(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
04. November 2021 (04.11.2021)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/219782 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 33/60 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/061256

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. April 2021 (29.04.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
DE 10 2020 111 728.0
29. April 2020 (29.04.2020) DE

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

(72) Erfinder: **PEUCHERT, Ulrich**; Thüringer Str. 5A, 55294 Bodenheim (DE). **BLEZINGER, Martin**; Nackstr. 43, 55118 Mainz (DE). **HERING, Simon**; Kaiser-Wilhelm-Ring 63-65, 55118 Mainz (DE). **WAGNER, Fabian**; Taunusstr. 55, 55118 Mainz (DE). **HEISS-CHOUQUET, Markus**; Mainstr. 29, 65474 Bischofsheim (DE). **GLÄßER, Vanessa**; Hans-Zöller-Str. 78, 55130 Mainz (DE). **ORTNER, Andreas**; Mainzer Str. 6L, 55435 Gau-Algesheim (DE). **DRISCH, Michael**; Regerstr. 14, 55127 Mainz (DE). **HÖRBERG, Annika**; Neugasse 24, 55129 Mainz (DE). **HETTLER, Robert**; Windten 5, 84036 Kumhausen (DE). **MÜLLER, Lars**; Im Weingarten 42, 65201 Wiesbaden (DE).

(74) Anwalt: **BLUMBACH ZINNGREBE PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Alexandrastr. 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,

(54) Title: SPACER WAFER FOR PRODUCING AN ELECTRO-OPTICAL TRANSDUCER COMPONENT, SPACER, METHOD FOR PRODUCING SUCH A SPACER WAFER, AND ELECTRO-OPTICAL TRANSDUCER COMPONENT COMPRISING SUCH A SPACER

(54) Bezeichnung: ABSTANDHALTER-WAFER ZUR HERSTELLUNG EINES ELEKTRO-OPTISCHEN WANDLERBAUTEILS, ABSTANDHALTER, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SOLCHEN ABSTANDHALTER-WAFERS, SOWIE ELEKTRO-OPTISCHER WANDLERBAUTEIL MIT EINEM SOLCHEN ABSTANDHALTER

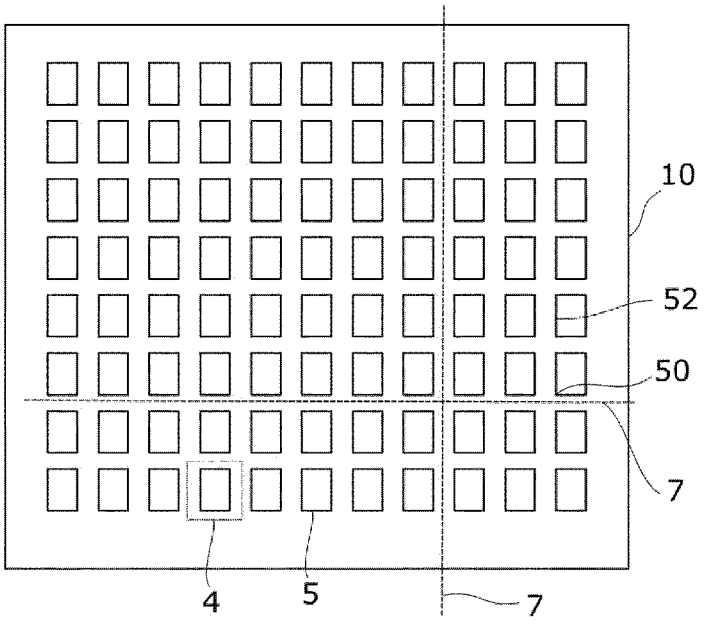


Fig. 1

(57) Abstract: The invention provides a spacer wafer (1) for producing spacers (2) for housing electro-optical transducers (3) by removing portions (4) from the spacer wafer (1). The spacer wafer (1) comprises a transparent glass panel (10) which has a large number of openings (5) which are arranged distributed in a grid and are separated from one another, so that the individual spacers (2) can be obtained by removing portions (4) of the glass panel (10) along separating lines (7) between the openings (5), wherein the openings (5) have side walls (50) with a

WO 2021/219782 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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, 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).

Veröffentlicht:

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

microstructuring (9) having a degree of roughness, wherein the mean roughness value R_a is less than 0.5 µm given a measurement section of 500 µm.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung sieht einen Abstandhalter-Wafer (1) zur Herstellung von Abstandhaltern (2) für die Gehäusung elektro-optischer Wandler (3) durch Abtrennen von Abschnitten (4) vom Abstandhalter-Wafer (1) vor. Der Abstandhalter-Wafer (1) umfasst eine transparente Glasplatte (10), die eine Vielzahl von in einem Raster verteilt angeordneten, voneinander getrennten Öffnungen (5) aufweist, so dass durch Abtrennen von Abschnitten (4) der Glasplatte (10) entlang von Trennlinien (7) zwischen den Öffnungen (5) die vereinzelten Abstandhalter (2) erhältlich sind, wobei die Öffnungen (5) Seitenwandungen (50) mit einer Mikrostrukturierung (9) mit einer Rauigkeit aufweisen, wobei der Mittenrauwert R_a der Rauigkeit kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm beträgt.

ABSTANDHALTER-WAFER ZUR HERSTELLUNG EINES ELEKTRO-OPTISCHEN WANDLERBAUTEILS, ABSTANDHALTER, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SOLCHEN ABSTANDHALTER-WAFERS, SOWIE ELEKTRO-OPTISCHER WANDLERBAUTEIL MIT EINEM SOLCHEN ABSTANDHALTER

Beschreibung

Die Erfindung betrifft allgemein optische, insbesondere elektro-optische Systeme. Insbesondere betrifft die Erfindung die Strahlführung in solchen elektro-optischen Systemen durch optische Komponenten.

Elektro-optische Vorrichtungen beinhalten typischerweise einen Träger, ein auf dem Träger angeordnete elektro-optisches Element in Form eines elektro-optischen Wandlers und eine Gehäusung, mit der der Wandler eingeschlossen wird.

Im Allgemeinen wird das zu wandelnde oder gewandelte Licht durch die Gehäusung zugeführt. Die Gehäusung ist daher typischerweise zumindest in Teilen transparent.

Elektro-optische Wandler im Sinne dieser Offenbarung können insbesondere optische Abbildungsvorrichtungen und/oder Lichtquellen sein. Dazu gehören Lichtsensoren, insbesondere Kamerasensoren, Leuchtdioden und Laserdioden. Je nach Anforderung werden für diese elektro-optischen Wandler komplexe Gehäusungen benötigt. Ein wichtiger Bestandteil sind dabei massgeschneiderte Abstandhalter. Diese ermöglichen die Einstellung eines definierten Abstands zwischen unterschiedlichen aktiven und passiven Bauteilen oder leisten Beiträge zur Einhausung und den Schutz von elektromagentischen Transducern/ Emittern / Receivern etc. unter anderem zum Zwecke des Schutzes des sensiblen Bauteile.

Abstandhalter können in der Regel aus vielen Materialien hergestellt werden. Die Auswahl bemisst sich aus einer Vielzahl von Kriterien, darunter Kosten, Strukturierbarkeit, Materialeigenschaten. Auch Oberflächeneigenschaften kommen zum Tragen für Bereiche des Abstandhalters, beziehungsweise Spacers, in denen die Verbindung hergestellt wird, sprich die Wafer/Bauteiloberfläche von den meist planparalellen Spacern.

Demzufolge können grundsätzlich alle Materialien genutzt werden, darunter Kunststoffe, Keramiken, Metalle, Komposite. Glas ist eine bevorzugte Wahl wenn es u.a. um Kostengünstigkeit in Verbindung mit chemischer Resistenz etc. ankommt.

Im Bereich der Laserdioden, insbesondere VCSELs, werden derzeit u.a. strukturierte Keramiken genutzt. Die Lichtemission erfolgt dabei typischerweise durch ein auf den Abstandhalter aufgesetztes Gehäuseelement. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Möglichkeiten der Lichteinkopplung und Lichtauskopplung zu erweitern und gleichzeitig eine hermetische Gehäusung eines elektro-optischen Wandlers zu ermöglichen. Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Demgemäß ist in einem ersten Aspekt ein Abstandhalter-Wafer zur Herstellung von rahmenförmigen Abstandhaltern für die Gehäusung elektro-optischer Wandler durch Abtrennen von Abschnitten vom Abstandhalter-Wafer vorgesehen, wobei der Abstandhalter-Wafer eine Glasplatte umfasst, die eine Vielzahl von in einem Raster verteilt angeordneten, voneinander getrennten Öffnungen aufweist, so dass durch Abtrennen von Abschnitten der Glasplatte entlang von Trennlinien zwischen den Öffnungen die vereinzelten Abstandhalter erhältlich sind, wobei die Öffnungen Seitenwandungen mit einer Mikrostrukturierung mit einer Rauigkeit aufweisen, wobei der Mittenrauwert R_a der Rauigkeit kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm (± 50 µm) beträgt.

Gegebenenfalls kann eine Meßstrecke von genau 500 µm nicht eingehalten oder eingestellt werden. Der Mittenrauwert R_a von kleiner 0,5 µm wird aber auch bei einer um bis zu 50 µm verkürzten oder insbesondere um bis zu 50 µm verlängerten Meßstrecke erreicht. Daher resultiert die obige Angabe einer möglichen Abweichung von ± 50 µm.

Die Glasplatte ist insbesondere transparent, so dass das vom elektro-optischen Wandler zu detektierende oder emittierte Licht durch die mikrostrukturierte Innenwandung hindurchtreten kann und damit eine seitliche Ein- oder Auskopplung ermöglicht. Mit der Erfindung wird also nicht nur die Transmission des Lichts durch ein auf einen Abstandhalter aufgesetztes Element, sondern alternativ oder zusätzlich seitlich durch den Abstandhalter hindurch ermöglicht.

Weiterhin kann der Abstandhalter auch als optisches Element fungieren und beispielsweise zu einer Richtungsänderung bzw. Umlenkung des Lichtes führen. So weist gemäß einer Ausführungsform der Abstandhalter zumindest ein Umlenkelement

auf, welches im Bauteil integriert ist. Hierbei besteht das Umlenkelement vorzugsweise aus dem gleichen Material wie der Abstandshalter. Insbesondere ist das Umlenkelement derart in den Abstandhalter integriert, dass Abstandhalter und Umlenkelement ein monolithisches Bauteil bilden. Insbesondere wird das Umlenkelement durch eine schräge oder gekrümmte Kantenfläche des Abstandhalters gebildet. Gleichzeitig ermöglicht das Glas einen hermetischen Einschluss.

Mit dem Abstandhalter-Wafer kann dann ein optisches System, bevorzugt ein Camera Imaging System, eine Leuchtdiode oder Laserdiode hergestellt werden, bei denen eine kontrollierte Leitung/Auskopplung/Einkopplung/Durchgang von Licht ermöglicht wird.

Die Herstellung der Öffnungen erfolgt dabei bevorzugt mit einem optischen Strukturierungsverfahren. Konkret kann eine Durchstrukturierung durch lasergestütztes Ablatieren oder Perforieren erfolgen. Das Herauslösen des von der geschlossenen Linie nebeneinanderliegender Perforationen umschlossenen Innenteils kann durch Einbringen thermischer Spannungen erfolgen. Besonders bevorzugt ist aber eine laserinduzierte Perforation mit nachgeschaltetem Ätzverfahren zur Verbindung der Löcher durch Stegentfernung bzw. Aufweitung. Besonders mit einem laserbasierten Verfahren können Freiformen kostengünstig gefertigt werden. Daneben sind besonders diese Verfahren geeignet, mit hoher Präzision sehr geringe Abmessungstoleranzen der Strukturelemente zu erreichen. Eine Kombination eines laserbasierten Einbringens von filamentförmigen Störungen mit einem nachgeschaltenten Ätzverfahren ist prinzipiell bekannt aus der DE 10 2018 100 299 A1. In dem hier beschriebenen Verfahren werden die Parameter für das Einbringen der filamentförmigen Störungen und das nachfolgende Ätzen so eingestellt, dass der Mittenrauwert von unter 0,5 µm erreicht wird.

Zur weiteren Kostenreduktion erfolgt die Fertigung der Abstandhalter auf Wafer- oder Sheetlevel. Dies ist vorteilhaft, da Camera-Imaging-Systeme und auch Laserdioden oft auf Wafer/Sheet Level hergestellt werden. Durch Nutzung des Laserverfahrens, insbesondere mit nachgeschalteter Ätzung, sind hochgenaue Lagetoleranzen Loch zu Loch und Loch zu Referenzpunkt (Kante, Marker) realisierbar, die auch eine solche Wafer-Level-Fertigung ermöglichen.

Überraschend erweist sich die Mikrostrukturierung der Seitenwandung der Öffnung für die optischen Eigenschaften nicht als nachteilig. Im Gegenteil kann die

Mikrostrukturierung sogar vorteilhafte lichtformende Eigenschaften haben. Um beispielsweise Speckle-Effekte bei Laserdioden oder andere Interferenzeffekte zu unterdrücken, ist insbesondere vorgesehen, dass die Mikrostruktuierung unregelmäßig ist, und/oder keine streng in einem regelmäßigen Raster angeordnete Strukturelemente aufweist. Gemäß einer Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass die Mikrostrukturierung einen Mittenrauwert R_a von mindestens als 50 nm, vorzugsweise mindestens 100 nm bei einer Meßstrecke von 500 µm aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend genauer anhand der beigefügten Figuren näher erläutert.

Kurzbeschreibung der Figuren

Die Fig. 1 und Fig. 2 zeigen Ausführungsbeispiele von Abstandhalter-Wafern.

Fig. 3 zeigt einen von einem Abstandhalter-Wafer abgetrennten Abstandhalter.

Fig. 4 bis Fig. 7 zeigen verschiedene Ausführungsformen abgetrennter Abstandshalter mit unterschiedlichen Kantenflächen.

Fig. 8 zeigt eine Laserbearbeitungsvorrichtung.

In Fig. 9 ist eine mit einem Laser bearbeitete Glasplatte gezeigt.

Fig. 10 zeigt farbcodierte zweidimensionale Höhenprofile einer Mikrostruktur auf der Innenwand einer Öffnung.

Fig. 11 zeigt Messwerte des Mittenrauwerts als Funktion der Anzahl der Laserpulse für verschiedene Abstände zwischen den Auftreffpunkten der Laserpulse.

Ein elektro-optisches Wandlerbauteil mit einem Abstandhalter zeigt Fig. 12.

Ausführliche Beschreibung

In den Fig. 1 und 2 sind zwei Beispiele von Abstandhalter-Wafern 1 in Aufsicht dargestellt. Die beiden Ausführungsbeispiele unterscheiden sich im Wesentlichen in ihrer äußeren Form. Bei der Ausführungsform der Fig. 1 ist ein rechteckiger oder quadratischer Abstandhalter-Wafer 1 vorgesehen, während die Ausführungsform der Fig. 2 einen runden Abstandhalter-Wafer 1 vorsieht. Eine runde Form des Abstandhalter-Wafers 1, wie sie das Beispiel der Fig. 2 zeigt, kann beispielsweise

günstig für einen Wafer-Level-Packaging-Prozess sein, bei welchem der Abstandhalter-Wafer 1 vor dem Auftrennen mit einem Funktionswafer verbunden wird.

Der Abstandhalter-Wafer 1 dient zur Herstellung von Abstandhaltern 2 für die Gehäusung elektro-optischer Wandler durch Abtrennen von Abschnitten 4 vom Abstandhalter-Wafer 1. Der Abstandhalter-Wafer 1 umfasst oder besteht aus einer transparente Glasplatte 10. Diese weist eine Vielzahl von in einem Raster verteilt angeordneten, voneinander getrennten Öffnungen 5 auf. Erfolgt das Abtrennen von Abschnitten 4 der Glasplatte 10 entlang von Trennlinien 7, die zwischen den Öffnungen 5 verlaufen, so werden vereinzelte Abstandhalter 2 erhalten, die jeweils eine Öffnung 5 mit einem umlaufenden, geschlossenen Rand aufweisen. Die Öffnungen 5 weisen Seitenwandungen 50 mit einer Mikrostrukturierung mit einer Rauigkeit auf. Diese Rauigkeit weist eine Mittenrauwert R_a von kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm auf.

Ohne Beschränkung auf die dargestellten Beispiele ist für die Herstellung von Abstandhaltern für optische Systeme eine Dicke der transparenten Glasplatte 10 im Bereich von 100 µm bis 3,5 mm, vorzugsweise im Bereich von 200 µm bis 3,0 mm von Vorteil.

Gemäß noch einer Ausführungsform weist die Glasplatte eine sehr geringe Dickenvariation (TTV=Total Thickness Variation) auf. Die Dickenvariation der transparenten Glasplatte ist bei dieser Ausführungsform geringer als 10µm, bevorzugt 5 µm, vorzugsweise geringer als 2 µm, besonders bevorzugt geringer als 1 µm. Dieser geringe TTV-Wert ist unter anderem günstig, um bei einem Zusammenbau der gehäusten elektro-optischen Wandler auf Waferebene die verschiedenen Wafer ganzflächig miteinander verbinden zu können. Ein geringer TTV-Wert ist auch günstig, um eine auf dem Abstandhalter aufgebrachte, beziehungsweise mit dem Abstandhalter verbundene optische Komponente sehr genau positionieren zu können. Zur Ermittlung der Dickenvariation werden über den Wafer verteilt Dickenmesswerte ermittelt und dann die Differenz zwischen dem absolut größten und dem absolut kleinsten Dickenmesswert als TTV gebildet. Ein geringer TTV ist ebenso wichtig um eine möglichst gleiche Abstandseinhaltung zu erreichen, insbesondere bei optischen Systemen. Schwanken diese auf Waferebene, sind die daraus gefertigten Abstandhalter in ihrer Dicke unterschiedlich und jedes einzelne Kameramodul muss in Bezug auf

Weglänge zwischen den Linsen – oder Filterelementen kontrolliert bzw. kompensiert werden.

Neben dem TTV ist auch eine Dickentoleranz, d.h. Dickengleichheit von Wafer zu Wafer erforderlich. Dieser sollte beispielhaft unterhalb 10µm liegen, bevorzugt <= 5µm betragen

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform, die auch in den beiden Ausführungsbeispielen der Fig. 1 und Fig. 2 realisiert ist, weisen die Seitenwandungen 50 der Öffnungen 5 jeweils mindestens einen ebenen Abschnitt 52 auf. Durch diesen ebenen Abschnitt kann das Licht hindurchtreten, ohne dass die Seitenwandung 50 als Linse bzw. Zylinderlinse wirkt oder in sonstiger Weise das räumliche Intensitätsprofil des Lichts deformiert.

Allgemein, ohne Beschränkung auf die speziellen dargestellten Beispiele können die Seitenwandungen 50 der Öffnungen 5 vier ebene Abschnitte 52 aufweisen. Dabei können insbesondere jeweils zwei ebene Abschnitte 52 gegenüberliegen. Dieses Merkmal ist besonders dann erfüllt, wenn die Öffnungen 5 eine rechteckige oder quadratische Grundform aufweisen. Das Merkmal ist aber auch dann noch erfüllt, wenn die Ecken rechteckiger oder quadratischer Öffnungen 5 abgerundet sind.

Alternativ können die Seitenwandungen 50 der Öffnungen 5 auch zumindest einen nicht ebenen Abschnitt 520 aufweisen. Dies wird in Fig. 4 dargestellt. Hierbei kann der betreffende Abschnitt bzw. die Kantenfläche 520 insbesondere eine schräge, gewölbte oder spiralförmige Form aufweisen. Ein schräger Abschnitt bzw. eine schräge Kantenfläche 520 kann beispielsweise ein Umlenkelement darstellen, so dass ein gezieltes vertikales Ein- oder Auskoppeln eines Lichtstrahls erfolgen kann. Durch die Verwendung entsprechender Abstandhalter kann somit auch bei Verwendung einer horizontal kantenemittierenden Lichtquelle eine vertikale Auskopplung des Lichts erfolgen, ohne dass hierzu neben dem Abstandhalter weitere optische Elemente wie beispielsweise Spiegel notwendig sind.

Alternativ oder zusätzlich können auf den schrägen Abschnitten auch weitere Bauteile, beispielsweise strahlensteuernde Elemente, platziert werden. Hier gewährleistet die Verwendung eines entsprechenden Abstandhalters mit einem schrägen Abschnitt eine winkeltreue Positionierung der zusätzlichen Bauteile, ohne dass hierfür ein hoher Montageaufwand notwendig ist. Weiterhin kann ein entsprechendes Bauteil

auch durch die Beschichtung der schrägen Kantenfläche, beispielsweise zur Erzeugung einer Oberfläche mit hoher Reflexion, erhalten werden. Hierbei kann die schräge Kantenfläche vollständig oder nur teilweise beschichtet werden. Vorzugsweise weist die schräge Kantenfläche in den Teilbereichen, in denen das Licht auftrifft, eine Beschichtung auf.

Einen vereinzelten, durch Abtrennen eines Abschnitts erhaltenen Abstandhalter 2 in perspektivischer Ansicht zeigt Fig. 3. Der Abstandhalter 2 ist herstellbar durch Abtrennen eines Abschnitts 4 von einem Abstandhalter-Wafer 1 herstellbar, wobei der Abstandhalter 2 ein rahmenförmiges Element mit einer Öffnung 5 darstellt, dessen Seitenwandung 50 mit einer Mikrostrukturierung 9 versehen ist, wobei die Mikrostrukturierung 9 eine Rauigkeit aufweist, deren Mittenrauwert R_a kleiner als 0,5 µm bei einer Messstrecke von 500 µm beträgt. Die insbesondere unregelmäßige Mikrostrukturierung 9 ist in der Figur durch unregelmäßig angeordnete und unterschiedlich große Kreise und Ellipsen symbolisiert.

Die Außenwandung 20 des Abstandhalters 2 kann ebenfalls eine solche Mikrostrukturierung 9 aufweisen. Ebenso möglich sind aber auch andere Oberflächenstrukturen, auch eine polierte Oberfläche, je nach Auftrennverfahren und optionaler Nachbearbeitung. Besonders ist daran gedacht, dass ein Zusammensetzen der elektro-optischen Wandlerbauteile im Waferverbund durchzuführen. Dann wird die Außenwandung vorzugsweise beim Auftrennen des Waferverbunds des Abstandhalter-Wafers 1 mit einem Funktionswafer, beziehungsweise die Wandlerelemente tragenden Wafer gebildet. An den in Fig. 1 und Fig.2 gezeigten Trennlinien wird dann demgemäß gleichzeitig auch ein mit dem Abstandhalter-Wafer 1 verbundener Funktions- oder Trägerwafer aufgetrennt. Generell werden für den Abstandhalter-Wafer 1 Gläser mit Ausdehnungskoeffizienten von kleiner $8 \cdot 10^{-6}\ K^{-1}$ bevorzugt, um insbesondere im Waferverbund mit den dafür gängigen Materialien thermomechanische Spannungen gering zu halten.

Durch die Auswahl des verwendeten Glases ist es zudem möglich, den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Abstandhalters auf die thermischen Ausdehnungskoeffizienten weiterer, gemeinsam mit dem Abstandhalter verbauter Bauteile anzupassen.

Nachfolgend wird die Herstellung des Abstandhalter-Wafers 1 gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens beschrieben.

Bei dem Verfahren zur Herstellung eines Abstandhalter-Wafers 1 oder eines Abstandhalters 2 wird

- der Laserstrahl 27 eines Ultrakurzpulslasers 30 auf eine der Seitenflächen 102, 103 einer transparenten Glasplatte 10 gerichtet und mit einer Fokussierungsoptik 23 zu einem langgezogenen Fokus in der transparenten Glasplatte 10 konzentriert (ohne Beschränkung der Verhältnisse von Glasplattendicke zu Fokallänge, d.h. der Fokus kann komplett im Substrat liegen oder auch eine oder beide Substratoberflächen schneiden), wobei durch die eingestrahlte Energie des Laserstrahls 27 eine filamentförmige Schädigung 32 im Volumen der transparenten Glasplatte 10 erzeugt wird, deren Längsrichtung quer zur Seitenfläche 102, 103, insbesondere senkrecht zur Seitenfläche 102, 103 verläuft und zur Erzeugung einer filamentförmigen Schädigung der Ultrakurzpulslaser 30 einen Puls oder ein Pulspaket mit mindestens zwei aufeinander folgenden Laserpulsen einstrahlt, und wobei
- der Auftreffpunkt 73 des Laserstrahls 27 auf der transparenten Glasplatte 1 entlang eines vorgegebenen geschlossenen Pfades geführt und damit
- eine Vielzahl von nebeneinander auf dem Pfad liegenden filamentförmigen Schädigungen 32 eingefügt wird, wobei
- nach dem Einfügen der filamentförmigen Schädigungen 32
- die transparente Glasplatte 10 einem Ätzmedium 33 ausgesetzt wird,

und damit

- die filamentförmige Schädigungen 32 zu Kanälen aufgeweitet werden, wobei durch das Ätzen der Durchmesser der Kanäle so weit vergrößert wird, bis das Glas zwischen den Kanälen abgetragen wird und die Kanäle sich vereinigen und eine Öffnung 5 bilden, wobei durch das Ätzen eine Mikrostrukturierung 9 erzeugt wird, die eine Rauigkeit aufweist, deren Mittenrauwert R_a kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm beträgt.

Die Form des geschlossenen Pfades, entlang dessen der Auftreffpunkt des Laserstrahls geführt wird, bestimmt demnach die Kontur der Öffnung.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass nachfolgend zumindest Teilbereiche des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandshalters 2 poliert oder ablatiert werden Dies

kann insbesondere mit einem gepulsten Laser, beispielsweise mit einem Ultrakurzpulslaser erfolgen. Vorzugsweise beträgt die Pulsdauer des Lasers maximal 10 ps, vorzugsweise maximal 4 ps und ganz besonders bevorzugt maximal 1 ps. Zur Laserpolitur hat sich insbesondere die Verwendung eines CO_2-Lasers als vorteilhaft herausgestellt.

Gemäß einer Ausführungsform werden Teilbereiche des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandshalters 2 nach dem Ätzprozess durch die Behandlung mit einem Ultrakurzpulslaser ablatiert. Durch den Materialabtrag in den entsprechenden Bereichen können beispielsweise zusätzliche Strukturen, die als optische Elemente wirken, erzeugt werden. So können beispielsweise Mikrolinsen oder Diffuserelemente innerhalb der Abstandhalter-Wafer 1 oder des Abstandhalters 2 erhalten werden. Alternativ oder zusätzlich können durch Laserablation auch Teilbereiche des Abstandshalter-Wafers 1 oder des Abstandhalters 2 abgeschrägt werden. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass zumindest die ablatierten Teilbereiche des Abstandshalter-Wafers 1 oder des Abstandshalters 2 nachfolgend einer Laserpolitur unterzogen werden. Eine Laserpolitur kann jedoch auch unabhängig von einer vorangegangenen Laserablation erfolgen. So sieht eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens eine Laserpolitur zumindest eines Teilbereichs des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandshalters 2 nach dem Ätzvorgang vor.

Bevorzugt weist der Abstandhalter-Wafer 1 oder der Abstandhalter 2 zumindest einen Teilbereich auf, dessen Mittenrauheitswert R_a kleiner 0,05 µm oder sogar höchstens 0,04 µm über eine Messstrecke von 500 µm (± 50 µm) ist. Eine andere Ausführungsform sieht vor, dass in zumindest einem Teilbereich der Mittenrauheitswert R_a kleiner 20 nm, bevorzugt kleiner als 10nm bei einer Meßstrecke von 50 µm ist.

Gemäß einer Ausführungsform weist der Abstandshalter-Wafer 1 oder der Abstandshalter 2 zumindest in einem Teilbereich eine mittlere arithmetische Höhe S_a von weniger als 5 nm, weniger als 2 nm oder sogar höchstens 1 nm auf. Vorzugsweise wird die mittlere arithmetische Höhe Sa über eine Fläche von 500 μm^2 bestimmt. Bei der mittleren arithmetischen Höhe S_a handelt es sich um die Erweiterung des Linienenrauheitsparameters R_a in die Fläche. Der Parameter S_a beschreibt den

Mittelwert des Betrag des Höhenunterschieds eines jeden Punktes im Vergleich zum arithmetischen Mittel der Oberfläche.

Durch die Laserpolitur kann hierbei die optische Qualität des entsprechenden Teilbereichs erhöht werden.

Eine andere Ausführungsform sieht vor, dass auch Abstandshalter 2 oder Teilbereiche des Abstandshalters 2, welche keiner Laserablation unterzogen wurden, eine laserpolierte Oberfläche aufweisen. Hierdurch kann zum einen die. Oberflächenrauhigkeit nochmals reduziert werden.

Gemäß einer Ausführungsform weisen die Seitenwandungen des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandhalters 2 zumindest zwei Bereiche mit unterschiedlichen Mittenrauheitswerten R_{a1} und R_{a2} auf. Hierbei ist der Mittenrauheitswert R_{a1} geringer als der Mittenrauheitswert R_{a2}. Vorzugsweise weist die Seitenwandung im Teilbereich mit dem Mittenrauheitswert R_{a1} keine oder zumindest eine schwächer ausgeprägte Mikrostruktur (verglichen mit der Mikrostruktur in Teilbereichen mit einem Mittenrauheitswert R_{a2}) auf. Vorzugsweise beträgt die Differenz der Mittenrauheitswerte $\Delta R_a = R_{a2} - R_{a1}$ zumindest 10 nm, bevorzugt zumindest 60 nm und besonders bevorzugt zumindest 80 nm aufweist. Der geringere Mittenrauheitswert R_{a1} kann insbesondere durch eine Laserpolitur des entsprechenden Teilbereichs des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandhalters 2 erreicht werden. Die Laserpolitur führt hierbei zu einer Verringerung der Mikrostrukturierung des entsprechenden Teilbereichs des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandhalters 2. Gemäß einer Ausführungsform wird zumindest der Bereich des Abstandhalter-Wafers 1 oder des Abstandhalters 2, auf den bei der Verwendung des Abstandshalters 2 in einem Bauteil der Lichtstrahl auftrifft, einer Laserpolitur unterzogen. Die Teilbereiche des Bauteils, auf den im Betrieb der Lichtstrahl auftrifft, weisen somit gemäß einer Ausführungsform einen Mittenrauheitswert R_a von weniger als 50 nm, vorzugsweise von höchstens 40 nm auf. Gemäß einer Ausgestaltung ist der Mittenrauheitswert Ra in den betreffenden Teilbereichen des Bauteils sogar kleiner als 40 nm,.

In Fig. 4 ist eine schematische Seitenansicht eines Querschnitts durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines bereits vereinzelten Abstandshalters 200 dargestellt. Der Abstandshalter 200 weist neben drei Seitenwänden mit ebenen Kantenflächen (521, 523, fehlende Seitenwand nicht dargestellt) eine Seitenwand mit einer schrägen

Kantenfläche 520 auf. Die Kantenfläche 520 weist hierbei einen Winkel α zur Bodenfläche (nicht dargestellt) des Abstandhalters 200 auf. Der Winkel α kann dabei gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens beliebig eingestellt werden. So kann die Kantenfläche 520 beispielsweise einen Winkel α von 45° aufweisen. Die hohe Flexibilität in Hinblick auf den Winkel α wird hierbei sowohl durch das verwendete Material des Abstandhalters als auch durch das Verfahren zu dessen Herstellung ermöglicht. So wird durch die Verwendung von Glas als Material für den Abstandshalter der Ätzwinkel nicht durch eine vorgegebene Kristallstruktur, wie dies beispielsweise beim Ätzen von Siliziumeinkristallen der Fall ist, beschränkt. Weiterhin kann der Winkel α auch durch ein Schrägstellen des Lasers beim Filamentieren eingestellt werden. Alternativ oder zusätzlich können einzelne Bereiche auch durch einen dem Ätzvorgang nachfolgenden Laserablationsprozess angeschrägt werden.

Gemäß einer Weiterbildung werden einzelne Teilbereiche des Abstandhalter-Wafer 1 bzw. des Abstandhalters 2, beispielsweise nur eine der Kantenflächen , durch Laserablation zu bearbeiten. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, die einzelnen Kantenflächen des Abstandhalters 200 unterschiedlich zu gestalten.

Fig. 5 stellt schematisch eine Seitenansicht durch einen Querschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Abstandhalters 201 mit einer schrägen Kantenfläche 525 dar, wobei im Teilbereich 61 der Kantenfläche 525 durch Laserablation Material abgetragen wurde. Der Teilbereich 61 kann auf Grund seiner Oberflächenstruktur als optisches Element fungieren.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels in Aufsicht. Der dargestellte Abstandhalter 202 weist dabei die Kantenflächen 521, 522, 523 und 527 auf. Die Kantenfläche 527 ist hierbei konkav gewölbt. Die Wölbung der Kantenfläche 527 entstand in dem in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel 202 durch einen Materialabtrag mittels Laserablation. Zusätzlich ist die Oberfläche der Kantenfläche 527 laserpoliert. Die Kantenfläche 527 kann hierbei zusätzlich zur Bodenfläche des Abstandhalters 526 einen Winkel $\alpha \neq 90°$ aufweisen, d.h. die Kantenfläche 527 kann eine schräge Kante sein.

Die in den Fig. 4 bis 6 schematisch dargestellten Ausführungsbeispiele 200, 201, 2002 weisen Kantenflächen 520, 524 und 527 auf, welche eine abweichende Geometrie

zu den anderen drei Kantenflächen aufweist. Durch die große Flexibilität des Herstellungsverfahrens kann die Geometrie der einzelnen Kantenflächen des Abstandshalters frei eingestellt werden. So sind auch Ausführungsformen möglich, bei denen der Abstandshalter mehrere Kantenflächen mit einem Winkel $\alpha \neq 90°$ aufweisen, wobei sich die Winkel α der einzelnen Kantenflächen voneinander unterscheiden können. Auch können einzelne Kantenflächen mit abweichender Geometrie oder Struktur erzeugt werden. Somit sind auch Abstandhalter mit komplexeren Strukturen bzw. Geometrie mit nur wenigen Prozessschritten zugänglich. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Abstandshalter drei senkrechte Kantenflächen, d.h. mit einem Winkel $\alpha = 90°$, und eine schräge oder gewölbte Kantenfläche mit einem Winkel $\alpha \neq 90°$ auf. Gemäß einer Ausführungsform weist der Abstandshalter zumindest eine Kantenfläche mit einem Winkel $\alpha < 56°$ auf.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Abstandshalter zumindest eine schräge Kantenfläche mit einem Winkel $\alpha \neq 90°$ aufweist, wobei die Kantenfläche eine ebene Oberfläche aufweist und ein strahlsteuerndes Element, beispielsweise in Form eines Spiegels, auf der Kantenfläche abgebracht wird. Eine andere Ausführungsform sieht einen runden Abstandshalter mit einer durchgängigen inneren Kantenfläche vor, wobei sich der Winkel α der Kantenfläche bzw. der Lochinnenwandung zum Boden des Bauteils innerhalb des Abstandhalters kontinuierlich ändert. Der Abstandhalter weist somit einen Bereich für den Winkel α auf, wobei der Winkel α ortsabhängig ist. Fungiert die innere Kantenfläche des Abstandhalters in einem Bauteil als Auftreffbereich für einen Lichtstrahl, so kann durch Drehen des Abstandhalters der Auskoppelwinkel eingestellt werden.

Weiterhin können auch gezielte Strukturen in zumindest eine der Kantenflächen eingebracht werden. Dies wird anhand eines weiteren Ausführungsbeispiels in Fig.7 dargestellt. In diesem Ausführungsbeispiel weist die Kantenfläche 528 lokal eine gewölbte Struktur 60 auf. Die Struktur 60 kann insbesondere nach dem Ätzvorgang durch Ablation des entsprechenden Teilbereichs mit einem Ultrakurzpulslaser und nachfolgender Laserpolitur des entsprechenden Teilbereichs der Kantenfläche 528 erzeugt werden. Hierbei kann die Struktur 60 derart ausgebildet sein, dass sie ein optisches Element innerhalb des Abstandhalters bildet. So können beispielsweise

mittels Laserablation Konkavspiegel, strahlstreuende Elemente, Mikrolinsen oder benutzerkonfigurierte Freiformen in den Abstandhalter integriert werden.

In Fig. 8 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Laserbearbeitungsvorrichtung 12 gezeigt, mit welcher in eine transparente Glasplatte 10 filamentförmige Schädigungen 32 eingefügt werden können, um nachfolgend in einem Ätzprozess Kanäle an den Stellen der filamentförmigen Schädigungen 32 einzufügen. Die Vorrichtung 12 umfasst einen Ultrakurzpulslaser 30 mit vorgeschalteter Fokussierungsoptik 23 und eine Positioniereinrichtung 17. Mit der Positioniereinrichtung 17 kann der Auftreffpunkt 73 des Laserstrahls 27 des Ultrakurzpulslasers 30 auf der Seitenfläche 102 einer zu bearbeitenden transparenten Glasplatte 10 lateral positioniert werden. Bei dem dargestellten Beispiel umfasst die Positioniereinrichtung 17 einen x-y-Tisch, auf dem die transparente Glasplatte 10 auf einer Seitenfläche 103 aufliegt. Alternativ oder zusätzlich möglich ist aber auch, die Optik beweglich auszubilden, um den Laserstrahl 27 zu bewegen, so dass der Auftreffpunkt 32 des Laserstrahls 27 bei festgehaltener transparenter Glasplatte 10 bewegbar ist.

Die Fokussierungsoptik 23 fokussiert den Laserstrahl 27 nun zu einem in Strahlrichtung, also dementsprechend quer, insbesondere senkrecht zur bestrahlten Seitenfläche 102 langgezogenen Fokus. Ein solcher Fokus kann beispielsweise mit einer kegelförmigen Linse (ein sogenanntes Axikon) oder einer Linse mit großer sphärischer Aberration erzeugt werden. Die Steuerung der Positioniereinrichtung 17 und des Ultrakurzpulslasers 30 wird vorzugsweise mittels einer programmtechnisch eingerichteten Recheneinrichtung 15 durchgeführt. Auf diese Weise lassen sich vorbestimmte Muster von lateral entlang der Seitenfläche 2 verteilten filamentförmigen Schädigungen 32 erzeugen, dies insbesondere durch Einlesen von Positionsdaten, vorzugsweise aus einer Datei oder über ein Netzwerk. Um eine Öffnung 5 zu erzeugen, ergeben die Positionsdaten einen geschlossenen, beziehungsweise ringförmigen Pfad.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel können folgende Parameter für den Laserstrahl verwendet werden:

Die Wellenlänge des Laserstrahls beträgt 1064nm, typisch für einen YAG-Laser. Es wird ein Laserstrahl mit einem Rohstrahldurchmesser von 12mm erzeugt, der dann mit einer Optik in Form einer Bikonvex-Linse mit einer Brennweite von 16mm fokussiert wird. Die Pulsdauer des Ultrakurzpulslasers beträgt weniger als 20ps,

bevorzugt etwa 10ps. Die Pulse werden in Bursts mit 2 oder mehr, bevorzugt 4 oder mehr Pulsen abgegeben. Die Burstfrequenz beträgt 12-48ns, bevorzugt etwa 20ns, die Pulsenergie mindestens 200 Mikrojoule, die Burstenergie entsprechend mindestens 400 Mikrojoule.

Anschließend, nach dem Einfügen einer oder insbesondere einer Vielzahl von filamentförmigen Schädigungen 32 wird die transparente Glasplatte 10 entnommen und in einem Ätzbad gelagert, wo in einem langsamen Ätzprozess Glas entlang der filamentförmigen Schädigungen 32 entfernt wird, so dass an der Stelle einer solchen Schädigung 32 jeweils ein Kanal in die transparente Glasplatte 10 eingefügt wird.

In einer Ausführungsform wird ein basisches Ätzbad mit einem ph-Wert >12, beispielsweise eine KOH-Lösung mit >4mol/l bevorzugt >5mol/l besonders bevorzugt >6mol/l, aber <30mol/l. Das Ätzen wird gemäß einer Ausführungsform der Erfindung unabhängig vom verwendeten Ätzmedium bei einer Temperatur des Ätzbads von >70°C, bevorzugt >80°C, besonders bevorzugt >90°C durchgeführt.

Fig. 9 zeigt in Aufsicht auf eine Seitenfläche 2 ein Glaselement 1 mit einer Vielzahl von filamentförmigen Schädigungen 32, die in einem bestimmten Muster angeordnet sind, wie es durch die oben beschriebene rechnergesteuerte Ansteuerung der Positioniereinrichtung 17 und des Ultrakurzpulslasers 30 in das Glaselement 1 eingeschrieben werden kann. Im Speziellen sind die filamentförmigen Schädigungen 32 hier beispielhaft entlang vorgegebener geschlossener Pfade 53 in Form geschlossener rechteckiger Linien in die transparente Glasplatte eingefügt worden. Einer der Pfade 53 ist als gestrichelte Linie gekennzeichnet. Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass mit dem Verfahren nicht nur rechteckige, sondern beliebig geformte Pfade 53 abgefahren werden können.

Wenn sich beim nachfolgenden Ätzen an den filamentförmigen Schädigungen Kanäle bilden und sich vereinigen, löst sich das durch den geschlossenen Pfad 53 definierte Innenteil 54 heraus und hinterlässt eine Öffnung 5.

Generell kann durch Wahl eines geeigneten Ätzprozesses eine Mikrostrukturierung 9 erhalten werden, die sich durch eine Vielzahl von kalottenförmigen Vertiefungen auszeichnet. Insbesondere können diese Vertiefungen durch vergleichsweise scharfe Grate getrennt sein. Da die Grate, an denen konvexe Krümmungsradien auftreten, nur schmal sind, kann die Mikrostrukturierung gemäß

einer Ausführungsform auch dahingehend charakterisiert werden, dass das Verhältnis vom Flächenanteil mit konvex gewölbter Oberfläche zum Flächenanteil mit konkav gewölbter Oberfläche (wie sie etwa in den kalottenförmigen Vertiefungen vorliegt), höchstens 0,25, vorzugsweise höchstens 0,1 beträgt.

Diese Mikrostrukturierung hat sich als besonders günstig erwiesen, um das hindurchtretende Licht nur wenig zu beeinflussen.

Die Größe, Form und Tiefe der Vertiefungen und damit auch der Wert des Mittenrauwerts kann weiter durch den Ätzprozess und die Parameter der Laserbearbeitung beeinflusst werden.

Bevorzugt werden geringe Ätzraten. In Weiterbildung des Verfahrens ist dazu vorgesehen, dass das Glas der transparenten Glasplatte 10 mit einer Abtragsrate von kleiner als 5 µm pro Stunde abgetragen wird. Insbesondere können die gewünschten Mittenrauwerte auch mittels der Gesamtätzdauer erreicht werden. Hierzu ist es günstig, wenn die Ätzdauer mindestens 12 Stunden beträgt. Vorzugsweise wird dabei der Abstand („Pitch“) der filamentförmigen Schädigungen an die Ätzdauer und Ätzrate angepasst, so dass ein überflüssiges Ätzen bei bereits abgelöstem Innenteil 54 vermieden wird.

In Fig. 10 sind in drei Teilbildern (a), (b), (c) zweidimensionale Höhenprofile einer Mikrostruktur auf der Innenwand, beziehungsweise Seitenwandung 50 einer Öffnung dargestellt. Die verschiedenen, hier nur als Grauwerte dargestellten Farbwerte korrespondieren dabei zur Höhenkoordinate. Die Höhenprofile zeigen dabei verschieden große Ausschnitte der Seitenwandung 50 einer Probe. Die Messfeld-Größen und die anhand der Ausschnitte ermittelten Mittenrauwerte sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet:

Teilbild	(a)	(b)	(c)
Größe Messfeld	521µm×831µm	336µm×336µm	167µm×167µm
Mittenrauwert R_a	0,41µm	0,32µm	0,17µm

In Teilbild (a) ist in der Bildmitte noch eine von links nach rechts laufende Meßstrecke eingezeichnet. Die Meßstrecke hat demnach eine Länge von 521 µm, also

von etwa 500 µm. Wie der Tabelle zu entnehmen ist, beträgt der Mittenrauwert bei einer Meßstrecke von 521 µm mit 0,41 µm weniger als 0,5 µm. Gemäß einer weiteren Ausführungsform, die durch die Messung gemäß Teilbild (b) gestützt wird, kann der Mittenrauwert R_a der Mikrostrukturierung 9 der Seitenwandung 50 bei einer Meßstrecke von 350 µm weniger als 0,4 µm betragen. Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform, die durch die Messung gemäß Teilbild (c) gestützt wird, kann der Mittenrauwert R_a der Mikrostrukturierung 9 der Seitenwandung 50 der Öffnung 5 bei einer Meßstrecke von 170 µm weniger als 0,25 µm betragen. Die Messtrecken können bei diesen Ausführungsformen auch jeweils um 10 % verlängert oder verkürzt sein, können also Längen von 350 µm ± 35 µm, beziehungsweise 170 µm ± 17 µm haben.

Besonders bei der Betrachtung des Teilbilds (c) wird deutlich, dass die Mikrostrukturierung 9 überwiegend aus runden Flächen mit relativ monotonem Grauwert, also auch geringer Höhenänderung zusammengesetzt ist. Diese runden Flächen sind die tieferliegenden Teile der kalottenförmigen Vertiefungen 56. Demnach weisen die Vertiefungen 56 einen relativ ebenen und großen Bodenbereich auf. Dies kann auch eine Ursache dafür sein, dass die Mikrostrukturierung die Lichteinkopplung oder Auskopplung nur wenig beeinflusst.

Die Beeinflussbarkeit des Mittenrauwerts der Mikrostrukturierung 9 wird auch besonders anhand von Fig. 11 deutlich.

Fig. 11 zeigt Messwerte des Mittenrauwerts an der Seitenwandung 50, die durch die oben beschriebene Kombination des Einbringens von filamentförmigen Schädigungen mit einem Ultrakurzpulslaser und dem anschließenden Aufätzen der Schädigungen hergestellt wurden. Die Messwerte sind als Funktion der Anzahl der Laserpulse innerhalb eines Bursts für verschiedene Abstände zwischen den Auftreffpunkten der Laserpulse aufgetragen. Die Anzahl der Laserpulse variiert von einem Einzelpuls bis zu 8 Pulsen im Burst-Betrieb des Ultrakurzpulslasers. Für das Herauslösen der Innenteile 54 wurde ein langsamer Ätzprozess mit einer Dauer von 48 Stunden gewählt. Wie man an den Diagrammen erkennt, sind besonders niedrige Abstände zur Erzielung niedriger Mittenrauwerte günstig. Im Speziellen sind Abstände bis 4 Mikrometer günstig. Bei diesen kleinen Abständen werden, wie die obersten beiden Diagramme („Pitch: 3 µm“ und „Pitch: 4 µm“) zeigen, niedrige Mittenrauwerte besonders bei wenigen Pulsen und sehr vielen Pulsen eines Bursts erreicht, obwohl die

Abhängigkeit bei kleinen räumlichen Abständen der Auftreffpunkte nicht sehr stark ist. Eine höhere Rauigkeit zeigt sich auch bei verringerter Ätzdauer (nicht in der Figur gezeigt). Die Versuche wurden mit folgenden Parametern für das Ätzen durchgeführt: Es wurde eine Lösung mit 6mol/L KOH bei 100°C verwendet. Der Abtrag betrug an den Seitenflächen 34µm bei einer Ätzdauer von 16 Stunden, 63µm bei 30 Stunden und 97µm bei 48 Stunden.

Generell kann man folgende Tendenzen ablesen:

(i) Ein großer Pitch führt zu einer raueren Oberfläche,

(ii) Längere Ätzzeiten führen zu glatteren Seitenflächen.

Die Ätzzeit an der freien Strukturfläche einer der Einflussfaktoren für die Rauigkeit der Oberfläche. Je früher das Innenteil 56 entfernt wird desto glatter kann die Struktur werden (kleiner Pitch). Je geringer die eingebrachte Schädigungsstruktur desto glatter ist die Struktur (kleine Burstzahl, oder geringe Energie in den einzelnen Laserpulsen aufgrund einer hohen Pulsanzahl). Auch die Pulslänge hat überraschend einen Einfluss auf die Rauigkeit der Seitenwandung. In einem weiteren Experiment wurden die in Bezug auf eine niedrige Rauigkeit besten Parameter für Pulse von 10 ps Dauer und 1 ps Dauer verglichen. Es wurden folgende Ergebnisse erzielt:

(i) Beste Parameter bei 10ps:

- 1 Burst/3µm Pitch

  → Ra = 0,42µm-0,50µm.

Beste Parameter bei 1ps:

- 1 Burst/3µm-10µm Pitch

  → Ra = 0,38µm-0,52µm.

Das Ätzen erfolgte jeweils mit einer Lösung von 6mol/L KOH bei 100°C, wobei 10 µm Glas abgetragen wurden. Generell zeigt sich, dass bei sehr kurzen Pulsdauern die Abhängigkeit vom Pitch geringer ist. Daher ergibt sich ein die obigen Ergebnisse einschließendes günstiges Parameterfeld mit einer Pulsdauer von 0,5 ps bis 2 ps (vorzugsweise 0,75 ps bis 1,5 ps) und einem Pitch von 1 µm bis 15 µm (vorzugsweise 2 µm bis 12 µm).

Daher ist in Weiterbildung des Verfahrens vorgesehen, dass für das Heraustrennen der Innenteile 56 zumindest einer der folgenden Parameter im Verfahren realisiert wird:

- der räumliche Abstand zweier Auftreffpunkte 73 des Laserstrahls 27 auf der transparenten Glasplatte 10 beträgt höchstens 6 µm, vorzugsweise höchstens 4,5 µm,
- die Dauer des Ätzens beträgt mindestens 12, vorzugsweise mindestens 20 Stunden,
- die Anzahl der Pulse eines Bursts zum Einbringen einer filamentförmigen Schädigung 32 beträgt höchstens 2 oder mindestens 7,
- die Pulsdauer des Lasers liegt im Bereich von 0,5 ps bis 2 ps (vorzugsweise 0,75 ps bis 1,5 ps) bei einem räumliche Abstand zweier Auftreffpunkte 73 des Laserstrahls 27 auf der transparenten Glasplatte 10 von 1 µm bis 15 µm (vorzugsweise 2 µm bis 12 µm).

Mit den Abstandhalter-Wafern 1, wie sie beispielhaft in den Fig. 1 und 2 gezeigt sind, oder mit den abgetrennten Abstandhaltern 2 können dann elektro-optische Wandlerbauelemente realisiert werden. Wie oben gesagt, kann die weitere Verarbeitung zur Herstellung der elektro-optischen Wandlerbauelemente auch im Waferverbund erfolgen, so dass das Abtrennen der Abstandhalter zusammen beim Abtrennen der Bauelemente vom Waferverbund erfolgt. Das Abtrennen kann in diesem Fall durch mechanisches Dicen, beziehungsweise Sägen mit einer Trennscheibe erfolgen. Ein elektro-optisches Wandlerbauteil 3 mit einem rahmenförmigen Abstandhalter 2 zeigt dazu Fig. 12. Das dargestellte Ausführungsbeispiel ist eine mögliche Realisierung einer Ausführungsform eines elekro-optischen Wandlerbauteils 3 mit einem wie hier beschriebenen Abstandhalter 2, umfassend einen Träger 11, auf welchem eine elektro-optisches Wandlerelement 13 angeordnet ist, wobei auf dem Träger 11 auf der Seite mit dem elektro-optischen Wandlerelement 13 der Abstandhalter 2 befestigt ist, so dass das elektro-optische Wandlerelement 13 in der Öffnung 5 angeordnet ist, und wobei auf dem Abstandhalter 2 ein Deckelelement 16 angeordnet ist, so dass ein seitlich durch die Seitenwandung 50 der Öffnung 5 des Abstandshalters 2 abgeschlossener Hohlraum 18 zwischen dem Träger 11 und dem Deckelelement 16 gebildet wird, der das elektro-optische Wandlerelement 13 umschließt. Dabei kann insbesondere Licht, welches vom elektro-optischen Wandlerelement 13 emittiert oder empfangen wird, den Hohlraum 18 queren. Während für viele Anwendungen gut temperaturleitende Materialien eingesetzt werden, eignet sich Glas als Material für den Abstandhalter hier, wenn etwa vermieden werden soll, dass eine hohe Wärmeleistung auf das Deckelelement übertragen wird. Dies kann etwa bei organischen Beschichtungen des Deckels oder bei

temperaturempfindlichen optischen Präzisionselementen auf dem Deckel unerwünscht sein.

Insbesondere ist in einer Weiterbildung vorgesehen, dass der Abstandhalter 2 transparent ist. Dabei ist das Wandlerelement 13 ausgebildet, Licht seitlich zwischen dem Deckelelement 16 und dem Träger 11 durch die Innenseite 50 der Öffnung 5 des Abstandhalters 2 hindurch zu senden oder zu empfangen. Mögliche Strahlengänge sind in Fig. 12 als Lichtstrahlen 19 eingetragen. Gegebenenfalls können auch andere elektromagnetische Wellen durch den Abstandhalter 2 hindurch gesendet oder empfangen werden. Gedacht ist hier besonders an RF-Signale.

Das elektro-optische Wandlerelement 13 kann generell eine Leuchtdiode, eine Laserdiode oder ein Kamerachip sein. Bei Laserdioden können sowohl VCSEL (VCSEL="Vertical Cavity Surface Emitting Laser") als auch seitenemittierende Laserdioden (EEL="Edge Emitting Laser") verwendet werden. Bei EEL bietet sich eine Auskopplung des Laserlichts durch den Abstandhalter hindurch besonders an. Durch die Verwendung von Abstandshaltern mit zumindest einer schrägen Kante in Verbindung mit einem Umlenkelement kann jedoch auch eine Umlenkung des Laserlichts erfolgen, so dass hier auch eine vertikale Auskopplung des Laserlichts möglich ist. Das Umlenkelement kann hierbei in den Abstandhalter integriert sein, beispielsweise in Form einer optischen Struktur oder einer reflektierenden Beschichtung.

Bei VCSEL kann beispielsweise das Laserlicht durch das Deckelelement 16 hindurch emittiert werden, wobei der transparente Abstandhalter 2 dazu nutzbar ist, Streulicht für eine externe Monitordiode zu transmittieren.

Bei einem eingehausten Kamera-Chip als elektro-optisches Wandlerelement 13 kann die Mikrostrukturierung der Seitenwandung 50 mit geringer Rauigkeit von Vorteil sein, wenn in dem Hohlraum 18 eine Flüssiglinse eingesetzt wird. Bei Flüssiglinsen kann es an einer rauen Wand zu Blasenbildung kommen. Zudem können raue Strukturen die Linsenoberfläche beeinflussen.

Das elektro-optische Wandlerelement 13 kann beispielsweise über eine oder mehrere elektrische Durchführungen 36 im Träger 11 versorgt werden. Im gezeigten Beispiel ist das elektro-optische Wandlerelement 13 mit Bonddrähten 35 mit den Durchführungen verbunden. Das elektro-optische Wandlerbauteil 3 kann weiterhin als SMD-Baustein ausgebildet sein. In diesem Fall können auf den Durchführungen 36

Lotkugeln 37 aufgebracht sein. Selbstverständlich existieren hier viele weitere Bauformen. Bei einer weiteren möglichen Bauform kann beispielsweise der Träger 11 selbst Bestandteil des elektro-optischen Wandlerelements 13 sein, etwa wenn der Träger 11 ein Halbleitersubstrat ist, in dem das elektro-optischen Wandlerelement 13 ausgebildet wird.

Im dargestellten Beispiel ist nur ein einzelnes elektro-optisches Wandlerelement 13 im Hohlraum 18 eingeschlossen. Es können aber auch mehrere elektro-optische Wandlerelemente 13 in einem gemeinsamen Hohlraum 18 angeordnet sein. Beispielsweise kann eine Anordnung von mehreren VCSELn auf dem Träger 11 innerhalb des Hohlraums 18 befestigt sein. Generell können verschiedene Wandler, wie VCSL, EEL, LD miteinander innerhalb der Öffnung 5 kombiniert werden. Weiterhin können auch ein oder mehrere Sensoren und Emitter zusammen verbaut sein.

In einer Ausführungsform bildet das elektro-optische Wandlerbauteil 3 ein Kamera-Modul welches für die zweidimensionale Bildaufzeichnung, oder auch für 3D-Erfassung (3D-Camera-Imaging), wie es für die dreidimensionale Gesichtserkennung eingesetzt werden kann.

Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform kann die Seitenwandung 50 der Öffnung 5 des rahmenförmigen Abstandhalters 2 beschichtet sein. Bei dem in Fig. 8 gezeigten Beispiel ist der auf der rechten Seite dargestellte Teil der Seitenwandung 50 mit einer Beschichtung 6 versehen. Die Beschichtung 6 kann die Seitenwandung 50 teilweise, aber auch vollständig bedecken. Eine solche Beschichtung 6 kann insbesondere eine Antireflex-Beschichtung, eine Reflexions-Beschichtung, eine halbtransparente Beschichtung, eine farbgebende Beschichtung oder eine metallische Beschichtung sein. Auch können mehrere Beschichtungen kombiniert werden, um eine mehrlagige Beschichtung zu erhalten. Die Beschichtung 6 kann bereits am Abstandhalter-Wafer 1 vor der Vereinzelung der Abstandhalter 2 aufgebracht werden.

Bezugszeichenliste

Abstandhalter-Wafer	1
Abstandhalter	2, 200, 201, 202, 203
elektro-optisches Wandlerbauteil	3
Abschnitt von 1	4
Öffnung	5
Beschichtung	6
Trennlinie	7
Mikrostrukturierung	9
Glasplatte	10
Träger	11
Laserbearbeitungsvorrichtung	12
elektro-optisches Wandlerelement	13
Recheneinrichtung	15
Deckelelement	16
Positionierungseinrichtung	17
Hohlrraum	18
Lichtstrahl	19
Außenwandung von 2	20
Fokussierungsoptik	23
Laserstrahl	27
Ultrakurzpulslaser	30
filamentförmige Schädigung	32
Bonddraht	35
Durchführung	36
Lotkugel	37
Seitenwandung von 5	50
ebener Abschnitt von 5	52, 521,522, 523,
Schräger Abschnitt von 5	520, 525

Bodenfläche	526
Abschnitt von 5 mit Struktur	524, 527
strukturierte Bereiche von 5	60, 61
geschlossener Pfad	53
Innenteil	54
Vertiefung	56
Auftreffpunkt des Laserstrahls 27	73
Seitenflächen von 10	102, 103
Kanal	105

Patentansprüche

1. Abstandhalter-Wafer (1) zur Herstellung von rahmenförmigen Abstandhaltern (2) für die Gehäusung elektro-optischer Wandler (3) durch Abtrennen von Abschnitten (4) vom Abstandhalter-Wafer (1), wobei der Abstandhalter-Wafer (1) eine transparente Glasplatte (10) umfasst, die eine Vielzahl von in einem Raster verteilt angeordneten, voneinander getrennten Öffnungen (5) aufweist, so dass durch Abtrennen von Abschnitten (4) der Glasplatte (10) entlang von Trennlinien (7) zwischen den Öffnungen (5) die vereinzelten Abstandhalter (2) erhältlich sind, wobei die Öffnungen (5) Seitenwandungen (50) mit einer Mikrostrukturierung (9) mit einer Rauigkeit aufweisen, wobei der Mittenrauwert R_a der Rauigkeit kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm beträgt.

2. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwandungen (50) der Öffnungen (5) jeweils mindestens einen ebenen Abschnitt (52) aufweisen.

3. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenwandungen (50) der Öffnungen (5) jeweils mindestens eine schräge Kantenfläche (520) aufweisen, wobei die schräge Kantenfläche (520) einen Winkel $\alpha \neq 90°$ mit der Unterseite des Abstandhalter-Wafers (1) bildet.

4. Abstandshalter-Wafer (1) gemäß dem vorstehenden Anspruch, wobei die zumindest eine schräge Kantenfläche (520) zumindest in einem Teilbereich eine Beschichtung oder optische Struktur aufweist.

5. Abstandshalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei zumindest ein Abschnitt einer Seitenwandung (50) zumindest in einem Teilbereich einen Mittenrauwert R_a aufweist, der kleiner als 50 nm, bevorzugt höchstens 40 nm, besonders bevorzugt kleiner als 40 nm bei einer

Meßstrecke von 500 µm ist, oder bevorzugt kleiner als 20 nm, bevorzugt kleiner als 10nm bei einer Meßstrecke von 50 µm ist.

6. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrostrukturierung (9) einen Mittenrauwert R_a von mindestens 50 nm, vorzugsweise mindestens 100 nm bei einer Meßstrecke von 500 µm aufweist.

7. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrostrukturierung (9) eine Vielzahl von kalottenförmigen Vertiefungen aufweist.

8. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:
- der Mittenrauwert R_a der Mikrostrukturierung (9) der Seitenwandung (50) der Öffnung (5) beträgt bei einer Meßstrecke von 350 µm weniger als 0,4 µm,
- der Mittenrauwert R_a der Mikrostrukturierung (9) der Seitenwandung (50) der Öffnung (5) beträgt bei einer Meßstrecke von 170 µm weniger als 0,25 µm,
- die Mikrostruktuierung ist unregelmäßig, so dass insbesondere eine Anordnung von Strukturelementen in einem regelmäßigen strengen Raster fehlt,
- die Seitenwandungen (50) der Öffnungen (5) weisen vier ebene Abschnitte (52) auf, insbesondere, wobei jeweils zwei ebene Abschnitte (52) gegenüberliegen,
- die Seitenwandungen (50) der Öffnung (5) weisen zumindest einen ebenen Abschnitt (52), vorzugsweise drei ebene Abschnitte (52) und einen Abschnitt mit einer schrägen Kante (520) auf
- das Verhältnis vom Flächenanteil der Mikrostrukturierung (9) mit konvex gewölbter Oberfläche zum Flächenanteil mit konkav gewölbter Oberfläche

beträgt höchstens 0,25,
- die Seitenwandung 50 der Öffnungen sind beschichtet.

9. Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:
- die transparente Glasplatte (10) weist eine Dicke im Bereich von 100 µm bis 3,5 mm, vorzugsweise im Bereich von 200 µm bis 3,0 mm auf,
- die Dickenvariation der transparenten Glasplatte (10) ist geringer als 5 µm, vorzugsweise geringer als 2 µm, besonders bevorzugt geringer als 1 µm.

10. Abstandhalter (2), herstellbar durch Abtrennen eines Abschnitts (4) von einem Abstandhalter-Wafer (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Abstandhalter (2) ein rahmenförmiges Element mit einer Öffnung (5) darstellt, dessen Seitenwandung (50) mit einer Mikrostrukturierung (9) versehen ist, wobei die Mikrostrukturierung (9) eine Rauigkeit aufweist, deren Mittenrauwert R_a kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm beträgt.

11. Verfahren zur Herstellung eines Abstandhalter-Wafers (1) oder eines Abstandhalters (2) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem
- der Laserstrahl (27) eines Ultrakurzpulslasers (30) auf eine der Seitenflächen (102, 103) einer transparenten Glasplatte (10) gerichtet und mit einer Fokussierungsoptik (23) zu einem langgezogenen Fokus in der transparenten Glasplatte (10) konzentriert wird, wobei durch die eingestrahlte Energie des Laserstrahls (27) eine filamentförmige Schädigung (32) im Volumen der transparenten Glasplatte (10) erzeugt wird, deren Längsrichtung quer zur Seitenfläche (102, 103), insbesondere senkrecht zur Seitenfläche (102, 103) verläuft und zur Erzeugung einer filamentförmigen Schädigung der Ultrakurzpulslaser (30) einen Puls oder ein Pulspaket mit mindestens zwei aufeinander folgenden Laserpulsen einstrahlt, und wobei
- der Auftreffpunkt (73) des Laserstrahls (27) auf der transparenten Glasplatte (1) entlang eines vorgegebenen geschlossenen Pfades geführt und

damit
- eine Vielzahl von nebeneinander auf dem Pfad liegenden filamentförmigen Schädigungen (32) eingefügt wird, wobei
- nach dem Einfügen der filamentförmigen Schädigungen (32)
- die transparente Glasplatte (10) einem Ätzmedium (33) ausgesetzt wird, und damit
- die filamentförmige Schädigungen (32) zu Kanälen (105) aufgeweitet werden, wobei
durch das Ätzen der Durchmesser der Kanäle (105) so weit vergrößert wird, bis das Glas zwischen den Kanälen (105) abgetragen wird und die Kanäle (105) sich vereinigen und eine Öffnung (5) bilden, wobei durch das Ätzen eine Mikrostrukturierung (9) erzeugt wird, die eine Rauigkeit aufweist, deren Mittenrauwert R_a kleiner als 0,5 µm bei einer Meßstrecke von 500 µm beträgt.

12. Verfahren gemäß dem vorstehenden Anspruch, gekennzeichnet durch mindestens eines der folgenden Merkmale:
- das Glas der transparenten Glasplatte (10) wird mit einer Abtragsrate von kleiner als 5 µm pro Stunde abgetragen,
- die Ätzdauer beträgt mindestens 12 Stunden
- der räumliche Abstand zweier Auftreffpunkte (73) des Laserstrahls (27) auf der transparenten Glasplatte (10) beträgt höchstens 6 µm, vorzugsweise höchstens 4,5 µm,
- die Anzahl der Pulse eines Bursts zum Einbringen einer filamentförmigen Schädigung (32) beträgt höchstens 2 oder mindestens 7,
- die Pulsdauer des Lasers liegt im Bereich von 0,5 ps bis 2 ps bei einem räumliche Abstand zweier Auftreffpunkte (73) des Laserstrahls (27) auf der transparenten Glasplatte (10) von 1 µm bis 15 µm,
- nachfolgend zum Ätzprozess erfolgt eine Laserpolitur zumindest eines Teilbereichs der Öffnung (5).

13. Elekro-optisches Wandlerbauteil (3) mit einem Abstandhalter (2) nach Anspruch 7, umfassend einen Träger (11), auf welchem ein oder mehrer elektro-optische Wandlerelemente (13) angeordnet sind, wobei auf dem Träger (11) auf der Seite mit dem elektro-optischen Wandlerelement (13) der Abstandhalter (2) befestigt ist, so dass das elektro-optische Wandlerelement (13) in der Öffnung (5) angeordnet ist, und wobei auf dem Abstandhalter (2) ein Deckelelement (16) angeordnet ist, so dass ein seitlich durch die Seitenwandung (50) der Öffnung (5) des Abstandshalters (2) abgeschlossener Hohlraum (18) zwischen dem Träger (11) und dem Deckelelement (16) gebildet wird, der das elektro-optische Wandlerelement (13) umschließt, insbesondere so dass Licht, welches vom elektro-optischen Wandlerelement (13) emittiert oder empfangen wird, den Hohlraum (18) quert.

14. Elektro-optisches Wandlerbauteil (3) gemäß dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstandhalter (2) transparent ist und das Wandlerelement (13) ausgebildet ist, Licht seitlich zwischen dem Deckelelement (16) und dem Träger (11) durch die Innenseite (50) der Öffnung (5) des Abstandhalters (2) hindurch zu senden oder zu empfangen.

15. Elektro-optisches Wandlerbauteil (3) gemäß Anspruch 14, wobei der Abstandhalter ein Umlenkelement umfasst und das Wandlerelement (13) ausgebildet ist, Licht durch das Deckelement (16) hindurch zu senden oder zu empfangen.

16. Elektro-optisches Wandlerbauteil (3) gemäß einem der drei vorstehenden Ansprüche, wobei das elektro-optische Wandlerelement (13) eines der folgenden Elemente ist:
- eine Leuchtdiode,
- eine Laserdiode, insbesondere
- ein VCSEL oder eine

- EEL,
- ein Kamera- Sensor oder Emitterchip.

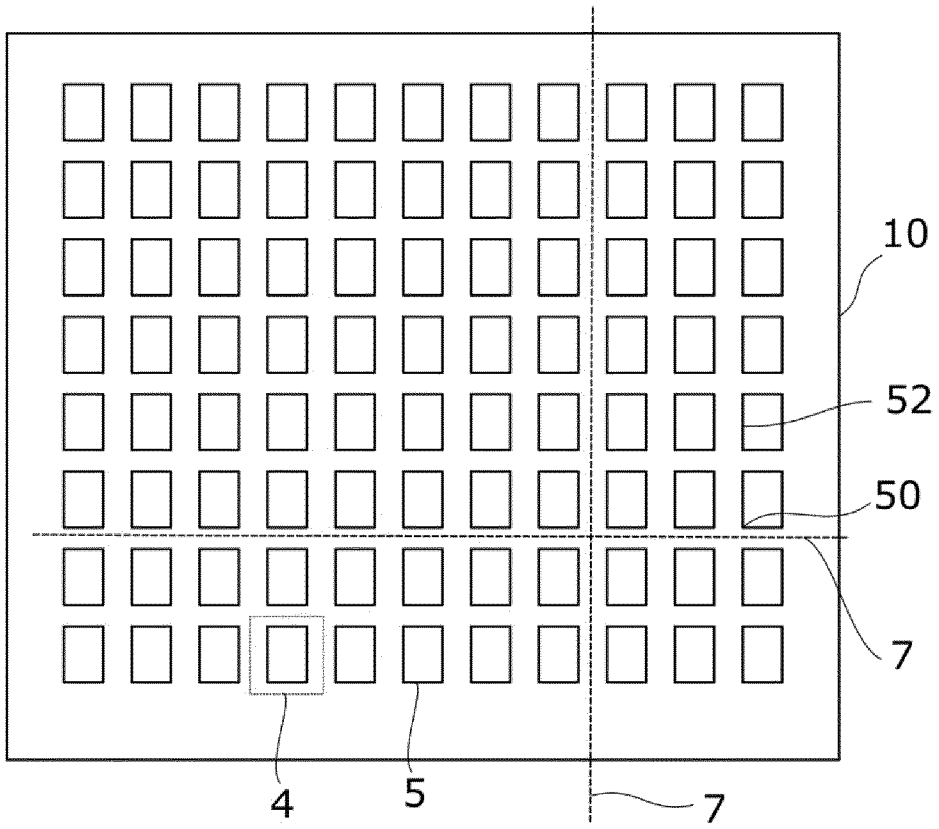


Fig. 1

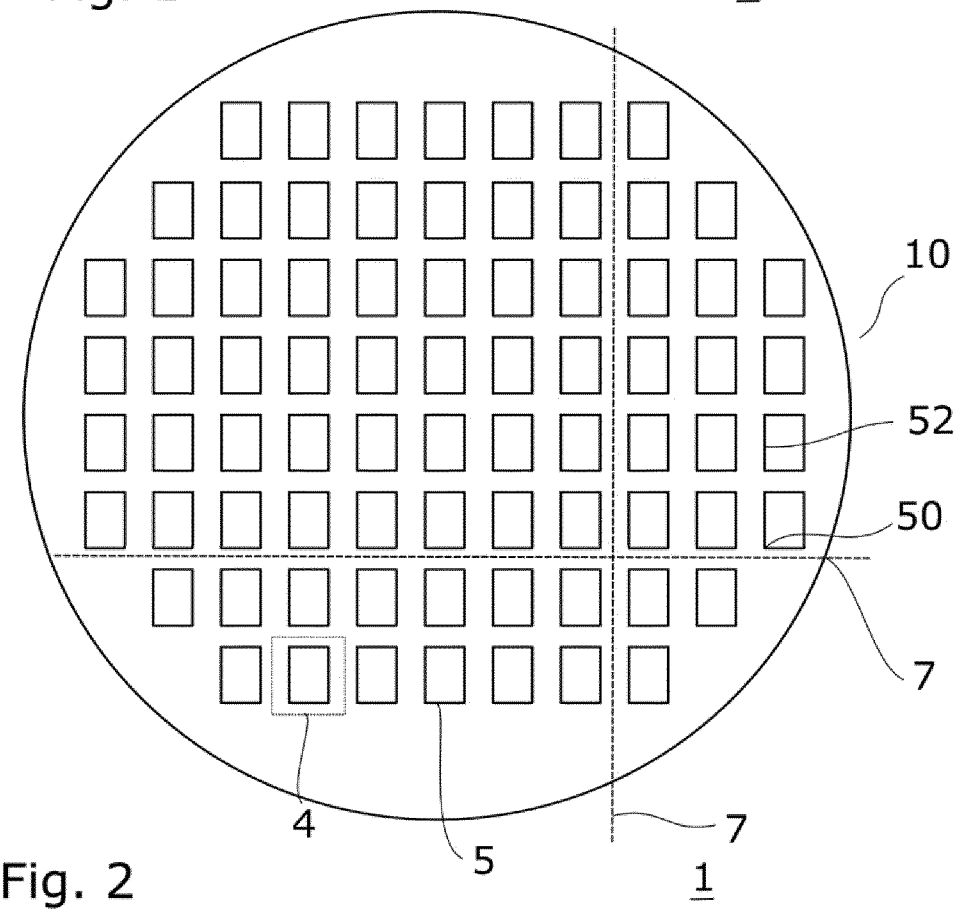


Fig. 2

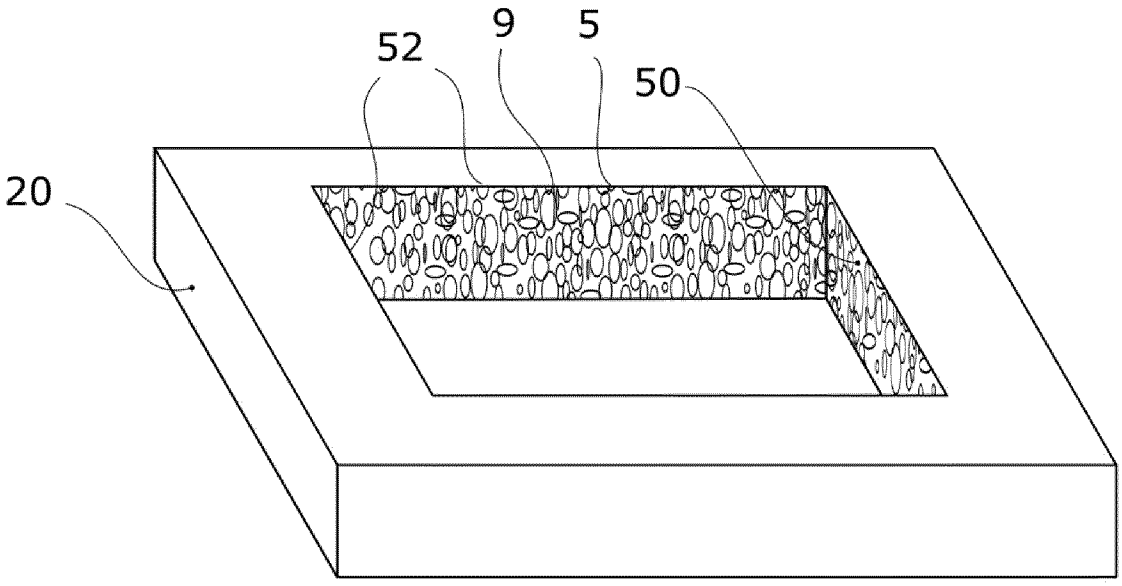


Fig. 3

2

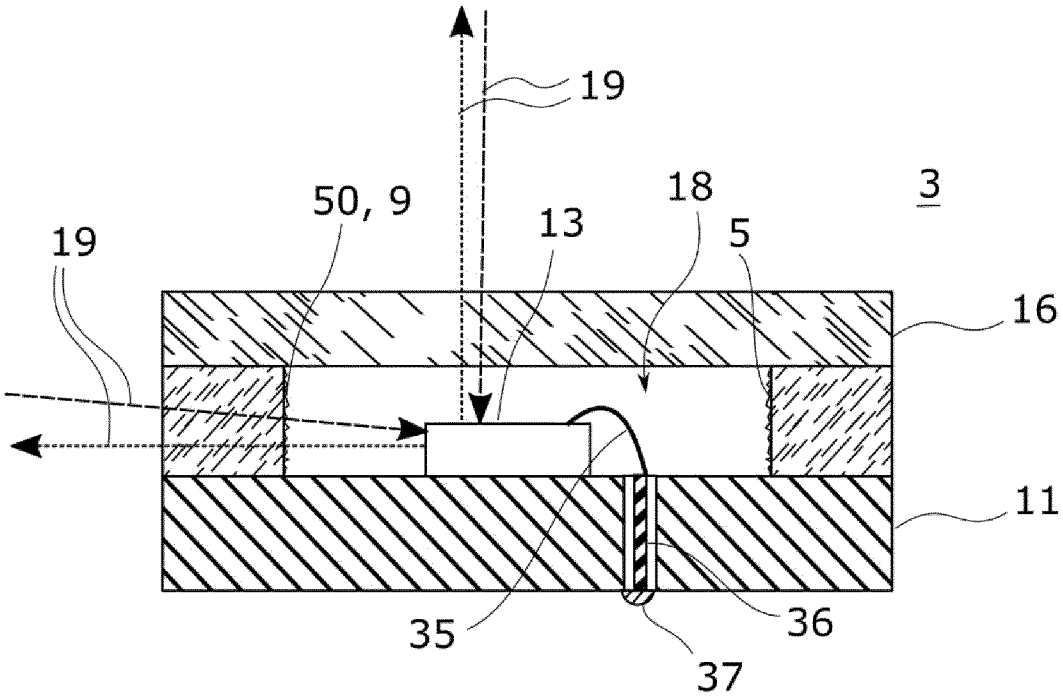


Fig. 12

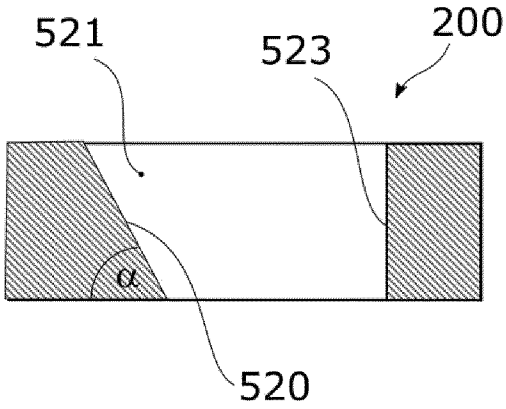


Fig. 4

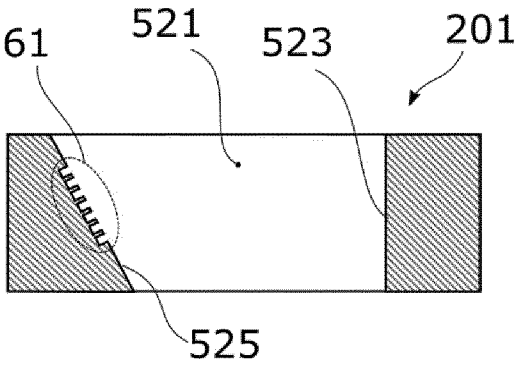


Fig. 5

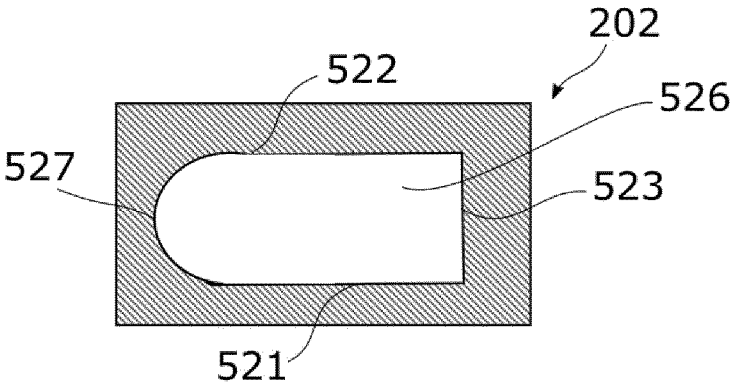


Fig. 6

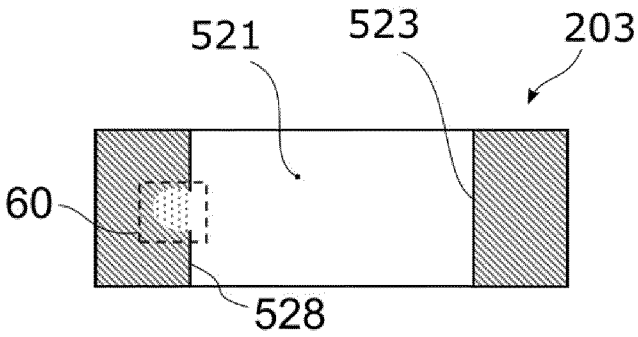


Fig. 7

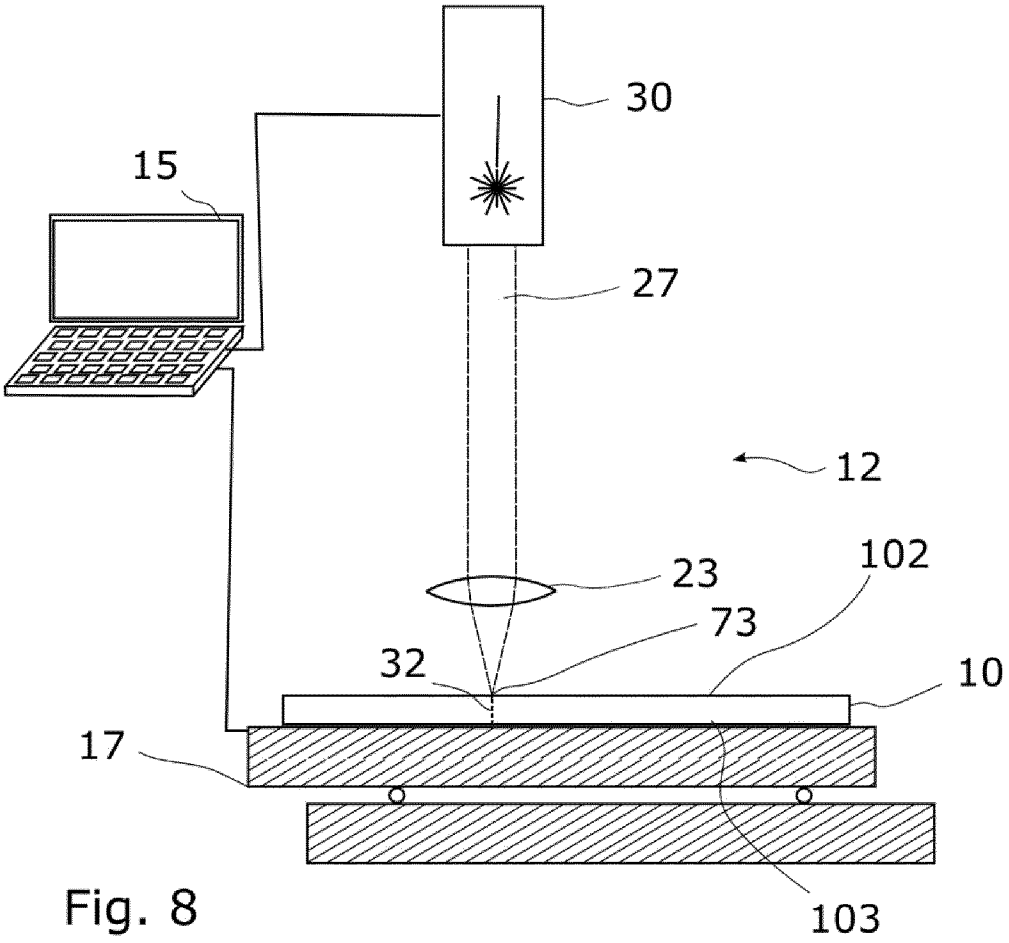


Fig. 8

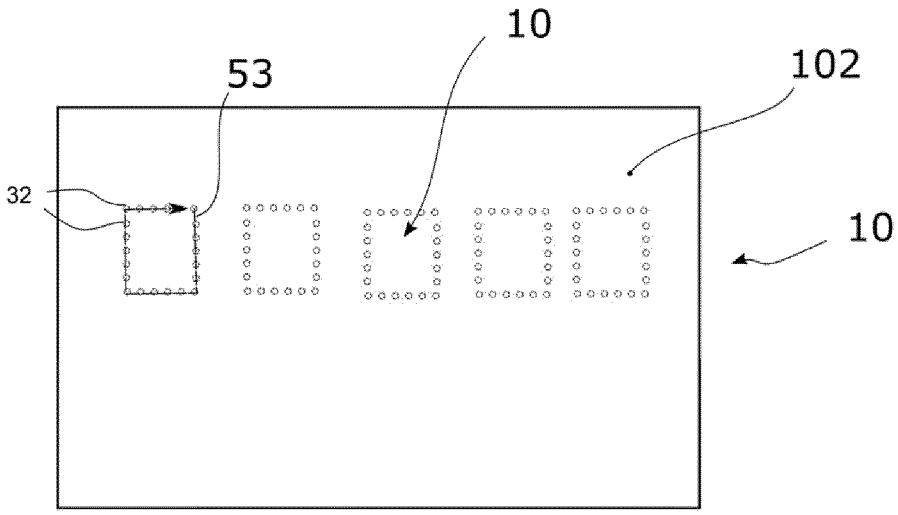


Fig. 9

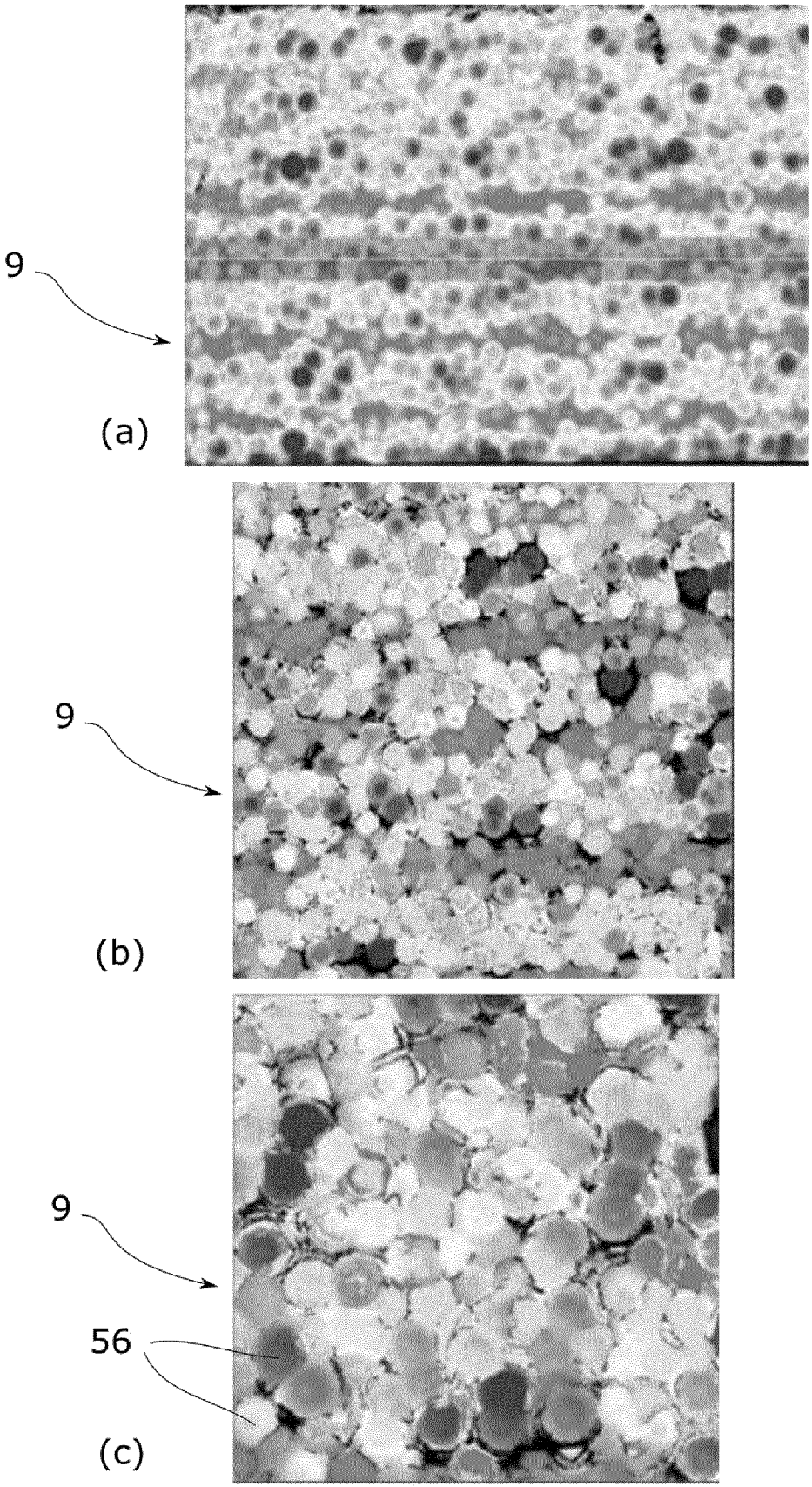


Fig. 10

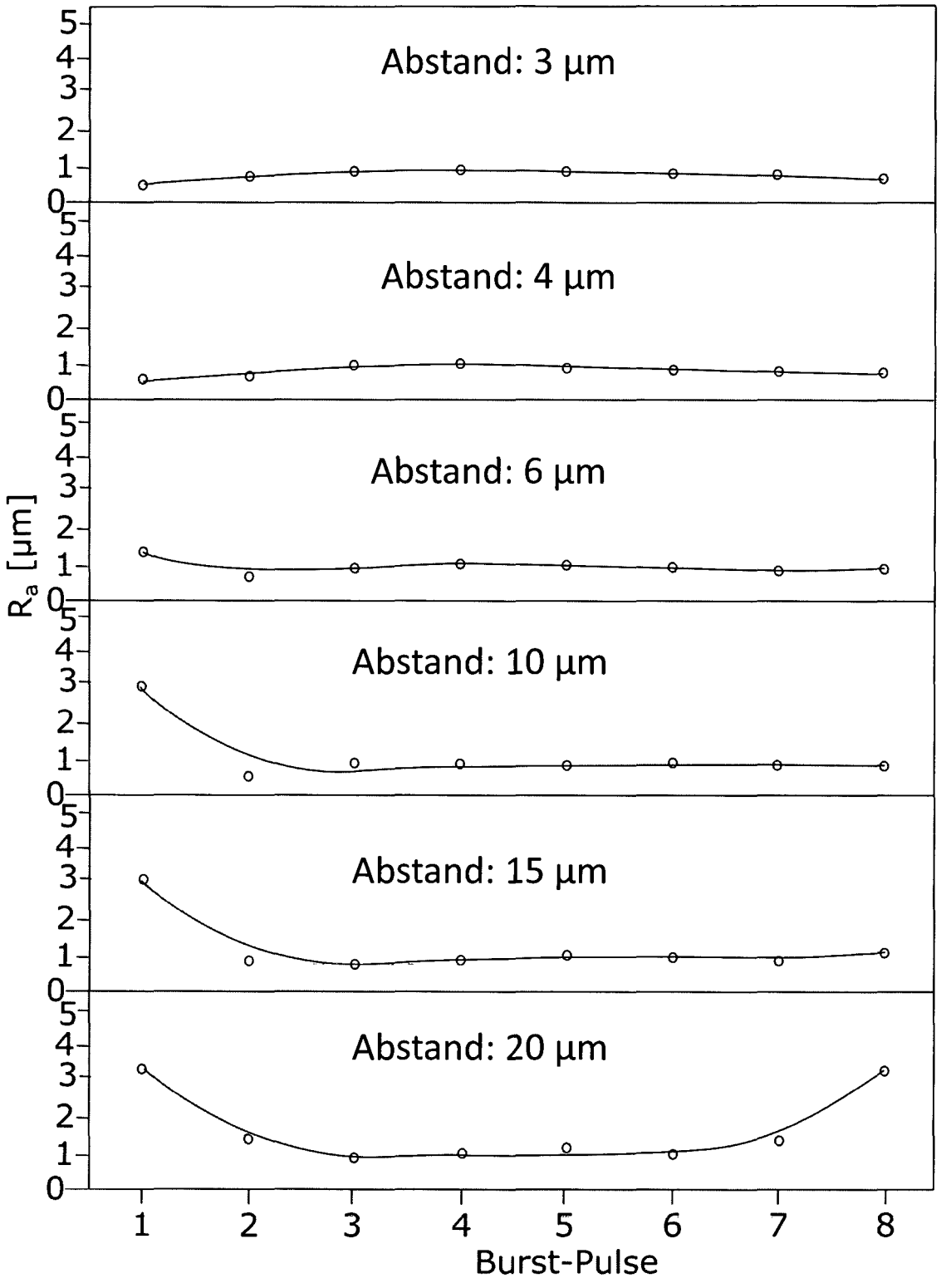

Abstand: 3 µm
Abstand: 4 µm
Abstand: 6 µm
Abstand: 10 µm
Abstand: 15 µm
Abstand: 20 µm
R_a [µm]
0
1
2
3
4
5
1
2
3
4
5
6
7
8
Burst-Pulse

Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2021/061256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 33/60(2010.01)i

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)

H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012134627 A1 (CHOO HEUNG RO [KR]) 31 May 2012 (2012-05-31)	1,2,5,6,8-10,13-16
Y	paragraphs [0049], [0054], [0056], [0059], [0108]	3,4
A	figure 21	7,11,12
X	WO 2009075530 A2 (AMOLEDS CO LTD [KR]; BANG YEUNHO [KR] ET AL.) 18 June 2009 (2009-06-18) paragraph [0282] figure 18	1,10
X	US 2014169730 A1 (GOTO HIROSHI [JP]) 19 June 2014 (2014-06-19) paragraphs [0008], [0023], [0025], [0031], [0038], [0063] figures 1,2	1
Y	DE 102018102961 A1 (MSG LITHOGLAS GMBH [DE]) 14 August 2019 (2019-08-14)	3,4
A	paragraphs [0050], [0051] figures 1,2, 8,9	1

☑ 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	Date of mailing of the international search report
19 July 2021	**27 July 2021**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Gijsbertsen, Hans** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2021/061256

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102018100299 A1 (SCHOTT AG [DE]) 02 August 2018 (2018-08-02) cited in the application paragraphs [0003], [0007], [0008] claim 1 figures	7,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2021/061256

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2012134627 A1	31 May 2012	KR 20110007456 A	24 January 2011
		US 2012134627 A1	31 May 2012
		WO 2011007909 A1	20 January 2011
WO 2009075530 A2	18 June 2009	NONE	
US 2014169730 A1	19 June 2014	US 2014169730 A1	19 June 2014
		WO 2014065805 A1	01 May 2014
DE 102018102961 A1	14 August 2019	CN 111837298 A	27 October 2020
		DE 102018102961 A1	14 August 2019
		EP 3750217 A1	16 December 2020
		JP 2021513226 A	20 May 2021
		KR 20200117000 A	13 October 2020
		WO 2019154465 A1	15 August 2019
DE 102018100299 A1	02 August 2018	CN 108358461 A	03 August 2018
		DE 102018100299 A1	02 August 2018
		JP 6636064 B2	29 January 2020
		JP 2018123048 A	09 August 2018
		KR 20180088599 A	06 August 2018
		US 2018215647 A1	02 August 2018

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/061256

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L33/60
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

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 Y A	US 2012/134627 A1 (CHOO HEUNG RO [KR]) 31. Mai 2012 (2012-05-31) Absätze [0049], [0054], [0056], [0059], [0108] Abbildung 21 -----	1,2,5,6, 8-10, 13-16 3,4 7,11,12
X	WO 2009/075530 A2 (AMOLEDS CO LTD [KR]; BANG YEUNHO [KR] ET AL.) 18. Juni 2009 (2009-06-18) Absatz [0282] Abbildung 18 -----	1,10
X	US 2014/169730 A1 (GOTO HIROSHI [JP]) 19. Juni 2014 (2014-06-19) Absätze [0008], [0023], [0025], [0031], [0038], [0063] Abbildungen 1,2 -----	1

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
19. Juli 2021	27/07/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gijsbertsen, Hans

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/061256

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2018 102961 A1 (MSG LITHOGLAS GMBH [DE]) 14. August 2019 (2019-08-14)	3,4
A	Absätze [0050], [0051] Abbildungen 1,2, 8,9	1

A	DE 10 2018 100299 A1 (SCHOTT AG [DE]) 2. August 2018 (2018-08-02) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0003], [0007], [0008] Anspruch 1 Abbildungen	7,11

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2021/061256

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2012134627 A1	31-05-2012	KR 20110007456 A	24-01-2011
		US 2012134627 A1	31-05-2012
		WO 2011007909 A1	20-01-2011
WO 2009075530 A2	18-06-2009	KEINE	
US 2014169730 A1	19-06-2014	US 2014169730 A1	19-06-2014
		WO 2014065805 A1	01-05-2014
DE 102018102961 A1	14-08-2019	CN 111837298 A	27-10-2020
		DE 102018102961 A1	14-08-2019
		EP 3750217 A1	16-12-2020
		JP 2021513226 A	20-05-2021
		KR 20200117000 A	13-10-2020
		WO 2019154465 A1	15-08-2019
DE 102018100299 A1	02-08-2018	CN 108358461 A	03-08-2018
		DE 102018100299 A1	02-08-2018
		JP 6636064 B2	29-01-2020
		JP 2018123048 A	09-08-2018
		KR 20180088599 A	06-08-2018
		US 2018215647 A1	02-08-2018