder mit demselben Abstand (a) zu der

benachbarten Außenfläche (6, 7) entlang einer identischen Strahlachse (4) in das Substrat (2) eingebracht werden.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Vielzahl benachbarter, entlang paralleler Strahlachsen (4) in das Substrat (2) eingebrachter Modifikationen (5) jeweils zu verschiedenen Positionen (P) innerhalb des Substrats (2) mit unterschiedlichem Abstand (a) zu derselben Außenfläche (6, 7) erstrecken, wobei die Positionen (P) auf einer gemeinsamen, zu der Außenfläche (6, 7) nicht parallelen Ebene liegen.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (2) eine Materialstärke zwischen 300 μm und 900 μm , insbesondere zwischen 300 μm und 600 μm , aufweist und zumindest eine Ausnehmung (1) und/oder Materialschwächung mit einer Reststärke des Substrats (2) von weniger als 100 μm , insbesondere zwischen 30 μm und 80 μm eingebracht, wird.

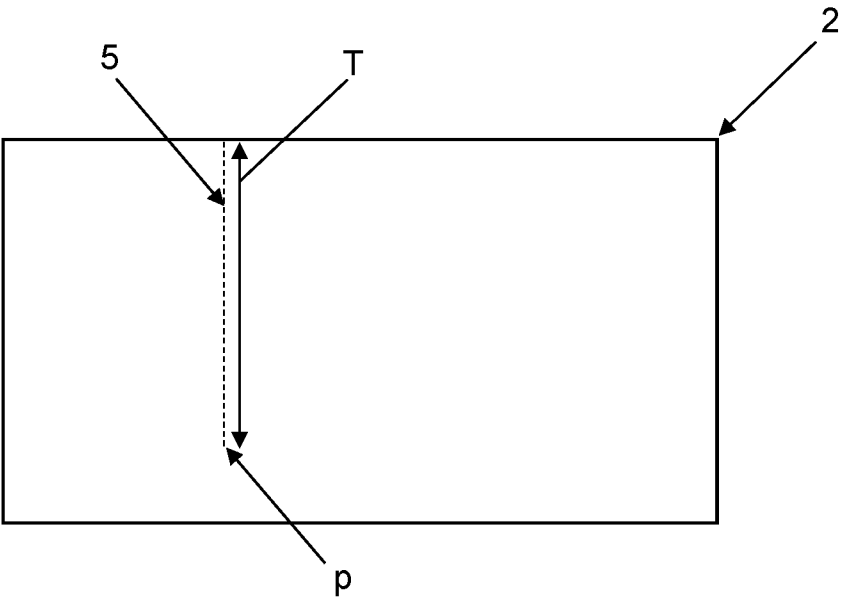


Fig. 1

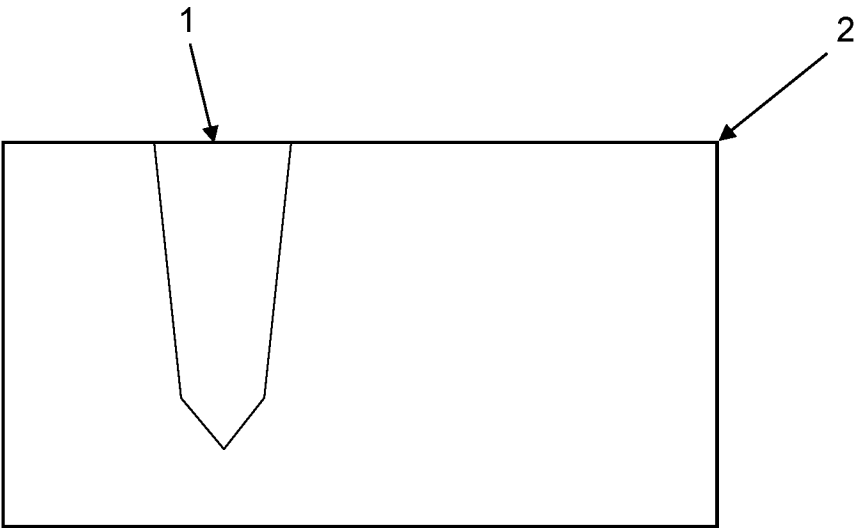


Fig. 2

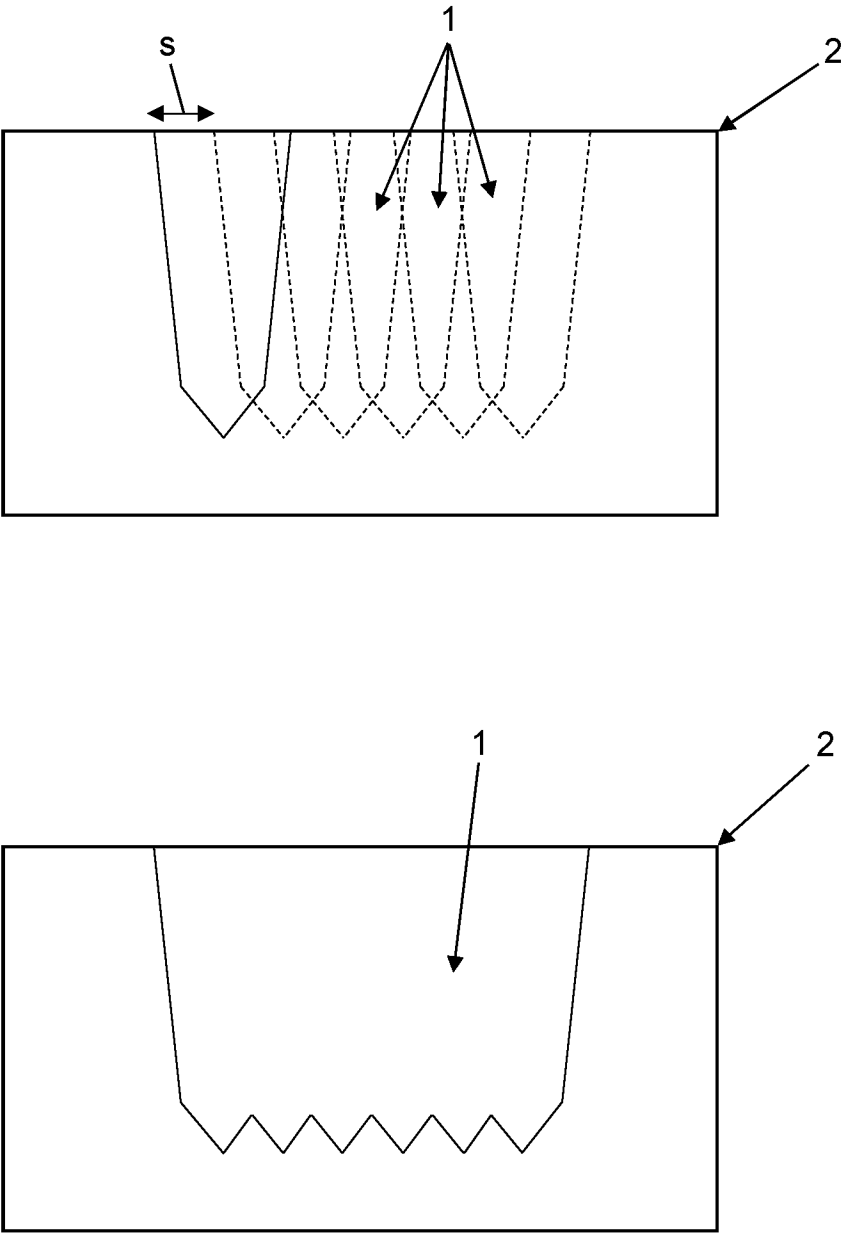


Fig. 3

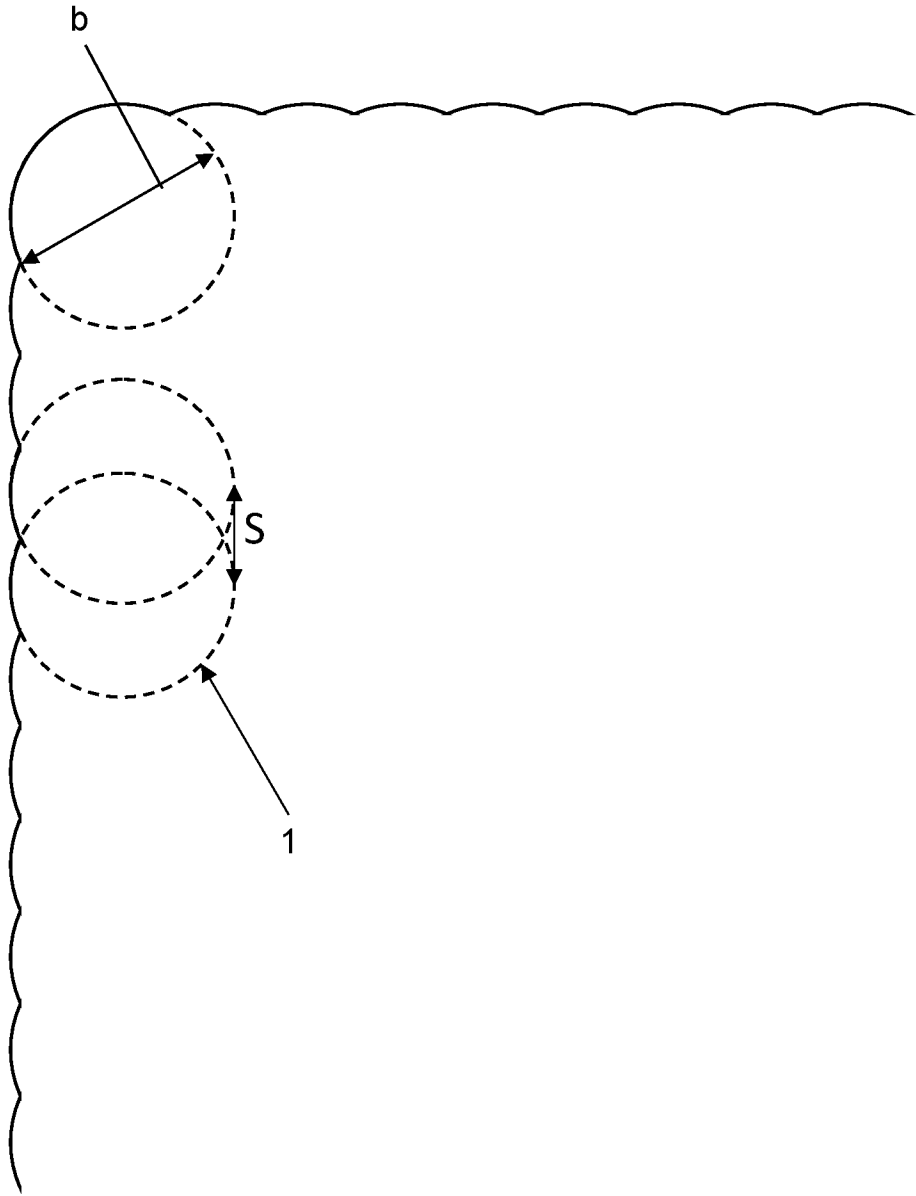


Fig. 4

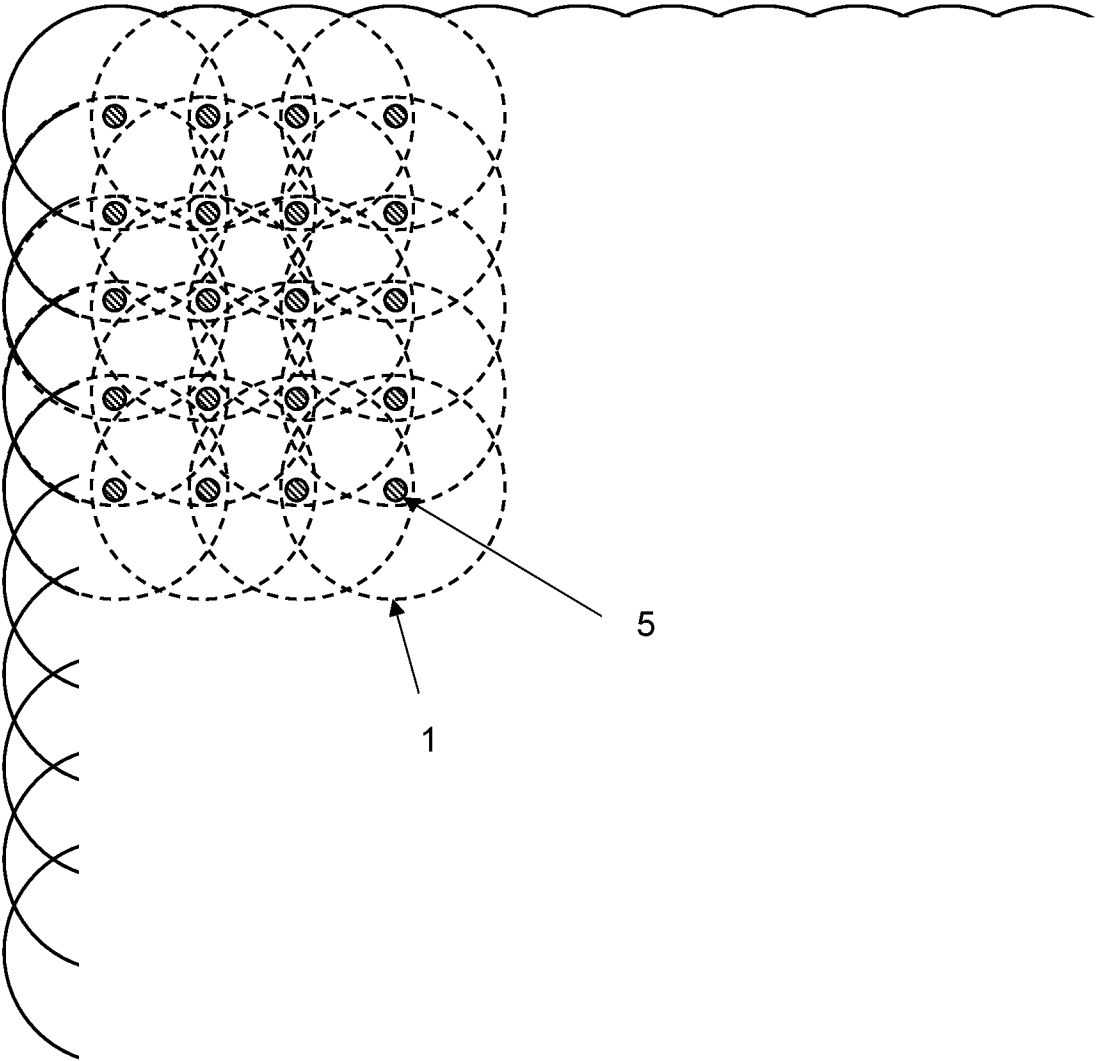


Fig. 5

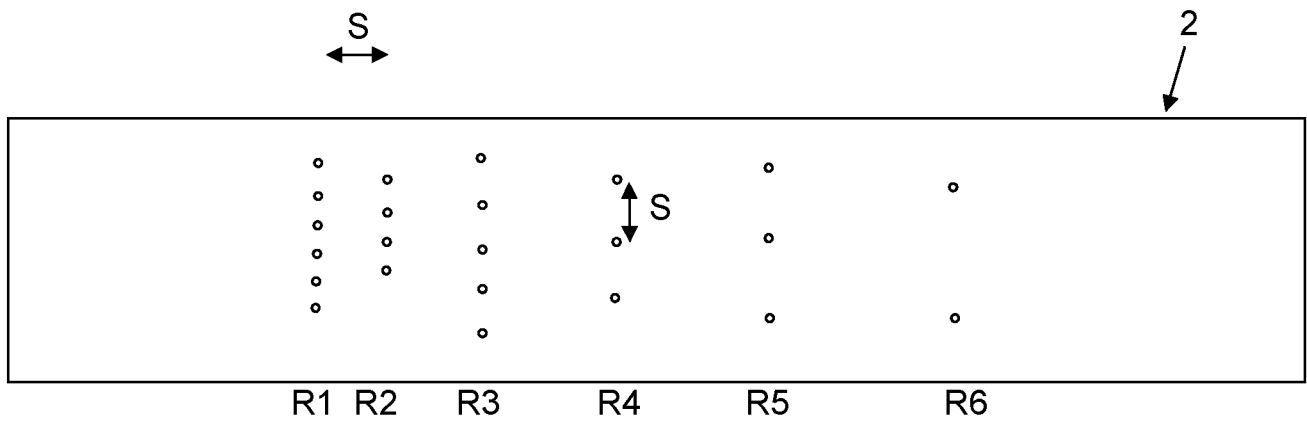


Fig. 6

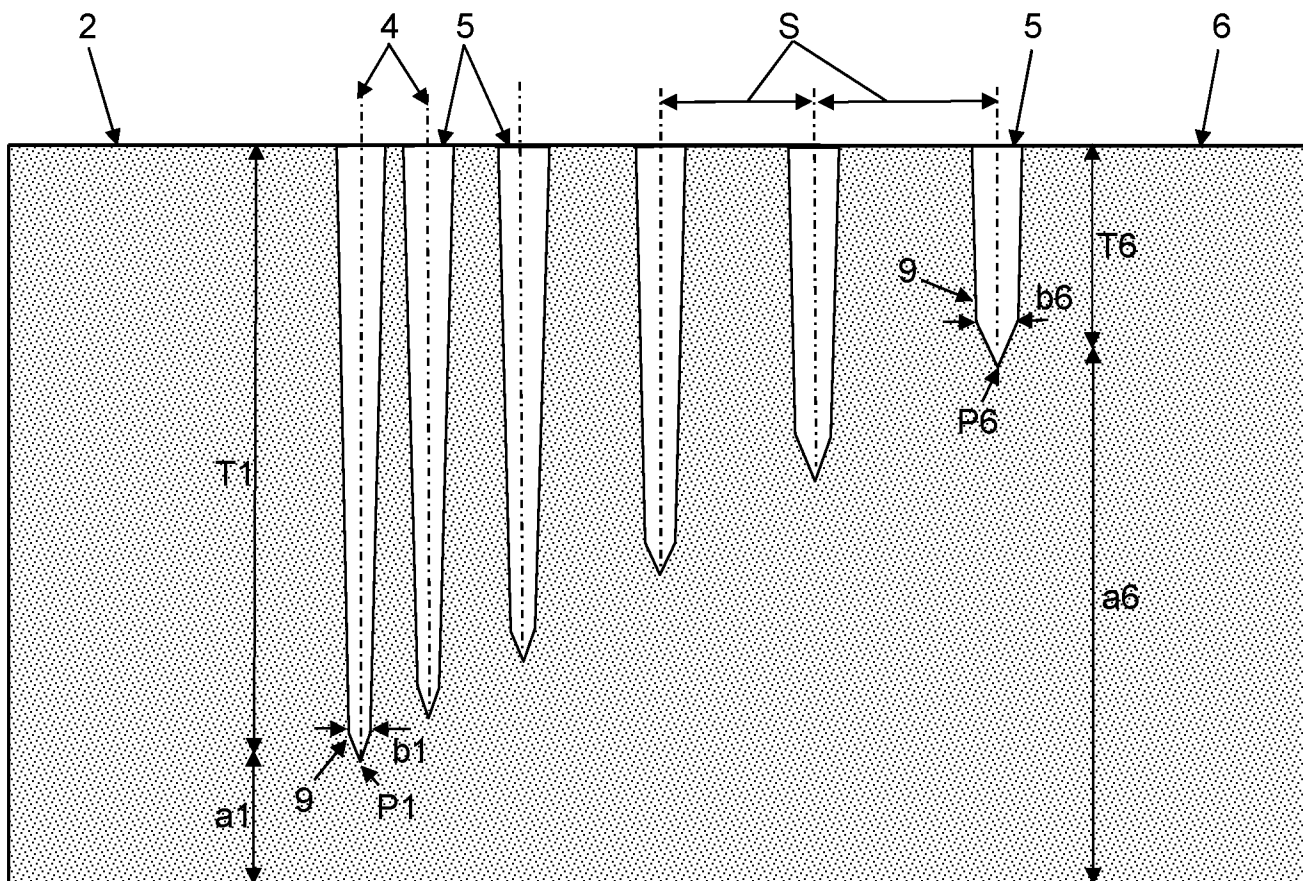
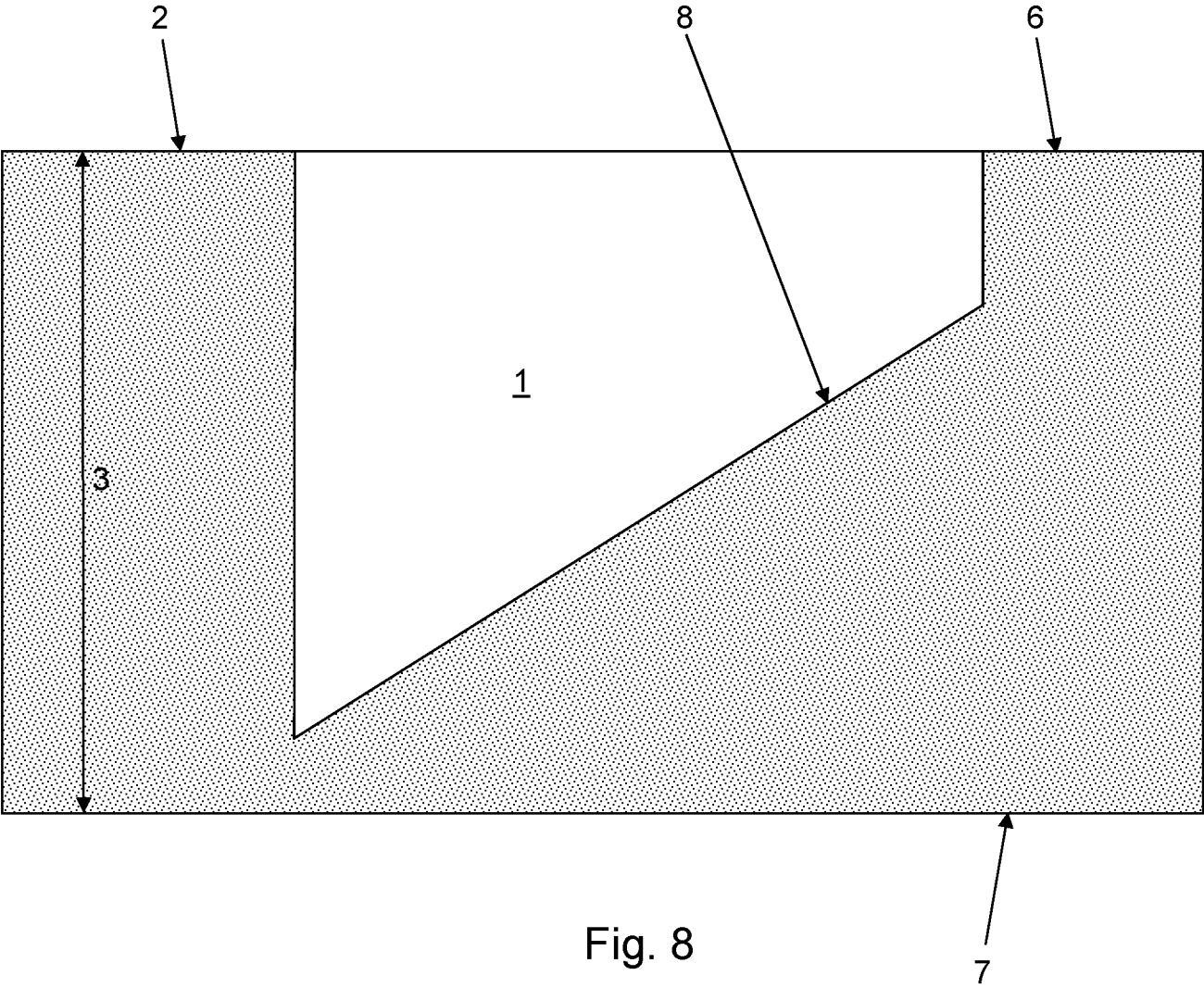


Fig. 7



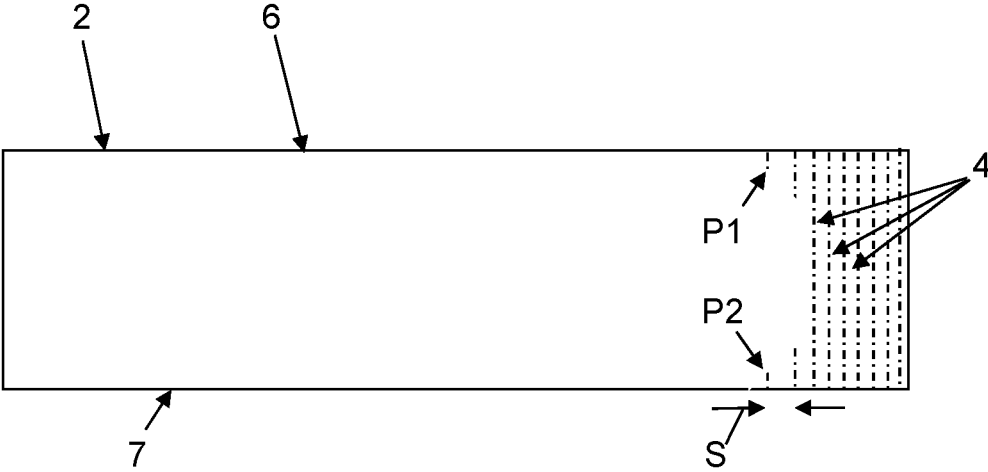


Fig. 9

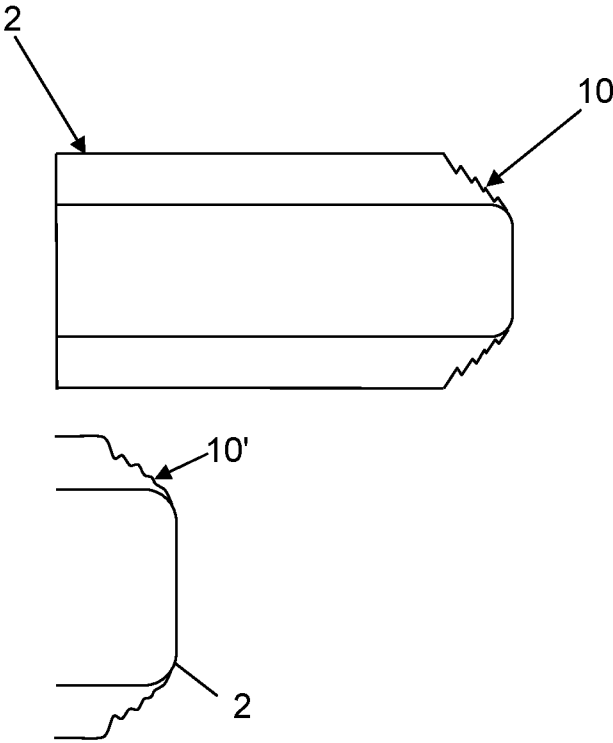


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/058498**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B23K 26/53**(2014.01)i; **B23K 26/70**(2014.01)i; **B23K 26/362**(2014.01)n; **B23K 26/402**(2014.01)n; **B23K 103/00**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

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	DE 102017106372 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 27 September 2018 (2018-09-27)	1-4,7,8,10-13
Y	paragraphs [0001], [0019] - [0022], [0024] - [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0038]; claims 1,2,6,9,10; figure 3	9,12
X	US 2014217458 A1 (AIDA HIDEO [JP] ET AL) 07 August 2014 (2014-08-07)	1-3,5,7,8,13
Y	paragraphs [0002], [0062], [0065] - [0069], [0075] - [0080], [0082] - [0087]; figures 4,5, 8, 9, 10	9,12
X	WO 2020030222 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]; OSTHOLT ROMAN [DE] ET AL.) 13 February 2020 (2020-02-13)	1,4,5,7,8
Y	page 3, paragraphs 2,5; claims 1-3; figure 3 page 4, paragraph 3 page 8, paragraphs 2,3	9,12
X	WO 2018210484 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 22 November 2018 (2018-11-22)	1,6-8
Y	page 1, paragraph 1 - page 2, paragraph 1; figures 1,2,3 page 3, paragraph 3 - page 4, paragraph 4	9,12

☒ 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

02 July 2021

Date of mailing of the international search report

15 July 2021

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Schloth, Patrick

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/058498

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 2021028534 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 18 February 2021 (2021-02-18) page 6, lines 18-24; claim 1; figures 2-4 page 13, line 11 - page 14, line 21 page 17, line 22 - page 18, line 12	1-8,10-12
Y	DE 102018110211 A1 (SCHOTT AG [DE]) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0087] - [0095]; claim 1; figure 8	9,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/058498

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102017106372	A1	27 September 2018	NONE			
US	2014217458	A1	07 August 2014	CN	103548158	A	29 January 2014
				EP	2717335	A1	09 April 2014
				JP	6023270	B2	09 November 2016
				JP	2015173293	A	01 October 2015
				JP	WO2012160880	A1	31 July 2014
				KR	20140006986	A	16 January 2014
				TW	201251106	A	16 December 2012
				US	2014217458	A1	07 August 2014
				WO	2012160880	A1	29 November 2012
WO	2020030222	A1	13 February 2020	CN	112512959	A	16 March 2021
				EP	3833632	A1	16 June 2021
				KR	20210027419	A	10 March 2021
				WO	2020030222	A1	13 February 2020
WO	2018210484	A1	22 November 2018	CN	110545948	A	06 December 2019
				EP	3624982	A1	25 March 2020
				JP	2020517570	A	18 June 2020
				KR	20190132461	A	27 November 2019
				US	2020180068	A1	11 June 2020
				WO	2018210484	A1	22 November 2018
WO	2021028534	A1	18 February 2021	DE	102019121827	A1	18 February 2021
				WO	2021028534	A1	18 February 2021
DE	102018110211	A1	31 October 2019	CN	110405369	A	05 November 2019
				DE	102018110211	A1	31 October 2019
				JP	2019214507	A	19 December 2019
				KR	20190125224	A	06 November 2019
				TW	201945313	A	01 December 2019
				US	2019329251	A1	31 October 2019

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B23K26/53 B23K26/70 ADD. B23K26/362 B23K26/402 B23K103/00																	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC																	
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie*</th> <th>Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile</th> <th>Betr. Anspruch Nr.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>DE 10 2017 106372 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 27. September 2018 (2018-09-27)</td> <td>1-4,7,8, 10-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Absätze [0001], [0019] - [0022], [0024] - [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0038]; Ansprüche 1,2,6,9,10; Abbildung 3 -----</td> <td>9,12</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2014/217458 A1 (AIDA HIDEO [JP] ET AL) 7. August 2014 (2014-08-07)</td> <td>1-3,5,7, 8,13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>Absätze [0002], [0062], [0065] - [0069], [0075] - [0080], [0082] - [0087]; Abbildungen 4,5, 8, 9, 10 ----- -/-</td> <td>9,12</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	X	DE 10 2017 106372 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 27. September 2018 (2018-09-27)	1-4,7,8, 10-13	Y	Absätze [0001], [0019] - [0022], [0024] - [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0038]; Ansprüche 1,2,6,9,10; Abbildung 3 -----	9,12	X	US 2014/217458 A1 (AIDA HIDEO [JP] ET AL) 7. August 2014 (2014-08-07)	1-3,5,7, 8,13	Y	Absätze [0002], [0062], [0065] - [0069], [0075] - [0080], [0082] - [0087]; Abbildungen 4,5, 8, 9, 10 ----- -/-	9,12
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.															
X	DE 10 2017 106372 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 27. September 2018 (2018-09-27)	1-4,7,8, 10-13															
Y	Absätze [0001], [0019] - [0022], [0024] - [0026], [0029] - [0031], [0034] - [0038]; Ansprüche 1,2,6,9,10; Abbildung 3 -----	9,12															
X	US 2014/217458 A1 (AIDA HIDEO [JP] ET AL) 7. August 2014 (2014-08-07)	1-3,5,7, 8,13															
Y	Absätze [0002], [0062], [0065] - [0069], [0075] - [0080], [0082] - [0087]; Abbildungen 4,5, 8, 9, 10 ----- -/-	9,12															
☒ 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															
2. Juli 2021		15/07/2021															
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 Schloth, Patrick															

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2020/030222 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]; OSTHOLT ROMAN [DE] ET AL.) 13. Februar 2020 (2020-02-13)	1,4,5,7,8
Y	Seite 3, Absätze 2,5; Ansprüche 1-3; Abbildung 3 Seite 4, Absatz 3 Seite 8, Absätze 2,3 -----	9,12
X	WO 2018/210484 A1 (LPKF LASER & ELECTRONICS AG [DE]) 22. November 2018 (2018-11-22)	1,6-8
Y	Seite 1, Absatz 1 - Seite 2, Absatz 1; Abbildungen 1,2,3 Seite 3, Absatz 3 - Seite 4, Absatz 4 -----	9,12
X,P	WO 2021/028534 A1 (TRUMPF LASER & SYSTEMTECHNIK GMBH [DE]) 18. Februar 2021 (2021-02-18)	1-8, 10-12
	Seite 6, Zeilen 18-24; Anspruch 1; Abbildungen 2-4 Seite 13, Zeile 11 - Seite 14, Zeile 21 Seite 17, Zeile 22 - Seite 18, Zeile 12 -----	
Y	DE 10 2018 110211 A1 (SCHOTT AG [DE]) 31. Oktober 2019 (2019-10-31)	9,12
	Absätze [0087] - [0095]; Anspruch 1; Abbildung 8 -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/058498

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017106372 A1	27-09-2018	KEINE	
US 2014217458 A1	07-08-2014	CN 103548158 A	29-01-2014
		EP 2717335 A1	09-04-2014
		JP 6023270 B2	09-11-2016
		JP 2015173293 A	01-10-2015
		JP WO2012160880 A1	31-07-2014
		KR 20140006986 A	16-01-2014
		TW 201251106 A	16-12-2012
		US 2014217458 A1	07-08-2014
		WO 2012160880 A1	29-11-2012
WO 2020030222 A1	13-02-2020	CN 112512959 A	16-03-2021
		EP 3833632 A1	16-06-2021
		KR 20210027419 A	10-03-2021
		WO 2020030222 A1	13-02-2020
WO 2018210484 A1	22-11-2018	CN 110545948 A	06-12-2019
		EP 3624982 A1	25-03-2020
		JP 2020517570 A	18-06-2020
		KR 20190132461 A	27-11-2019
		US 2020180068 A1	11-06-2020
		WO 2018210484 A1	22-11-2018
WO 2021028534 A1	18-02-2021	DE 102019121827 A1	18-02-2021
		WO 2021028534 A1	18-02-2021
DE 102018110211 A1	31-10-2019	CN 110405369 A	05-11-2019
		DE 102018110211 A1	31-10-2019
		JP 2019214507 A	19-12-2019
		KR 20190125224 A	06-11-2019
		TW 201945313 A	01-12-2019
		US 2019329251 A1	31-10-2019