

(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
12. Mai 2022 (12.05.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/096551 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 21/50 (2006.01) B23K 26/28 (2014.01)
H01L 23/10 (2006.01) B23K 26/324 (2014.01)
B23K 26/03 (2006.01) B23K 31/12 (2006.01)

(72) Erfinder: THOMAS, Jens Ulrich; Willi-Wolf-Str. 7,
55128 Mainz (DE). MÄÄTTÄNEN, Antti; Tillikatu 3A,
33710 Tampere (FI). ROKKA, Petri; Heinurinkuja 2 A 4,
33720 Tampere (FI).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2021/080592

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. November 2021 (04.11.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2020 129 220.1
05. November 2020 (05.11.2020) DE

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

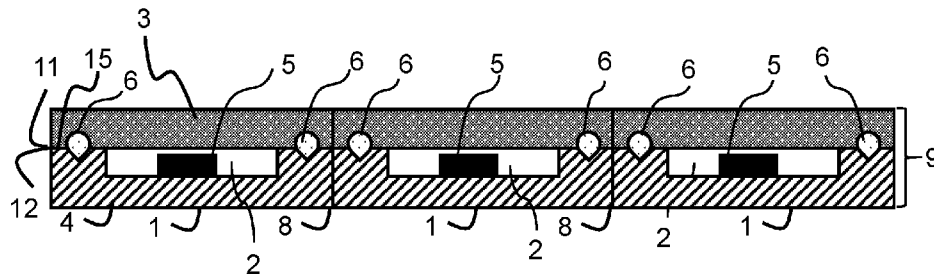
(74) Anwalt: BLUMBACH ZINNGREBE PATENTAN-
WÄLTE PARTG MBB; Alexandrastr. 5, 65187 Wiesba-
den (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,

(54) Title: METHOD FOR CHECKING AND PRODUCING A COMPOSITE OF A SUBSTRATE STACK, AND HERMETICALLY
SEALED ENCLOSURE PRODUCED ACCORDING TO SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERPRÜFUNG UND HERSTELLUNG EINES VERBUNDS EINES
SUBSTRATSTAPELS SOWIE VERFAHRENGEMÄSS HERGESTELLTE HERMETISCH VERSCHLOSSENE UMHÄUSUNG

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing and/or checking a composite of a substrate stack, said method comprising the steps of: arranging at least one first substrate in a planar manner on a second substrate, the at least two substrates being arranged directly against one another or on top of one another so as to form, between the at least two substrates, an abutting contact surface at which the first substrate is in direct planar contact with the second substrate, and the first substrate comprising a transparent material; detecting a reflection which is produced by irradiating the substrate stack at at least one contact surface of the substrate stack; and determining a first bond quality index Q1 of the contact surface of the substrate stack on the basis of the reflection. The invention also relates to a hermetically sealed enclosure which is produced and/or checked according to said method.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung und/oder Überprüfung eines Verbunds eines Substratstapels gezeigt, umfassend die Schritte flächiges Anordnen zumindest eines ersten Substrats an einem zweiten Substrat, wobei die zumindest zwei Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet sind, so dass zwischen den zumindest zwei Substraten eine Berührkontaktfläche gebildet wird, an welcher das erste Substrat mit dem zweiten Substrat in unmittelbarem flächigen Berührkontakt steht, und wobei das erste Substrat ein transparentes Material umfasst, Erfassen einer Rückstrahlung, welche durch das Bestrahlen des Substratstapels mit einer Einstrahlung an zumindest einer Kontaktfläche des Substratstapels entsteht, und Ermittlung eines ersten Bond-Quality-Index Q1 der Kontaktfläche des Substratstapels aus der Rückstrahlung, sowie eine verfahrensgemäß hergestellte und/oder überprüfte hermetisch verschlossene Umhüllung.

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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

VERFAHREN ZUR ÜBERPRÜFUNG UND HERSTELLUNG EINES VERBUNDS EINES SUBSTRATSTAPELS SOWIE VERFAHRENGEMÄSS HERGESTELLTE HERMETISCH VERSCHLOSSENE UMHÄUSUNG

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vorbereitungs- und Herstellungsverfahren für Substratstapel, insbesondere hermetisch verschlossene Umhäusungen, eine Substratanordnung und eine hermetisch verschlossene Umhäusung.

Hintergrund und allgemeine Beschreibung der Erfindung

Hermetisch verschlossene Umhäusungen sind beispielsweise dafür vorgesehen, ein Bauteil oder Bauteile im Inneren der Umhäusung vor widrigen Umweltbedingungen zu schützen. So können in einer hermetisch verschlossenen Umhäusung sensible Elektronik, Schaltkreise oder beispielsweise Sensoren geschützt werden. Auf diese Weise können Sensoren oder beispielsweise medizinische Implantate, beispielsweise im Bereich des Herzens, in der Retina oder für Bioprozessoren aufgebaut und eingesetzt werden. Diese können beispielsweise auch als MEMS (Mikro Elektro Mechanische Systeme), Barometer, Blutgassensor, Glycosesensor usw. eingesetzt sein. Es sind Bioprozessoren bekannt, welche aus Titan angefertigt und eingesetzt werden. Weitere Felder für den Einsatz einer Umhäusung können auch in Elektronikanwendungen gefunden werden, wie etwa Wearables, Smartphone-Bauteile oder Umhäusungen, im Bereich von Virtual Reality Brillen und ähnlichem Gerät. Eine erfindungsgemäße Umhäusung kann auch für die Herstellung von Flusszellen, beispielsweise im Rahmen der Elektromobilität, zum Einsatz kommen. Weitere Einsatzfelder sind in der Luft- und Raumfahrt, in Hochtemperaturanwendungen, wie auch im Bereich der Mikrooptik zu finden.

Neben den Bioprozessoren aus Titan ist es grundsätzlich bekannt, mehrere Teile zusammenzufügen und diese Teile so anzuordnen, dass in einem Zwischenraum ein Aufnahmebereich entsteht, in welchem Komponenten beherbergt werden können. Beispielsweise zeigt die europäische Patentschrift EP 3 012 059 B1 ein Verfahren zur Herstellung eines transparenten Teils zum Schützen eines optischen Bauteils. Es wird dabei ein neuartiges Laserverfahren eingesetzt.

Um die Elektronik oder generell jegliche Funktionsanordnung bzw. Funktionsschicht zu schützen, ist typischerweise ein hermetischer Verschluss der Umhäusung vorteilhaft. Im Rahmen der Produktion von Umhäusungen stellt sich dabei regelmäßig die Frage, welche Güte bzw. Qualität die hergestellten Umhäusungen haben und nach welchen Kriterien die fertiggestellten Umhäusungen eingesetzt werden können oder dem Ausschuss zugeführt werden müssen. Je nach Anwendungsfall kann es sehr schwierig sein, festzustellen, ob der hermetische Verbund sichergestellt wurde oder ob während des Herstellungsprozesses möglicherweise Fehlertoleranzen aufgetreten sind. Beispielsweise im Falle von eingesetzter Elektronik, welche keine Drucksensoren oder dergleichen bereitstellt, kann ein fehlerhafter hermetischer Verbund der Umhäusung letztlich erst in Betrieb durch einen frühzeitigen Ausfall der Elektronik festgestellt werden. Dies kann entsprechend zu Reklamationsforderungen der Anwender bzw. der Käufer führen oder aber sensible Messungen systematisch verfälschen oder sogar vorzeitig beenden.

Die vorliegende Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, bekannte Umhäusungen dahingehend zu verbessern, die erzielbare Qualität der Umhäusung, insbesondere hinsichtlich eines herzustellenden hermetischen Verbunds, einschätzen zu können, um daraus Rückschlüsse auf die Qualitätsanforderungen anstellen zu können. Die Erfindung hat sich ferner die Aufgabe gestellt, Randbedingungen bzw. Parameter zu evaluieren, anhand derer eine ausreichende Güte der Umhäusungen feststellbar ist, um im Rahmen einer Qualitätssicherung ein Ausschlagkriterium an die Hand zu geben, ob fertiggestellte Umhäusungen den Qualitätsanforderungen genügen oder ob vielmehr Herstellungsparameter gegebenenfalls zu überprüfen sind. Weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist somit, zuverlässigere und langlebigere Umhäusungen bereitzustellen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung und/oder Überprüfung eines Verbunds eines Substratstapels umfasst den Schritt des flächigen Anordnens, zumindest eines ersten Substrats an einem zweiten Substrat, wobei die zumindest zwei Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet sind, so dass zwischen den zumindest zwei Substraten eine Berührkontaktfläche gebildet wird, an welcher das erste Substrat mit dem zweiten Substrat in unmittelbarem flächigen Berührkontakt steht und wobei das erste Substrat ein transparentes Material umfasst.

Im Sinne dieser Anmeldung ist eine Kontaktfläche die Schnittfläche aus den sich zugeneigten Flächen der beiden in Kontakt zu bringenden Substrate. Die Berührkontaktfläche meint eine Teilfläche der Kontaktfläche, bei der der Abstand der beiden Substrate zueinander so

gering ist, dass er optisch nicht mehr messbar ist. Schließlich wird im Sinne der vorliegenden Erfindung eine Gutfläche definiert, bei welcher der Abstand der Substrate zueinander ausreichend klein ist, wie im Weiteren ausführlich beschrieben werden wird, oder aber eine tatsächliche Berührung zwischen den beiden Substraten stattfindet. Im Allgemeinen ist dabei die Kontaktfläche größer oder gleich der Gutfläche und die Gutfläche wiederum größer oder gleich der Berührkontaktfläche.

Mit anderen Worten werden zunächst zwei Substrate aneinander angeordnet, also zum Beispiel aufeinandergestapelt, wobei die Schwerkraft das obenliegende typischerweise erste Substrat an das zweite Substrat andrückt. Die Orientierung oberhalb bzw. unterhalb ist dabei lediglich beschreibend gemeint, da selbstverständlich die Substrate jede Orientierung im Raum annehmen können und auch eine Nebeneinanderanordnung nicht den Schutzbereich verlassen soll. Die beiden Substrate sind typischerweise mit einer größeren Seite ihrer Ausdehnung aneinander anliegend angeordnet.

Wenn beide Substrate absolut plan ausgebildet sind, also überhaupt keine Vertiefungen, Erhöhungen oder Krümmungen aufweisen, was in dieser Absolutheit nur theoretisch erreichbar ist, wären erstes und zweites Substrat zueinander in vollflächigem Berührkontakt. Die beiden Substrate würden sich also an allen Punkten der zueinander ausgerichteten Oberflächen berühren. Dies ist im Allgemeinen und der konstruktionellen Realität so nicht erreichbar. Vielmehr sind Substrate, wenn auch nur in sehr kleinem Maße, aber dennoch gewölbt, geneigt, gekrümmt, mit Vertiefungen oder Erhöhungen versehen, so dass ein vollständiger Berührkontakt nur in absoluten Ausnahmefällen überhaupt erzielt wird.

Um dennoch sinnvolle Ausgangswerte im Sinne einer Qualitätssicherung erhalten zu können, mit welchen Substraten bzw. mit welchen Substratpaaren, welche aus den zueinander benachbart anzuordnenden Substraten gebildet wird, später Umhäusungen hergestellt werden können, wird im Sinne dieser Erfindung die Gutfläche eingeführt, welche denjenigen Teil der Kontaktfläche darstellt, bei welchem der Abstand zwischen den beiden Substraten einen gewissen Wert unterschreitet. Beispielsweise kann die Gutfläche so definiert werden, dass diejenige Fläche bzw. der Anteil der Kontaktfläche beschrieben ist, bei der der Abstand zwischen den Substraten kleiner ist als $2\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt kleiner ist als $1\text{ }\mu\text{m}$ und weiter bevorzugt kleiner ist als $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Diese Abstandswerte können in vorteilhafter Weise mittels eines Rückstrahlmusters identifiziert und der entsprechenden Fläche zugeordnet werden, wie später in der Beschreibung weiter erläutert werden wird. Gegebenenfalls kann der Abstand zwischen den Substraten sogar 5

μm oder kleiner betragen und dennoch der entsprechende Bereich der Gutfläche zugeordnet werden, was zum Stand der Erfindungsbeschreibung noch Gegenstand weiterer Optimierung des vorgestellten Verfahrens ist.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn das erste Substrat ein transparentes Substrat ist bzw. transparentes Material umfasst, also jedenfalls bereichsweise transparent ausgebildet ist, und dies jedenfalls für einen bestimmten Wellenlängenbereich, um nämlich einerseits durch das erste Substrat hindurch die spätere Laserbondlinie zur Fertigstellung der Umhäusung einzubringen und andererseits auf optischem Wege die Güte des Substratkontakts zu evaluieren.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird der Substratstapel bzw. die Umhäusung typischerweise mittels Laserbondverfahrens bzw. mit einer Laserbondlinie versehen, mittels welcher das erste Substrat mit dem zu dem ersten Substrat benachbart angeordneten zweiten Substrat direkt hermetisch dicht gefügt ist. Eine Laserbondlinie weist typischerweise eine Höhe HL senkrecht zu seiner Verbindungsebene auf. In bevorzugter Weise reicht die Laserbondlinie mit der Höhe HL oder weniger, oder auch mit $HL/2$ oder weniger, in das Material des oberhalb der Laserbondlinie angeordneten Substrats hinein. Gegenüberliegend reicht die Laserbondlinie in das Material des unter der Laserbondlinie liegenden Substrats hinein, beispielsweise mit der Höhe $HL/2$ oder mehr.

Wenn die Umhäusung nur das erste und zweite Substrat umfasst, um die Umhäusung zu bilden, so ist das erste Substrat mit dem zweiten Substrat direkt miteinander gefügt und die Umhäusung weist beispielsweise eine Laserbondlinie auf. Die Umhäusung weist dann ferner eine Verbindungsebene auf bzw. einen Fügebereich, in welchem Substrate miteinander gefügt sind. In einem weiteren Beispiel kann die Umhäusung aus drei oder mehr Substraten gestapelt aufgebaut sein, wobei das erste Substrat mit dem zweiten Substrat direkt gefügt ist und das zweite Substrat mit einem Basissubstrat, welches gleichermaßen einen Boden der Umhäusung bildet. In diesem Beispiel weist die Umhäusung zwei Kontaktzonen bzw. zwei Fügebereiche auf, in denen die Umhäusung gefügt ist. Die Umhäusung kann zwei oder mehr Verbindungsebenen aufweisen.

Beispielsweise wird das erste Substrat mit dem zweiten Substrat schmelzend und direkt miteinander gefügt, ohne dass beispielsweise Vermittler oder Kleber eingesetzt werden müssen. Die Laserbondlinie kann auch in physikalischer Hinsicht in eines der beiden zu fügenden Substrate gesetzt werden, also der Zielpunkt des Lasers in einem der beiden Substrate liegen, wobei sich die Laserbondlinie stets in die beiden zu fügenden Substrate gemeinsam hinein erstreckt. Bei dem Fügeschritt bzw. in der Laserbondlinie vermischt sich schmelzend Material des

einen Substrats mit Material des anderen Substrats zur Herstellung des festen und nicht lösbaren hermetischen Verbunds zwischen dem einen Substrat und dem anderen Substrat.

Wenn die Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet werden sollen, bedeutet das, dass die zumindest zwei Substrate so aneinander angeordnet bzw. angebracht werden, dass sie flächig aneinander zu liegen kommen, insbesondere ohne dass andere Materialien oder Schichten zwischen den zumindest zwei Substraten vorhanden oder eingefügt sind. Möglicherweise sind aus technischen Gründen geringste Gaseinschlüsse oder Unreinheiten, wie Staubpartikel zwischen den Substratschichten, nicht zu vermeiden. Dies kann sich auch aus eventuellen Unebenheiten auch im Mikrobereich zwischen den Substratschichten oder an den Oberflächen der Substratschichten ergeben. Wenn die vom Laser erzeugte Fügezone bzw. Laserbondlinie in bevorzugter Weise beispielsweise eine Höhe HL zwischen 10 - 50 μm bereitstellt, kann mittels der Laserbondlinie eine hermetische Versiegelung sichergestellt werden, da der möglicherweise auftretende Abstand zwischen den beiden Substraten überbrückt werden kann.

Eine der oder die Laserbondlinie kann den Funktionsbereich in einem Abstand DF umlaufend umschließen. Der Abstand DF umlaufend um den Funktionsbereich kann konstant sein, so dass die Laserbondlinie allseits im ungefähr gleichen Abstand um den Funktionsbereich herum angeordnet ist. Der Abstand DF kann je nach Anwendungsfall auch variieren, was gegebenenfalls produktionstechnisch günstiger sein kann, wenn beispielsweise eine Mehrzahl von Umhäusungen in einem gemeinsamen Arbeitsschritt gefügt wird, oder wenn der Funktionsbereich eine runde oder beliebige Form aufweist und die Laserbondlinie in gerader Linie gezogen wird. Auch in dem Fall, dass die Kavität optische Eigenschaften aufweist, beispielsweise in Form einer Linse, wie einer Sammellinse, ausgeformt ist, kann die Laserbondlinie um die Kavität herum ausgebildet sein und gegebenenfalls verschiedene Abstände zur Kavität aufweisen. Eine Umhäusung kann auch mehrere Kavitäten umfassen.

Im Rahmen des Verfahrens wird eine Rückstrahlung erfasst, welche durch das Bestrahlen des Substratstapels mit einer Einstrahlung an zumindest einer Kontaktfläche des Substratstapels entsteht. Mit anderen Worten wird der Substratstapel bestrahlt bzw. beleuchtet, so dass an den Oberflächen der Substrate eine Rückstrahlung aus der Einstrahlung erzeugt wird. Hierbei kann es sich bei der Rückstrahlung um die reflektierte Einstrahlung handeln, welche zu einem gewissen Anteil an einer der Oberflächen reflektiert wird. Im Falle von zwei Substraten können hierzu vier Oberflächen infrage kommen, an welchen bereits eine solche Reflexion

auftreten kann. Diese sind die Außenseite des ersten Substrats, die Innenseite des ersten Substrats, die Innenseite des zweiten Substrats sowie die Außenseite des zweiten Substrats.

Mit anderen Worten weist das erste Substrat eine Außenseite oder auch äußere Flachseite auf, die zur Umgebung hin ausgerichtet ist und welche im Wesentlichen flächig bzw. flach ausgebildet ist. An die äußere Flachseite angrenzend und typischerweise in einem rechten Winkel zu der äußeren Flachseite orientiert, beispielsweise um den Rand der äußeren Flachseite umlaufend ausgestaltet, ist eine umlaufende Schmalseite. In einem Beispiel ist das erste Substrat als Platte oder Quader beschreibbar, aufweisend zwei großflächige Seiten (also die Außenseite und die Innenseite) sowie vier zwischen den großflächigen Seiten angeordnete kleinere Seiten, die insbesondere senkrecht auf die beiden großflächigen Seiten stehen und an die großflächigen Seiten angrenzen. Dann bilden die vier kleineren Seiten gemeinsam die umlaufende Schmalseite und die Oberseite die äußere Flachseite des ersten Substrats. Die Oberseite weist dabei typischerweise eine größere Oberfläche auf als die kleineren Seiten der umlaufenden Schmalseite zusammen. Diese Ausführungen zu Größen und Größenverhältnissen können analog auch für das zweite Substrat gelten.

In einem Bereich, in dem die beiden Substrate in Berührkontakt stehen, findet an den Innenseiten beider Substrate keine oder keine nennenswerte Reflexion statt, so dass dieser Anteil vergleichsweise gering ist. Fallen beide Substrate jedoch auseinander, also ein Abstand zwischen den beiden Substraten vorliegt, die beiden Substrate in diesem Teilbereich also nicht in Berührkontakt stehen, wird die Einstrahlung an allen vier Oberflächen der zwei Substrate reflektiert jeweils zu einem gewissen Anteil.

Im Falle von mehr Substraten, wie beispielsweise drei Substraten, können entsprechend sechs und mehr Oberflächen zu berücksichtigen sein. Andererseits kann beispielsweise das oder die unten angeordneten Substrate intransparent ausgerüstet sein dergestalt, dass dort keine Strahlung eindringt bzw. dort verlöscht. Dann können auch bei einer Mehrzahl von Substraten lediglich beispielsweise vier Oberflächen bzw. weniger Oberflächen als die doppelte Zahl der Substrate zu berücksichtigen sein.

Aus der Rückstrahlung, die aus dem Substratstapel in eine Mess- bzw. Beobachtungseinrichtung fällt, wird ein erster Bond-Quality-Index Q_1 der Kontaktfläche des Substratstapels ermittelt. Die Rückstrahlung entsteht dabei besonders bevorzugt direkt an der zumindest einen Kontaktfläche des Substratstapels. Es handelt sich dabei bevorzugt um Rückstreuung an einer optischen Grenzfläche, nämlich einer Oberfläche des ersten bzw. zweiten

Substrats. Wenn zwischen den Kontaktflächen des ersten bzw. zweiten Substrats, die aneinanderliegen, ein Spalt verbleibt – also ein auch nur kleiner Abstand zwischen den beiden Kontaktflächen vorliegt – so kann zwischen der Rückstreuung an der ersten Kontaktfläche und der Rückstreuung an der zweiten Kontaktfläche ein Gangunterschied der Strahlung entstehen. Der Gangunterschied kann durch eine unterschiedlich große zurückgelegte Wegstrecke der optischen Strahlung entstehen. Bei Überlagerung der beiden Rückstreuungen beispielsweise in einem Detektor kann somit eine Überlagerung in Form beispielsweise eines Interferenzmusters festgestellt werden. Durch Auswertung des Interferenzmusters kann schließlich am jeweiligen Ort der Kontaktfläche der Abstand der ersten Kontaktfläche von der benachbarten zweiten Kontaktfläche bestimmt werden.

Grundsätzlich kann es vorteilhaft sein, dass an der Kontaktfläche die einfallende Strahlung grundsätzlich reflektiert wird, dass also stets Rückstreuung entsteht, unabhängig davon, ob die Kontaktflächen einen Restabstand zueinander aufweisen, oder ob diese in völligem Kontakt (Berührkontakt) zueinander sind. Aus der Form der Rückstreuung, insbesondere dem entstehenden Interferenzmuster, kann dann einfacher auf einen potentiell verbleibenden Abstand geschlossen werden. Beispielsweise kann die Form des Interferenzmusters von dem Abstand zwischen erster und zweiter Kontaktfläche abhängig sein, so dass aus der Form des Interferenzmusters auf den Abstand geschlossen werden kann. Hierfür kann es vorteilhaft sein, dass auch bei dem Fehlen eines Abstands Rückstrahlung in den Detektor tritt.

Ferner ist es für die hier vorgeschlagene Ermittlung des Bond-Quality-Index besonders vorteilhaft, wenn die beiden Kontaktflächen nah beieinander angeordnet sind. Daher ist es ferner bevorzugt, wenn zwischen den Kontaktflächen keine weiteren Bauteile, Haftvermittler oder Kleber angeordnet sind, sondern die beiden Substrate direkt miteinander verschmelzend gefügt werden. Wäre noch eine weitere Komponente, wie ein Glasfritt oder ein Klebauftrag zwischen erster und zweiter Kontaktfläche, dann wären potentiell die beiden Kontaktflächen nicht im flächigen Berührkontakt. Die Feststellung des Bond-Quality-Index kann dadurch erschwert sein. Auch die Zielsetzung der flächig aneinander gefügten Substrate dann möglicherweise gar nicht erst erfüllt, wenn zwischen den Kontaktflächen weitere Materialien wie ein Klebauftrag angeordnet ist.

Im Falle des direkt schmelzenden Fügens zweier Substrate miteinander kann es daher besondere Bedeutung erlangen, dass die Substrate der Umhäusung ohne den zusätzlichen Einsatz von Klebstoffen direkt miteinander gefügt werden, da jeglicher Klebstoff, Glasfritt oder anderer Stoff aus verschiedenen Gründen zu vermeiden sein kann. So kann durch den Einsatz

weniger Komponenten der Herstellungsprozess vereinfacht werden. Dies kann überdies die erzielbare Reinheit erhöhen, da solche Fremdstoffe auch ausgasen können, ggf. sogar in die Kavität, sofern vorhanden. Schließlich können solche Zusatzstoffe wie Verbinder bzw. Klebschichten auch die Qualität oder Dauerhaftigkeit der Hermetizität eines Verbunds nachteilig beeinflussen. Wenn also beispielsweise mehrere Schichten, z.B. zwei oder mehr, benötigt werden, und dabei eine aufgetragene oder aufgeklebte Zwischenschicht auf einem der Substrate vorgesehen wäre, so kann dies nicht als „einstückige Bereitstellung eines Substrats“ aufgefasst werden, selbst wenn diese aus einem gleichartigen Material hergestellt oder aufgebaut ist. Hierbei kann nämlich ggf. keine hermetische Fügung sichergestellt werden in der Form, wie dies das in der vorliegenden Anmeldung weiterentwickelte direkte Laserfügen ermöglicht. Ggf können bei Einsatz getrennter Schichten bzw. Materialien zudem Spannungen im Substrat bei der Herstellung „eingefroren“ werden, welche zu einer Schädigung oder einem vorzeitigen Ausfall des Produkts führen können.

Zwar könnte das fertige Produkt, bei welchem die Substrate miteinander gefügt sind, als einstückig bezeichnet werden, da die Substrate typischerweise einen untrennbaren Verbund miteinander eingehen. Dennoch ist die Umhäusung nicht aus einem einstückigen Vorprodukt hergestellt. Wenn eine Zwischenschicht wie ein Kleber oder Fritte oder dgl. bei der Herstellung einer Umhäusung zum Einsatz gekommen ist, so lässt sich dies später auch bei dem gefügten Produkt noch nachweisen und somit unterscheiden. Das direkte Laserfügen zweier Substrate miteinander stellt also eine unterscheidbare Produktverbesserung dar, bei welcher wiederum neue Schwierigkeiten auftauchen können, die bei herkömmlichen, mit Kleber bzw. Fritte oder anderen Zusatzschichten verbundenen Produkten gar nicht erst zu problematisieren waren. Hierzu kann auch die vorliegende Messmethode und das anhand der Messmethode überprüften Produkts gezählt werden, bei welchem das direkte Anliegen zweier Substrate aneinander und deren Verbund kaum mit herkömmlichen Produkten vergleichbar ist.

Beispielsweise kann der Bond-Quality-Index Q_1 ermittelt werden, wenn gilt $Q_1 = 1 - (A - G) / A$. Dabei ist A die Fläche, welche die Kontaktfläche der Substrate darstellt. G ist dabei die Fläche der Gutfläche, wobei die Gutfläche G diejenige Fläche beschreibt, bei der der Abstand zwischen den Substraten kleiner ist als ein festgelegter Wert. Dieser festgelegte Wert, bei welchem die Gutfläche G angenommen ist, ist bevorzugt dann gegeben, wenn der Abstand zwischen den beiden Substraten kleiner ist als 5 μm , weiter bevorzugt kleiner ist als 2 μm und noch weiter bevorzugt kleiner ist als 1 μm .

Wenn die Kontaktfläche keine Mängel aufweisen würde, dann entspricht die Gutfläche G der Kontaktfläche A , der Bond-Quality-Index wäre $Q_1 = 1$. Wenn hingegen die gesamte Kontaktfläche mangelhaft wäre, dann ist die Gutfläche $G = 0$ und der Bond-Quality-Index $Q_1 = 0$. Der Bond-Quality-Index Q_1 entspricht also je nach Flächenanteil der Gutfläche einer Zahl zwischen 0 und 1.

Der Bond-Quality-Index Q_1 ist bevorzugt größer oder gleich 0,8, weiter bevorzugt größer oder gleich 0,9 und noch weiter bevorzugt größer oder gleich 0,95.

Die Einstrahlung wird bevorzugt mittels einer monochromatischen Strahlungsquelle erzeugt. Die Einstrahlung kann auch mittels einer spektral adaptierten Strahlungsquelle erzeugt werden. Die Einstrahlung kann eine niederenergetische Einstrahlung sein, wobei die Einstrahlung insbesondere eine Strahlungsleistung aufweist, die nicht zu einem An- oder Aufschmelzen des oder der Substrate führt. Alternativ dazu kann eine nicht-monochromatische Strahlungsquelle verwendet werden, beispielsweise wenn von dem Detektor ein schmalbandiger Bandpassfilter entweder durch ein entsprechendes Bauteil, einer Bauteilgruppe, und/oder mittels Software realisiert wird.

Mit anderen Worten ist der Detektor dazu eingerichtet, die Detektion der Rückstrahlung bevorzugt monochromatisch oder zumindest schmalbandig chromatisch erfolgen zu lassen. Die Rückstrahlung kann dabei monochromatisch bzw. schmalbandig chromatisch vorliegen oder aus einer Rückstrahlung extrahiert werden. Hierbei ist beispielsweise eine softwareseitige Separation eines oder mehrerer Farbkanäle aus einer Bilddatei möglich. Ein separates Auslesen der Farbkanäle des Detektors beim Aufnehmen des Bildes kann durchgeführt werden. Und/oder es kann ein schmalbandiger Filter, z.B. ein Bandpassfilter, vor den Detektor eingesetzt sein. Schließlich kann beispielsweise die monochromatische oder quasi-monochromatische Bestrahlungsquelle – insbesondere eine Gasdampf Lampe oder ein Laser – in einer ansonsten abgedunkelten Belichtungskabine eingesetzt sein. Es kann also ein monochromatischer oder quasi-monochromatischer Bereich aus der Rückstrahlung ausgewählt werden, beispielsweise durch Auswahl eines Farbkanals beispielsweise einer digitalisierten Bilddatei.

Die Rückstrahlung erzeugt bevorzugt ein Muster, insbesondere ein Interferenzmuster, weiter insbesondere wird dieses Muster aus der Überlagerung der Einstrahlung mit der Rückstreuung an der zumindest einen Kontaktfläche der Umhüllung erzeugt. Dann ist es möglich, die Mess- bzw. Beobachtungseinrichtung so auszugestalten, dass diese das

Interferenzmuster erkennt bzw. erfasst und daraus den Abstand zwischen den beiden Substraten berechnen bzw. herleiten kann.

Das Muster aus der Rückstrahlung kann eine Anordnung aufweisen, bei welcher sich das Muster um eine oder mehrere Fehlstellen herum erstreckt. Mit anderen Worten kann das Muster besonders um solche Stellen herum angeordnet sein, bei welchen die zumindest zwei Substrate nicht in Berührungskontakt stehen. Dann ist es besonders einfach, mit der Mess- bzw.

Beobachtungseinrichtung die Stellen zu lokalisieren, bei welcher die zumindest zwei Substrate nicht in Berührungskontakt stehen. Eine Fehlstelle kann dabei dadurch gekennzeichnet sein, dass der Abstand zwischen den Substraten an diesen Fehlstellen größer ist als $5\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt größer ist als $2\text{ }\mu\text{m}$ und weiter bevorzugt größer ist als $1\text{ }\mu\text{m}$, oder auch bevorzugt größer als $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Mit anderen Worten liegt eine Fehlstelle besonders bevorzugt genau dort vor, wo gerade nicht die Kriterien einer Gutfläche G erfüllt sind. In diesem Fall kann die Kontaktfläche zwischen den zumindest zwei Substraten vollständig aufgeteilt werden in Gutfläche G und Fehlstelle F.

Die entsprechende Bereichszuordnung kann in einem Beispiel anhand eines Interferenzmusters in Form von Newtonschen Ringen identifizierbar werden. Wenn die Einstrahlung im Bereich des sichtbaren Lichts eingestellt ist, beispielsweise mit $\lambda = 500\text{ nm}$ zeigt jeder Newton-Ring einen Höhenunterschied von $\lambda/2 = 250\text{ nm}$. Wenn beispielsweise das Auftreten von drei Newton-Ringen als Grenzkriterium für die Feststellung, ob ein Gutbereich vorliegt, eingestellt wird, so kann in einer optischen Bildanalyse einer Rückstrahlung aus der Umhäusung derjenige Bereich als Gutbereich definiert werden, bei welchem der Abstand zwischen den Substraten kleiner oder gleich $3 \cdot \lambda/2 = 750\text{ nm}$ beträgt.

5 Von dem Substratstapel kann zumindest ein Funktionsbereich beherbergt werden, wobei der Funktionsbereich beispielsweise als Beherbergungskavität ausgebildet ist zur Aufnahme zumindest eines Beherbergungsobjekts. Mit anderen Worten wird von dem Substratstapel eine Umhäusung gebildet, welche einen zu schützenden Bereich bzw. ein zu schützendes Objekt aufweist. Das Abdecksubstrat, welches typischerweise das erste Substrat ist, kann eine äußere Flachseite, auch als Oberseite bzw. Außenseite bezeichnet, und eine umlaufende Schmalseite aufweisen.

Der Substratstapel kann ferner einen Nutzbereich N aufweisen. Beispielsweise kann der Bereich des Substratstapels, in welchem sich ein Funktionsbereich befindet, als Nutzbereich N definiert sein. Ein Substrat bzw. ein Substratstapel kann auch eine Mehrzahl von Funktionsbereichen aufweisen, wobei sich die Summe der Funktionsbereiche zum Nutzbereich N

addiert. Dies kann beispielsweise gegeben sein, wenn zunächst die Substrate vorbereitet und gefügt werden und später aus dem Substratstapel eine Mehrzahl von Umhäusungen vereinzelt wird. Der Nutzbereich N ist daher immer kleiner als die Kontaktfläche A.

Zur Berechnung des ersten Bond-Quality-Index Q_1 kann nur der Nutzbereich N herangezogen werden, es kann beispielsweise Q_1 ermittelt werden zu $Q_1 = 1 - (N - G) / N$.

Der qualitativ begutachtete Substratstapel kann nach dem Schritt der Ermittlung des Bond-Quality-Index Q_1 beispielsweise mittels Laserverfahrens gefügt werden. Es hat sich dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung herausgestellt, dass die Information von wesentlicher Bedeutung sein kann, bereits vor dem Schritt des Fügens über die Information zu verfügen, wie der Bond-Quality-Index Q_1 vor dem Fügen bemessen ist. Denn es ist zwar so, dass mittels des Laserfügeverfahrens und der korrekten Justierung des Lasers auch solche Bereiche miteinander gefügt werden können, bei welchem ein Abstand zwischen den beiden Substraten vorliegt, sogar wenn der Abstand zwischen den beiden Substraten größer ist als 1 μm , oder größer ist als 2 μm , oder sogar größer ist als 5 μm . So hat sich gezeigt, dass die Laserbondlinie so eingestellt werden kann, dass sie eine Höhe von bis zu 50 μm aufweist, oder sogar bis zu 75 μm , oder auch bis zu 100 μm Höhe aufweisen kann. Kleinere Abstände zwischen den Substraten können somit also mit der Laserbondlinie überbrückt werden. Allerdings hat sich gezeigt, dass wenn Abstandsbereiche, die vor dem Fügen vorlagen, wenn also die Laserbondlinie in einem Fehlerbereich F bzw. außerhalb einer Berührkontaktfläche in das Substrat eingebracht wird, gegebenenfalls Spannungen im Substratstapel auftreten, die die Eigenschaften der späteren Umhäusung nachteilig beeinflussen können. Unter Umständen sind diese Substratspannungen im fertigen Produkt nicht mehr messbar bzw. nur mit erhöhtem Aufwand messbar, so dass ein vorzeitiger Ausfall auftreten kann, ohne dass dieser vorhersehbar ist. Um dies beherrschbar machen zu können, ist es daher vorteilhaft, den vor dem Laserfügen ermittelten Bond-Quality-Index Q_1 mit einem nach dem Laserfügen ermittelten Bond-Quality-Index Q_2 zu vergleichen. Aus dieser Relation lassen sich Rückschlüsse über die möglicherweise in den fertigen Umhäusungen vorzufindenden Spannungen bzw. Restspannungen ziehen.

Eine Umhäusung gemäß der vorliegenden Beschreibung kann auch unterschiedliche Materialien aufweisen, beispielsweise kann ein Glas/Metall-Verbund vorteilhaft sein, wobei das Glas direkt und unmittelbar mit dem Metall in einem Laserfügeverfahren an der Kontaktfläche gefügt ist. Beispielsweise kann das erste Substrat ein transparentes Material aufweisen und das zweite Substrat ein Metallmaterial. Das transparente Substrat kann als Deckel auf dem

Metallsubstrat aufliegen. Sobald eine Berührkontaktfläche zwischen erstem und zweitem Substrat vorliegt, kann mit der hier vorgestellten Methode der Q-Index bestimmt werden. Beispielsweise kann somit die Qualität der Fügeverbindung eingeschätzt werden, oder aber die Hermetizität der Umhäusung. Aus dem Vergleich eines vor dem Fügevorgang erzeugten ersten Index Q_1 mit dem nach dem Fügevorgang erzeugten Index Q_2 kann überdies auch festgestellt werden, ob in der Umhäusung bzw. in dem oder einem der transparenten Substrat(e) Materialspannungen eingefroren wurden, die ggf. die Lebensdauer der Umhäusung beeinflussen können.

Im Rahmen der Erfindung steht auch ein Verfahren zur Herstellung einer hermetisch verschlossenen Umhäusung aus zumindest zwei Substraten. Dies stellt insbesondere die Vollendung des bereits zuvor beschriebenen Verfahrens dar, bei welchem ein Substratstapel vermessen wird. Das Verfahren umfasst das flächige Anordnen zumindest eines ersten Substrats an einem zweiten Substrat, wobei die zumindest zwei Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet sind, zum Bilden eines Substratstapels, so dass zwischen den zumindest zwei Substraten eine Kontaktfläche gebildet wird, an welcher das erste Substrat mit dem zweiten Substrat zumindest an einer Stelle in unmittelbarem flächigen Berührkontakt steht. Wie zuvor beschrieben, ist nur in einem Idealfall die vollständige Kontaktfläche auch Berührkontaktfläche, wobei typischerweise und in der Realität die Kontaktfläche aufgeteilt wird in einen Teil Berührkontaktfläche und einen weiteren Teil, an dem die beiden Substrate nicht in Berührkontakt stehen. Dieser weitere Teil, an welchem die beiden Substrate nicht im Berührkontakt stehen, wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung weiter aufgeteilt in Gutfläche G, bei welchem der Abstand zwischen den beiden Substraten tolerabel klein ist sowie den übrigen, als Fehlstelle F bezeichneten Bereich der Kontaktfläche. Das erste Substrat umfasst ein transparentes Material zumindest bereichsweise und zumindest für einen Wellenlängenbereich transparent, so dass das erste Substrat von einem Laser zum Bilden der Laserfugelinie durchdrungen werden kann und/oder so dass das erste Substrat von der Einstrahlung und/oder der Rückstrahlung durchdrungen werden kann.

Das Verfahren umfasst ferner das Erfassen einer Rückstrahlung, welche durch das Bestrahlen des Substratstapels mit einer Einstrahlung an zumindest einer Kontaktfläche des Substratstapels entsteht. Aus der Rückstrahlung wird ferner der erste Bond-Quality-Index Q_1 der Kontaktfläche des Substratstapels ermittelt. Der erste Bond-Quality-Index Q_1 wird also bevorzugt vor dem Fügen der zumindest zwei Substrate miteinander ermittelt, zumindest aber die zur Berechnung von Q_1 notwendigen Messdaten erfasst.

Das Verfahren umfasst ferner den Schritt: hermetisch dichtes Verbinden der zumindest zwei Substrate miteinander durch direktes Fügen der zumindest zwei Substrate miteinander im Bereich der zumindest einen Kontaktfläche der Umhüllung. Durch das Fügen der zumindest zwei Substrate miteinander bildet sich eine Fügezone heraus, die einerseits in das erste Substrat und andererseits in das zweite Substrat hineinreicht und die zumindest zwei Substrate direkt schmelzend miteinander fügt. Mit anderen Worten wird mittels des Fügeschritts lokal begrenzt Material sowohl des ersten Substrats als auch des zweiten Substrats geschmolzen dergestalt, dass Material des ersten Substrats mit dem Material des zweiten Substrats vermischt und eine Fügezone gebildet wird, welche aus vermischtem Material des ersten sowie des zweiten Substrats besteht. In der Fügezone ist besonders bevorzugt kein weiteres Material bzw. Fremdmaterial benötigt bzw. vorhanden, d. h. es wird unmittelbar und direkt Material des ersten Substrats mit Material des zweiten Substrats gefügt bzw. ineinander geschmolzen. Die Fügezone bildet im Moment des Fügens eine Art Konvektionszone aus, in welcher der Materialaustausch zwischen den beiden Substraten stattfindet.

Nach dem Schritt des Fügens der zumindest zwei Substrate miteinander folgt der Schritt: erfassen einer weiteren Rückstrahlung, welche durch das erneute Bestrahlen des Substratstapels mit der Einstrahlung an der zumindest einen Kontaktfläche der Umhüllung entsteht. Aus der weiteren Rückstrahlung kann schließlich ein zweiter Bond-Quality-Index Q_2 der Kontaktfläche der hermetisch dicht gefügten Umhüllung ermittelt werden.

Dieser zweite Bond-Quality-Index Q_2 wird beispielsweise ermittelt wie $Q_2 = 1 - (A - G) / A$ oder aber $Q_2 = 1 - (N - G) / N$. A ist dabei die Fläche der ersten Kontaktfläche, G die Gutfläche und N die Fläche eines Nutzbereiches. Der Nutzbereich kann sich aus einer Mehrzahl oder Einzahl von Kavitäten bzw. Funktionsbereichen ergeben.

Der Bond-Quality-Index Q_2 ist bevorzugt größer oder gleich 0,95, weiter bevorzugt größer oder gleich 0,99 und noch weiter bevorzugt größer oder gleich 0,999. Es ist insbesondere bevorzugt, wenn Q_2 größer ist als Q_1 oder mindestens Q_2 gleich Q_1 ist.

Der hermetische Verbund der zumindest zwei Substrate kann überprüft werden mittels Ermittlung eines Abstandsprofils zwischen den zumindest zwei Substraten. Eine solche Überprüfung des hermetischen Verbunds kann auch dadurch erfolgen, wenn Q_2 Mindestanforderungen zur Gewährleistung des hermetischen Verbunds genügt.

Der Schritt hermetisch dichtes Verbinden der zumindest zwei Substrate erfolgt bevorzugt mittels Laserfügeverfahrens. Der Laser erzeugt dabei eine Fügezone, die einerseits in das erste

Substrat und andererseits in das zweite Substrat hineinreicht. Der Laser wird im Rahmen des Laserfügeverfahrens insbesondere umlaufend um das Substrat geführt und/oder umlaufend um eine oder mehrere Kavitäten. Der Laser kann dabei um eine Mehrzahl von Kavitäten gemeinsam herumgeführt werden oder um jede Kavität einzeln, um jede Kavität einzeln hermetisch dicht zu fügen.

Das Bestrahlen des Substratstapels kann beispielsweise mit einer coaxialen Beleuchtungseinrichtung durchgeführt werden, um eine homogene Beleuchtung über den Substratstapel bzw. die Umhäuung zu erzielen. Hierbei kann eine Lichtfläche umfassend eine Vielzahl an Lichtquellen wie LEDs, also z.B. ein LED-Bildschirm, eingesetzt werden, und die Einstrahlung auf den Substratstapel bzw. die Umhäuung gerichtet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform kann die Einstrahlung aus der Lichtfläche z.B. durch einen Strahlteiler bzw. ein halbdurchlässiges optisches Element auf den Substratstapel bzw. die Umhäuung gerichtet werden. Beispielsweise ist der Substratstapel rund ausgeführt, z.B. liegt dieser als Scheiben eines Wafers vor, und weist einen Durchmesser D_S auf; Ferner beispielsweise kann der Strahlteiler bzw. das halbdurchlässige optische Element ebenfalls rund ausgeführt sein und einen Durchmesser D_{OE} aufweisen, der $D_{OE} \geq \sqrt{2} \times D_S$ entspricht. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn der Strahlteiler bzw. das halbdurchlässige optische Element mit einem Winkel von etwa 45° zur Oberfläche des ersten Substrats angeordnet ist. Dann kann eine besonders homogene Ausleuchtung des Substratstapels bzw. der Umhäuung erzielt werden. Die Rückstrahlung kann dann mittels einer Detektoreinrichtung erfasst werden.

Zur Verbesserung der mit der Detektoreinrichtung erhaltenen Signalqualität kann die Rückstrahlung weiter verbessert werden. Beispielsweise kann mit dem Detektor zunächst eine Hintergrundmessung ohne Objekt und ohne Einstrahlung in einem Schritt M_B protokolliert werden und eine orts aufgelöste Intensität I_B erfasst werden. Anschließend kann die Einstrahlung ohne Objekt in einem Schritt M_W protokolliert werden, indem die orts aufgelöste Intensität I_W erfasst wird. Schließlich kann das Objekt – d.h. der Substratstapel bzw. die Umhäuung – mit der Detektoreinrichtung in einem weiteren Schritt M_O bzw. mit der Intensität I_O erfasst werden. Die orts aufgelösten Intensitäten I_B , I_W bzw. I_O können schließlich wie folgt zur finalen Intensität I_F überlagert werden:

$$I_F = \frac{(I_O - I_B)}{(I_W - I_B)} \times \text{gain}.$$

Hierbei ist gain ein möglicher Verstärkungsfaktor des Detektors. Ferner kann die Signalqualität des erhaltenen Bildes auch durch Mittelwertbildung über zumindest zwei Bilder

derselben Einstellung erhöht werden, da hierdurch eine Rauschunterdrückung des Bildrauschens erreicht werden kann.

Es kann im Weiteren ein Maximalabstand des Abstandsprofils zwischen dem ersten Substrat und im zweiten Substrat festgelegt werden. Bei einem Überschreiten des Maximalabstands, d. h. wenn ein solches Überschreiten des Maximalabstands mittels entweder Q_1 oder Q_2 festgestellt wird, kann in einem automatisierten Verfahren die Umhäusung aufgelöst werden, gesäubert werden, es kann das Fügeverfahren angepasst werden oder es kann schließlich die Umhäusung aussortiert werden, so dass diese nicht eingesetzt wird.

Nach dem hermetisch dichten Verbinden der zumindest zwei Substrate kann ein erneutes Überprüfen des hermetischen Verbunds erfolgen mittels Ermittlung eines zweiten Abstandsprofils. Das zweite Abstandsprofil kann dann in bevorzugter Weise mit dem ersten Abstandsprofil verglichen werden, um die durch das Laserfügen induzierten Änderungen sichtbar zu machen.

Das erste Substrat ist bevorzugt ein Abdecksubstrat, das zweite Substrat kann ein Basissubstrat sein. Das Abdecksubstrat kann dann unmittelbar und direkt an den Basissubstrat anliegen und somit den Substratstapel bzw. die Umhäusung bilden. Andererseits kann ferner ein Zwischensubstrat umfasst sein, welches zwischen dem Abdecksubstrat und dem Basissubstrat angeordnet ist. In diesem Fall ist das Abdecksubstrat direkt und unmittelbar an dem Zwischensubstrat angeordnet und das Basissubstrat direkt und unmittelbar an dem Zwischensubstrat. Mit anderen Worten liegt das Zwischensubstrat zwischen Abdecksubstrat und Basissubstrat.

Im Rahmen der Erfindung liegt auch eine hermetisch verschlossene Umhäusung, welche hergestellt oder überprüft wurde nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren.

Eine hermetisch verschlossene Umhäusung gemäß der Erfindung umfasst zumindest ein flächig ausgedehntes erstes Substrat und ein zu dem ersten Substrat benachbart angeordnetes und mit dem flächig ausgedehnten ersten Substrat in direktem Berührkontakt stehendes zweites Substrat. Dabei wird zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat eine Kontaktfläche gebildet und typischerweise bildet die Berührkontaktfläche nur eine Untermenge der Kontaktfläche, da typischerweise aufgrund von Produktionstoleranzen, welche nicht zu verhindern sind, das erste und das zweite Substrat nur bereichsweise im Berührkontakt stehen.

Die hermetisch verschlossene Umhäusung umfasst ferner zumindest einen von der Umhäusung umschlossenen Funktionsbereich, welcher insbesondere zwischen dem ersten

Substrat und dem zweiten Substrat angeordnet ist. Das erste Substrat ist mit dem zu dem ersten Substrat benachbart angeordneten zweiten Substrat mit zumindest einer Laserbondlinie direkt hermetisch dicht gefügt. Die Laserbondlinie reicht dabei einerseits in das erste Substrat und andererseits in das zweite Substrat hinein. Die Laserbondlinie fügt die zumindest zwei Substrate direkt schmelzend miteinander.

Die hermetisch verschlossene Umhäusung weist einen anhand eines Abstandsprofils berechneten Qualitätsfaktor von Q_2 größer oder gleich 0,95 auf. Alternativ oder kumulativ ist die Laserbondlinie der Umhäusung vollständig um den Funktionsbereich herum geschlossen ausgeführt, wobei eine möglicherweise auftretende Beabstandung des ersten Substrats von dem zweiten Substrat in der Laserbondlinie durchgehend kleiner ist als $0,75\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt kleiner als $0,5\text{ }\mu\text{m}$ und weiter bevorzugt kleiner ist als $0,3\text{ }\mu\text{m}$. Somit kann die Überprüfung der Umhäusung derart eingestellt werden, dass eine mit der Rückstrahlung erzielbare Auflösung nicht kleiner zu sein braucht als 250 nm oder größer, also beispielsweise sichtbares Licht im Bereich von 500 nm Wellenlänge als Einstrahlung eingesetzt werden kann. Damit kann die Überprüfung der Umhäusung auf besonders einfache Weise durchgeführt und verifiziert werden. Des Weiteren kann mit einer Einstrahlung angepasster Wellenlänge von beispielsweise um 200 nm auch noch eine Beabstandung von $0,1\text{ }\mu\text{m}$ aufgelöst werden, so dass auch eine möglicherweise auftretende Beabstandung des ersten Substrats von dem zweiten Substrat in der Laserbondlinie angenommen werden kann, welche kleiner oder gleich $0,1\text{ }\mu\text{m}$ sein kann.

Das erste Substrat ist beispielsweise dadurch gekennzeichnet, dass es flach ausgebildet ist. Insbesondere ist das erste Substrat planar ausgebildet, also weist eine homogene, möglichst plane Oberfläche, und zwar insbesondere auf seiner Innenseite auf. Der Mittenrauwert R_a ist dabei auf seiner Innenseite bevorzugt kleiner oder gleich 20 nm .

Alternativ oder kumulativ ist das zweite Substrat flach ausgebildet, also insbesondere planar. Es weist bevorzugt einen Mittenrauwert R_a von kleiner oder gleich 20 nm an seiner Innenseite auf. Die jeweilige Innenseite des ersten bzw. zweiten Substrats ist dabei die Seite, die dem benachbart angeordneten Substrat zugewandt ist.

Das erste Substrat bildet bevorzugt mit dem zweiten Substrat eine Kontaktebene oder einen Kontaktbereich, an welchem das erste Substrat mit dem zweiten Substrat bevorzugt in direktem Berührkontakt steht. Die Kontaktebene ist weiter bevorzugt frei von Fremdwerkstoffen, also weiter insbesondere frei von Verbindungsmaterialien, wie Kleber oder Glasfritte.

Das zweite Substrat kann als Basissubstrat ausgebildet sein. Das Basissubstrat mit dem ersten Substrat mit derselben Laserbondlinie miteinander hermetisch dicht gefügt. Alternativ kann die Umhäusung ein Zwischensubstrat aufweisen, welches zwischen dem Basissubstrat und dem ersten Substrat angeordnet ist. Dann ist das Basissubstrat mit dem Zwischensubstrat in einer ersten Verbindungsebene gefügt und das erste Substrat mit dem Zwischensubstrat in einer zweiten Verbindungsebene.

Die zumindest eine Laserbondlinie weist eine Dicke in eine Richtung senkrecht zur flächigen Erstreckungsrichtung des ersten Substrats auf.

Der Funktionsbereich der Umhäusung weist eine hermetisch verschlossene Behälterkavität zur Aufnahme eines Behälterobjekts auf, wie eines elektronischen Schaltkreises, eines Sensors oder MEMS.

Das erste Substrat ist zumindest teilweise und/oder zumindest bereichsweise für zumindest einen Wellenlängenbereich transparent ausgebildet.

Das erste Substrat kann aus Glas, Glaskeramik, Silizium, Saphir oder einer Kombination der vorgenannten Materialien bestehen oder dieses umfassen. Das erste Substrat kann auch aus keramischem Material bestehen oder dieses umfassen, insbesondere oxidkeramischem Material.

Die Umhäusung ist bevorzugt im Bereich der Laserfügelinie so ausgebildet, dass dort eine Restspannungszone vorliegt. Die Restspannungszone kann dadurch gekennzeichnet sein, dass im Bereich der Restspannungszone Q_2/Q_1 größer oder gleich 1 ist, weiter bevorzugt Q_2/Q_1 größer oder gleich 1,1.

Die Laserfügelinie der Umhäusung kann in dem Falle, wenn Q_2/Q_1 größer/gleich 1 ist, weiter bevorzugt Q_2/Q_1 größer/gleich 1,1, eine schwankende Maximalbreite der Laserfügelinie aufweisen. Weiter bevorzugt kann die Laserfügelinie der Umhäusung eine schwankende Breite eines Bereichs mit veränderten optischen Eigenschaften der Laserfügelinie aufweisen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert, wobei gleiche und ähnliche Elemente teilweise mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und die Merkmale der verschiedenen Ausführungsbeispiele miteinander kombiniert werden können.

Kurzbeschreibung der Figuren

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Ausführungsform eines Substratstapels mit Kavitäten,
Fig. 2 eine Ausführungsform einer Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Umhäusung,
Fig. 3 Substratstapel mit Gutbereich und Fehlerbereich,
Fig. 4 beispielhaftes Ablaufdiagramm des Verfahrens,
Fig. 5 weitere Schritte eines Verfahrens,
Fig. 6 fotografische Darstellung von gemessenen Rückstrahlungen zur Ermittlung eines ersten Bond-Quality-Index Q_1 ,
Fig. 7 weitere fotografische Darstellung eines Substratstapels als Draufsicht,
Fig. 8 weitere fotografische Darstellung eines Substratstapels nach Durchführung des Laserbondingverfahrens,
Fig. 9 eine Beleuchtungs- und Detektoranordnung zur Ermittlung von Q-Indizes,
Fig. 10 eine weitere Beleuchtungs- und Detektoranordnung zur Ermittlung von Q-Indizes,
Fig. 11 eine fotografische Darstellung eines weiteren Substratstapels mit Metall-Glas-Übergang,
Fig. 12 Seiten-Schnittansicht einer Umhäusung mit Metall-Glas-Übergang,
Fig. 13 Detail der Kontaktfläche aus Fig. 12,
Fig. 14A-D Schritte eines Verfahrens zur bildgebenden Rauschunterdrückung,
Fig. 15A, B, C Schritte eines weiteren Verfahrens zur bildgebenden Rauschunterdrückung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Substratstapels 9 in einer Seiten-Schnittansicht. Der Substratstapel 9 weist eine Mehrzahl von hier dargestellten drei Umhäusungen 1 auf, welche in einem späteren Arbeitsschritt noch an den dargestellten Trennlinien 8 zu trennen sind. Ein erstes Substrat 3 ist als Abdecksubstrat ausgebildet und deckt die Umhäusungen 1 gemeinsam ab. Dieses wird später bei der Vereinzelung in die einzelnen Umhäusungen aufgeteilt. Ein zweites Substrat 4 bildet die Unterseite einer Kavität 2, wobei jede Kavität 2 umlaufend mit einer Laserfugelinie 6 hermetisch verschlossen ist. In der Kavität 2 ist ein Beherbergungsobjekt 5 angeordnet. In diesem Fall sind die gezeigten Umhäusungen 1 zueinander im Wesentlichen baugleich, wenn man davon absieht, dass manche Umhäusungen außenseitig liegen, wohingegen andere Umhäusungen beidseits geschnitten werden entlang der

Schnittlinien 8. Beispielsweise ist die Kavität 2 abrasiv in das zweite Substrat 4 eingebracht, also ausgehöhlt aus dem zweiten Substrat 4. Erstes Substrat 3 und zweites Substrat 4 bilden zueinander eine in diesem Fall teilweise unterbrochene Kontaktfläche 15 aus, an welcher die Innenseite 11 des ersten Substrats 3 mit der Innenseite 12 des zweiten Substrats 4 in Kontakt, insbesondere im Berührkontakt steht. Im Bereich der Kontaktfläche ist auch die Laserfügelinie 6 eingebracht.

Bezugnehmend auf Fig. 2 ist eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Umhäusung 1 gezeigt, welche beispielsweise als Vereinzelung aus dem mit Fig. 1 gezeigten Substratstapel 9 erhalten werden kann. Das erste Substrat 3 liegt auf dem zweiten Substrat 4 auf. Umlaufend um die Kavität 2 ist die Laserfügelinie 6 eingebracht, welche die Kavität hermetisch dicht nach außen verschließt. Die ungefähre Breite der Laserfügelinie 6 ist mit dem Bezugszeichen W und aus Hervorhebungsgründen mit einer umlaufenden Linie kenntlich gemacht.

Fig. 3 zeigt ein Detailausschnitt eines Substratstapels 9, wobei Fehlerbereich 17, Berührkontaktbereich 18 und Gutbereich 19 ersichtlich sind. Der Doppelpfeil 21 beschreibt die Stelle der größten Höhe der Fehlstelle 17.

Die Einstrahlung 22 wird auf den Substratstapel 9 gerichtet, wobei im Bereich der Fehlerstelle 17 die Einstrahlung sowohl an der Innenseite 11 des ersten Substrats 3 wie auch an der Innenseite 12 des zweiten Substrats 4 reflektiert wird. Die Rückstrahlung 24, 24a kann mit dem Detektor 30 erfasst werden. Der Gangunterschied zwischen der Rückstrahlung 24 und der Rückstrahlung 24a führt dabei in diesem Fall zu einem Interferenzmuster, welches von den beiden Rückstrahlungen zueinander erzeugt wird. Dabei handelt es sich jeweils um Fresnel-Effekte, also beispielsweise Reflektionen, die bei Glas ohne Antireflexcoating jeweils etwa 4% pro Grenzfläche betragen. Die Einstrahlung 22 umfasst in diesem Fall monochromatisches Licht.

Fig. 4 zeigt Schritte des Verfahrens zur Herstellung oder Überprüfung des hermetischen Verbunds eines Substratstapels. In einem ersten Schritt 100 wird ein erstes Substrat an einem zweiten Substrat flächig angeordnet. In einem zweiten Schritt 110 wird aus der Erfassung einer Rückstrahlung, welche durch das Bestrahlen des Substratstapels mit einer Einstrahlung 22 an zumindest einer Kontaktfläche des Substratstapels 9 entsteht, ein Höhenprofil der Lücke innerhalb des Substratstapels 9 ermittelt. In einem Schritt 120 wird von dem Höhenprofil der Bond-Quality-Index Q_1 ermittelt. In einem Entscheidungsschritt 130 wird bestimmt, sofern der Bond-Quality-Index Q_1 , der in Schritt 120 ermittelt wurde, größer ist als ein festgelegter erlaubter Schwellwert Q_{1thr} , dass der Substratstapel dann für die Weiterverarbeitung, also insbesondere

das Laserfügen mittels Laserfügelinien 6, freigegeben werden kann. Sollte Q_1 jedoch kleiner sein als das erzielte bzw. gewünschte Q_{1thr} , so wird in Schritt 135 der Substratstapel 9 beispielsweise neu aufgearbeitet, d. h. er wird voneinander gelöst, gegebenenfalls erneut gesäubert oder einer anderweitigen Wiederverwertung zugeführt.

Im Schritt 140 findet sodann das Laserfügen des Substratstapels 1 zu der oder den Umhäusungen statt. Anschließend wird ein zweites Höhenprofil der Lücke innerhalb des Substratstapels des angefügten Substratstapels 1 im Schritt 150 ermittelt und daraus Q_2 im Schritt 160 berechnet. Es wird im Schritt 170 ermittelt, ob Q_2 größer ist als ein für Q_2 festgelegter Schwellwert Q_{2thr} . Beispielsweise ist Q_{2thr} kleiner oder gleich Q_{1thr} . Vorzugsweise wird in Schritt 170 ebenfalls ermittelt oder überprüft, ob Q_2 jedenfalls gleich groß oder größer ist als Q_1 . Wenn beide Bedingungen erfüllt sind, kann in einem Schritt 180 die Weiterverarbeitung der gefügten Umhäusung 1 oder Umhäusungen 1 erfolgen, beispielsweise das Abtrennen der Mehrzahl von Umhäusungen 1 aus dem Waferstapel 9 an der Trennlinie 8. Sollte hingegen eine der beiden oder beide Bedingungen, die in Schritt 170 festgelegt sind, nicht erfüllt sein, so kann in einem Schritt 175 eine alternative Weiterbehandlung des Substratstapels 9 eingeführt werden; hierbei kann beispielsweise ein Markieren von Fehlerbereichen F, 17 stattfinden oder der Waferstapel 9 kann der Verwertung zugeführt werden.

Fig. 5 beschreibt einige Schritte, die durchgeführt werden können, um den Bond-Quality-Index Q_1 und/oder Q_2 zu berechnen. In einem Schritt 121 werden zunächst Bilddaten des Detektors 30 erhalten, beispielsweise mittels eines dazu hergerichteten Arbeitsrechners. Die Bilddaten, die in Schritt 121 erhalten werden, werden in Schritt 122 in ein Grau-Skalenmuster konvertiert oder der Rotkanal aus den Bilddaten extrahiert. Dies kann mit einer Bildbearbeitungsfunktionalität bearbeitet werden, die beispielsweise auf demselben Computer abläuft, auf welchem auch die Bilddaten mit Schritt 121 erhalten werden. Mit Schritt 123 werden in dem aufgezeichneten Bild des Detektors 30 die physikalischen Ränder des Substratstapels 3, 4, 9 ermittelt, zum Beispiel in Form einer Eckenerkennung. In einem Schritt 124 kann eine Korrektur bzw. ein Entzerren der Perspektive erfolgen, wenn dies nötig sein sollte. In einem Schritt 125 kann eine Kontrastverbesserung durchgeführt werden, beispielsweise im Bereich des Substratstapels. Beispielsweise kann hierbei einfach der dunkelste graue Hintergrundwert abgezogen werden und ein Graustufenbild aus einem Schwarzweißbild erzeugt werden. In einem Schritt 126 erfolgt schließlich das Berechnen eines Höhenprofils aus dem mit dem Detektor 30 erhaltenen Bilddaten, beispielsweise anhand von festgestellten Newtonringen. In einem Schritt

127 kann daran anfolgend ein Markieren und Integrieren von Bereichen erfolgen, in welchen kritische Höhen oder Profile festgestellt wurden. Dies betrifft insbesondere Bereiche, welche als Fehlerbereich F, 17 festgestellt wurden. In einem Schritt 128 erfolgt schließlich das Berechnen des jeweiligen Q-Faktors Q_1 bzw. Q_2 aus den wie zuvor beschriebenen verbesserten bzw. korrigierten Bilddaten.

Fig. 6 zeigt eine fotografische Darstellung eines Substratstapels 9 noch vor dem Bondingprozess. Der Substratstapel 9 weist eine Mehrzahl von Umhäusungen 2, hier blau dargestellt, auf. Rund um die Umhäusungen 2 sind Newtonringe sichtbar, die sich dadurch ergeben, dass dort der Abstand der Substrate zueinander wächst. Die in dem Foto der Fig. 6 gezeigten rot umrandeten Bereiche sind solche, an denen der Bond-Quality-Index Q_1 kleiner bzw. schlechter ist als 0,5. Dies sind Fehlerbereiche 17. In diesem Bereich ist der Abstand zwischen den beiden Substraten beispielsweise größer als $1\ \mu\text{m}$. Auch entlang der Ränder des Substratstapels 9 finden sich solche Fehlerbereiche 17. An den Stellen, wo kein Muster erkennbar ist, ändert sich der Abstand zwischen den Substraten nicht oder nur unwesentlich. Davon auszugehen ist, dass die Substrate, wenn sie aufeinanderliegen, stets Bereiche aufweisen, die zueinander in Berührkontakt liegen, können Bereiche, die keine Muster in Form von Newtonringen zeigen, als Berührkontaktfläche definiert werden. So auch die mit dem Bezugszeichen 18 indizierten Bereiche.

Fig. 7 zeigt eine weitere Draufsicht auf einen Substratstapel, bei welchem der Bond-Quality-Index Q_1 zu 0,973 ermittelt wurde. Fehlerbereiche F, 17 sind dort zu finden, wo mehr als drei Newtonringe aneinandergrenzend aufzufinden sind. Dies entspricht einem Abstand von mehr als $0,75\ \mu\text{m}$ zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat 3, 4. Diese Bereiche sind in der Fig. 7 weiß gekennzeichnet. Bereiche von mehr als einem Newtonring bis weniger als drei Newtonringe werden als Gutbereich 19, G festgelegt. So kann erkannt werden, dass lediglich in der rechten unteren Ecke der Fig. 7 zwei Kavitäten von einem Fehlerbereich 17 direkt betroffen sind, das sind die Kavitäten 2a und 2b.

Bezugnehmend auf Fig. 8 ist die Ausführungsform aus Fig. 7 jedoch nach Durchführung des Laserfügeverfahrens gezeigt. Umlaufend um alle gezeigten Kavitäten 2 sind also Laserbondlinien 6 eingebracht, welche in dieser Darstellung aber nicht optisch sichtbar sind. Im Randbereich des Wafers verbleiben Fehlerbereiche 17, F, welche für den Nutzbereich N, definiert durch die späteren Umhäusungen 1, jedoch nicht betroffen sind.

Fig. 9 zeigt eine weitere Anordnung zur Bestimmung der Q-Indizes. Eine Lichtquelle 20 wirft eine Einstrahlung 22 zunächst auf einen Strahlteiler 34 und wird in Richtung Substratstapel 9 abgelenkt, wo die Einstrahlung 22 senkrecht auf die Oberfläche des Substratstapels 9 eintrifft. Die Rückstrahlung 24 gelangt in ein Objektiv 32 und durch den Strahlteiler 34 (z.B. ein teildurchlässiger Spiegel) in den Detektor 30. Der Vorteil der hier verwendeten coaxialen Beleuchtung des Substratstapels 9 ist eine homogenere Verteilung der Einstrahlung 22. Die Lichtquelle 20 kann eine Kondensor-Optik aufweisen.

Fig. 10 zeigt noch eine Anordnung zur Bestimmung der Q-Indizes, wobei eine flächige Lichtquelle 20 eingesetzt ist. Aus praktischen Gründen ist die Lichtquelle 20 außerhalb des Strahlengangs der Rückstrahlung 24 angeordnet. Die Einstrahlung 22 der flächigen Lichtquelle 20 trifft zunächst auf das optische Element 34, beispielsweise ein Strahlteiler, der zumindest die Grundfläche des Substratstapels 9 aufweist. Wenn der Strahlteiler im 45°-Winkel zur Rückstrahlung 24 angeordnet wird, kann der Strahlteiler 34 beispielsweise mindestens die 1,414-fache Fläche der Abmessungen des Substratstapels 9 aufweisen, d.h. z.B. eine Fläche aufweisen, die $\sqrt{2}$ -fach der Fläche des Substratstapels 9 entspricht oder mehr, um eine optimale Ausleuchtung des Substratstapels 9 zu erzielen. Die Rückstrahlung 24 gelangt durch das optische Element 34 und in den Detektor 31, der in diesem Fall eine integrierte Eingangsoptik 32a aufweist. Beispielsweise kann es sich bei der flächigen Lichtquelle 20 um einen LED-Bildschirm handeln. Das optische Element 34 kann eine halbdurchlässige Glasplatte sein, welche z.B. im Winkel von 45° zur Oberfläche des Substratstapels 9 angeordnet ist. Auch die Fig. 10 zeigt eine coaxiale Beleuchtung.

Fig. 11 zeigt die fotografische Wiedergabe einer Umhäusung 1, wobei eine Glasplatte 3 auf einem Metallring 4 angeordnet ist. Die Kontaktfläche 15 zwischen Glasplatte 3 und Metallring 4 ist deutlich erkennbar, eine Nutzfläche 16 kann mit Rändern 16a dort festgelegt werden, so dass eine Bewertung der Kontaktfläche 15 und schließlich die Berechnung eines Q-Index möglich ist. Fig. 12 zeigt schematisch dazu eine Seiten-Schnittansicht, wobei der mit Fig. 11 und Fig. 13 gezeigte Detailausschnitt aus Fig. 12 mit einem gepunkteten Kreis hervorgehoben ist. Die Saphirscheibe 3 liegt auf dem Metallring 4 aus rostfreiem Stahl. Mit Fig. 13 ist ferner verdeutlicht, dass die Kanten der Kontaktfläche 15 des Metallrings 4 Ausrundungen 14 aufweist, die typischerweise bei der Herstellung von Metallbauteilen entstehen. Trotz der Ausrundungen 14 kann – wie mit Fig. 11 gezeigt – ein Verbund zwischen der Saphirscheibe 3 und dem Metallring 4

hergestellt werden und die Güte der Verbindung mittels Q-Index wie weiter oben beschrieben bestimmt werden.

Figuren 14A bis 14D zeigen Verfahrensschritte zur Verbesserung der Signalqualität über möglichem Hintergrundrauschen wie auch über der möglicherweise nicht perfekten Homogenität der Einstrahlung 22 über die Oberfläche des Substratstapels 9. Hierzu wird in einem ersten Schritt mit Fig. 14A lediglich der Hintergrund vom Detektor aufgezeichnet, d.h. es ist die Strahlungsquelle 20 ausgeschaltet und kein Objekt (Substratstapel 9 bzw. Umhäusung 1) im Bildbereich 26 angeordnet. Mit Schritt Fig. 14A wird die Hintergrundintensität I_B erhalten. Mit Schritt Fig. 14B wird die Strahlungsquelle 20 aktiviert und der Bildbereich 26 ausgeleuchtet, so dass die Homogenität der Lichtverteilung über den Bildbereich 26 ermittelt werden kann. Es wird mit Fig. 14B also die Intensität der Strahlungsverteilung I_W erhalten. Schließlich kann das Objekt (Substratstapel 9 bzw. Umhäusung 1) im Bildbereich 26 platziert werden und die Intensität des Objekts vor dem Hintergrund I_O erhalten werden. Das solchermaßen korrigierte Bild bzw. die heranzuziehenden Intensitäten ergeben sich somit zu $I_F = \frac{(I_O - I_B)}{(I_W - I_B)} \times \text{gain}$.

Um eine weitere Rauschunterdrückung zu erreichen, können auch mehrere Abbildungen desselben Bildbereichs 26, unter denselben Einstellungen aufgenommen werden und jeweils Mittelwerte gebildet werden. Beispielsweise können die Schritte, die mit Fig. 14A, 14B und 14C gezeigt sind, jeweils zweifach, dreifach oder öfter durchgeführt werden und jeweils ein Mittelwert aus den erhaltenen orts aufgelösten Bildintensitäten errechnet werden. Dies ist in den Figuren 15A, 15B, 15C verdeutlicht. So kann mit Schritt Fig. 15A mehrfach der Dunkelhintergrund 42 mit dem Detektor 30 aufgezeichnet werden, insbesondere digital aufgezeichnet werden, und über die erhaltenen Bilddarstellungen gemittelt werden, um einen gemittelten Hintergrund 42a zu erhalten. Beispielsweise kann hierfür jeder Bildpunkt des Bildbereichs 26 einzeln betrachtet werden, die zu dem Bildpunkt zugeordneten Intensitäten aufaddiert und durch die Anzahl der verfügbaren Bilder geteilt werden, um eine gemittelte Intensität zu erhalten. Dies kann auch für die mit Fig. 15B und Fig. 15C gezeigten Schritte so durchgeführt werden. Somit wird mit dem in Fig. 15B gezeigten Schritt die Einstrahlung 22 mehrfach aufgezeichnet, beispielsweise dreifach, und eine gemittelte Intensität 44a des Bildbereichs 26 erhalten. Mit dem in Fig. 15C gezeigten Schritt kann schließlich das Objekt (Substratstapel 9 oder Umhäusung 1) im Bildbereich 26 platziert sein und bei ausgeschalteter Lichtquelle 20 eine weitere Hintergrundmessung durchgeführt werden. Auch die letztliche tatsächliche Messung zum Erhalt des Q-Index (gezeigt in Fig. 14D) kann in gleicher

Weise mehrfach durchgeführt werden, um auch Einflüsse, die während der Messung auftreten könnten, durch Mittelwertbildung auszugleichen.

Es ist dem Fachmann ersichtlich, dass die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beispielhaft zu verstehen sind und die Erfindung nicht auf diese beschränkt ist, sondern in vielfältiger Weise variiert werden kann, ohne den Schutzbereich der Ansprüche zu verlassen. Ferner ist ersichtlich, dass die Merkmale unabhängig davon, ob sie in der Beschreibung, den Ansprüchen, den Figuren oder anderweitig offenbart sind, auch einzeln wesentliche Bestandteile der Erfindung definieren, selbst wenn sie zusammen mit anderen Merkmalen gemeinsam beschrieben sind. In allen Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche Merkmale, so dass Beschreibungen von Merkmalen, die gegebenenfalls nur in einer oder jedenfalls nicht hinsichtlich aller Figuren erwähnt sind, auch auf diese Figuren übertragen werden können, hinsichtlich welchen das Merkmal in der Beschreibung nicht beschrieben ist.

Bezugszeichenliste

1	Umhäusung
2	Funktionsbereich bzw. Kavitt
2a, 2b	Kavitten im Bereich einer Fehlstelle 17
3	erstes Substrat bzw. Abdecksubstrat
4	zweites Substrat bzw. Basissubstrat
5	Beherbergungsobjekt
6	Fügezone bzw. Laserbondlinie
8	Trennlinie
9	Substratstapel bzw. Waferstapel
11	Innenseite des ersten Substrats
12	Innenseite des zweiten Substrats
14	Ausrundung
15	Kontaktfläche
16	Nutzfläche
16a	Ungefähre Begrenzung der Nutzfläche
17	Fehlerbereich oder Fehlstelle F
18	Berührkontaktfläche B
19	Gutfläche G
20	Strahlungsquelle
20a	Komponente der Strahlungsquelle, z.B. LED
21	maximaler Abstand zwischen den zwei Substraten
22	Einstrahlung
24, 24a	Rückstrahlung
26	Bildbereich
30	Detektor
31	Detektor mit integrierter Strahlführung 32
32	Strahlführung, z.B. Objektiv
34	Strahlteiler bzw. halbdurchlssiges optisches Element
42	Hintergrundverteilung
42a	gemittelte Hintergrundverteilung

44	Lichtverteilung der Einstrahlung 22
44a	gemittelte Lichtverteilung
46	Bildaufnahme des Objekts (Substratstapel 9 oder Umhäusung 1)
46a	gemittelte Bildaufnahme
48	Komposit-Darstellung als Zusammensetzung der Schritte 42, 44, 46
100	Anordnungsschritt
110	Ermittlungsschritt des Höhenprofils
120	Berechnungsschritt für den ersten Bond-Quality-Index Q_1
121	Datenbereitstellung
122	Konvertierungsschritt
123	Erkennungsschritt
124	Korrekturschritt
125	Kontrastverbesserung
126	Berechnungsschritt für das Höhenprofil
127	Markierungsschritt
128	Berechnungsschritt für den Q-Faktor Q_1 bzw. Q_2
130	Bewertungsschritt für Q_1
135	Rückführungsschritt
140	Weiterbehandlungsschritt, insbesondere Laserfügen
150	Ermittlung des zweiten Höhenprofils
160	Berechnungsschritt für Q_2
170	Bewertungsschritt für Q_2
175	Markierungsschritt im Fehlerfall
180	abschließende Behandlung, insbesondere Vereinzelung der Umhäusungen 1
A	Fläche der Kontaktfläche
G	Gutfläche
N	Nutzbereich
W	Breite der Laserfügelinie 6

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung und/oder Überprüfung eines Verbunds eines Substratstapels
5 (1, 9), umfassend die Schritte:
flächiges Anordnen zumindest eines ersten Substrats (3) an einem zweiten Substrat (4),
wobei die zumindest zwei Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet sind, so dass
zwischen den zumindest zwei Substraten eine Kontaktfläche (15) gebildet wird, an welcher das
erste Substrat mit dem zweiten Substrat in unmittelbarem flächigen Kontakt steht, und wobei das
10 erste Substrat ein transparentes Material umfasst,
Erfassen einer Rückstrahlung (24, 24a), welche durch das Bestrahlen des
Substratstapels mit einer Einstrahlung (22) an der zumindest einen Kontaktfläche des
Substratstapels entsteht,
Ermittlung eines ersten Bond-Quality-Index Q_1 der Kontaktfläche des Substratstapels aus
15 der Rückstrahlung.
2. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch,
wobei der erste Bond-Quality-Index Q_1 zu $Q_1 = 1 - (A - G) / A$ ermittelt wird, wobei
A die Fläche der Kontaktfläche (15) und G eine Gutfläche darstellt,
20 wobei die Gutfläche G diejenige Fläche beschreibt, bei der der Abstand zwischen den
Substraten kleiner ist als 5 μm , bevorzugt kleiner als 2 μm , weiter bevorzugt kleiner als 1 μm ,
weiter bevorzugt kleiner als 0,3 μm ist, und/oder
wobei der Bond-Quality-Index Q_1 größer oder gleich 0,8 ist, bevorzugt größer oder gleich
0,9, weiter bevorzugt größer oder gleich 0,95.
25
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner
Erzeugen der Einstrahlung (22) mittels einer monochromatischen Strahlungsquelle (20),
oder
Erzeugen der Einstrahlung (22) mittels einer spektral adaptierten Strahlungsquelle (20),
30 und/oder
wobei die Einstrahlung (22) eine niederenergetische Einstrahlung ist, wobei die
Einstrahlung insbesondere eine Strahlungsleistung aufweist, die nicht zu einem an- oder

aufschmelzen des oder der Substrate (3, 4) führt, und/oder

Auswählen eines monochromatischen oder quasi-monochromatischen Bereichs aus der Rückstrahlung (24, 24a), beispielsweise eines Farbkanals.

- 5 4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit dem Schritt
Ablese eines Musters aus der Rückstrahlung (24, 24a), insbesondere eines
Interferenzmusters, insbesondere aus der Überlagerung der Einstrahlung mit der Rückstrahlung
(24, 24a) an der zumindest einen Kontaktfläche (15) des Substratstapels (1, 9).
- 10 5. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch,
wobei das Muster eine Anordnung aufweist, bei welcher sich das Muster um eine oder
mehrere Fehlstellen (17) herum erstreckt, und/oder
wobei eine Fehlstelle (17) dadurch gekennzeichnet ist, dass der Abstand zwischen den
Substraten (3, 4) größer ist als 5 µm, bevorzugt größer als 2 µm, weiter bevorzugt größer als 1
15 µm, noch weiter bevorzugt 0,3 µm ist.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei von dem Substratstapel (1, 9) zumindest ein Funktionsbereich (2) beherbergt wird,
wobei der Funktionsbereich insbesondere als Beherbergungs-Kavität ausgebildet ist zur
20 Aufnahme zumindest eines Beherbergungsobjekts (5), und/oder
wobei das erste Substrat (3) eine äußere Flachseite und eine umlaufende Schmalseite
aufweist.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
25 wobei der Substratstapel (1, 9) einen Nutzbereich N aufweist und zur Berechnung des
ersten Bond-Quality-Index Q_1 nur der Nutzbereich N herangezogen wird, und/oder
 Q_1 ermittelt wird zu $Q_1 = 1 - (N - G) / N$.
8. Verfahren zur Herstellung einer hermetisch verschlossenen Umhüllung (1) ,
30 insbesondere unter Anwendung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, mit
den Schritten:
flächiges Anordnen zumindest eines ersten Substrats (3) an einem zweiten Substrat (4),

wobei die zumindest zwei Substrate direkt aneinander oder aufeinander angeordnet sind, so dass zwischen den zumindest zwei Substraten eine Kontaktfläche (15) gebildet wird, an welcher das erste Substrat mit dem zweiten Substrat in unmittelbarem flächigen Kontakt steht, und wobei das erste Substrat ein transparentes Material umfasst,

- 5 Erfassen einer Rückstrahlung (24), welche durch das Bestrahlen des Substratstapels mit einer Einstrahlung (22) an der zumindest einen Kontaktfläche entsteht,

 Ermittlung eines ersten Bond-Quality-Index Q_1 der Kontaktfläche aus der Rückstrahlung, hermetisch dichtes Verbinden der zumindest zwei Substrate miteinander durch direktes Fügen der zumindest zwei Substrate miteinander im Bereich der zumindest einen Kontaktfläche
10 der Umhäusung, so dass sich eine Fügezone (6) herausbildet, die einerseits in das erste Substrat und andererseits in das zweite Substrat hineinreicht und die zumindest zwei Substrate direkt schmelzend miteinander fügt,

 Erfassen einer weiteren Rückstrahlung (24a), welche durch das erneute Bestrahlen des Substratstapels mit der Einstrahlung an der zumindest einen Kontaktfläche der Umhäusung
15 entsteht, und

 Ermittlung eines zweiten Bond-Quality-Index Q_2 der Kontaktfläche der hermetisch dicht gefügten Umhäusung aus der weiteren Rückstrahlung.

9. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch,
20 wobei Q_2 ermittelt wird wie $Q_2 = 1 - (A - G) / A$ oder $Q_2 = 1 - (N - G) / N$,
 wobei A die Fläche der ersten Kontaktfläche (15) ist,
 wobei G die Gutfläche ist, und
 wobei N die Fläche eines Nutzbereiches ist.

- 25 10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
 wobei der Bond-Quality-Index Q_2 größer oder gleich 0,95 ist, bevorzugt größer oder gleich 0,99, weiter bevorzugt größer oder gleich 0,999, und/oder
 wobei Q_2 größer ist als Q_1 , insbesondere $Q_2/Q_1 > 1,001$.

- 30 11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, ferner mit dem Schritt
 Überprüfen des hermetischen Verbunds der zumindest zwei Substrate (3, 4) mittels Ermittlung eines Abstandsprofils (126, 150) zwischen den zumindest zwei Substraten und/oder mittels

Überprüfung (170), dass Q₂ Mindestanforderungen zur Gewährleistung des hermetischen Verbunds genügt.

12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
5 wobei der Schritt hermetisch dichtes Verbinden (140) der zumindest zwei Substrate (3, 4) mittels Laser-Fügeverfahrens durchgeführt wird, wobei der Laser eine Fügezone (6) erzeugt, die einerseits in das erste Substrat und andererseits in das zweite Substrat hineinreicht, und wobei der Laser insbesondere umlaufend um das Substrat geführt wird und/oder umlaufend um eine oder mehrere Kavität(en) (2).
- 10 13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
ferner mit den Schritten Festlegen (130, 170) eines Maximalabstands des Abstandsprofils (126, 150) zwischen dem ersten Substrat (3) und dem zweiten Substrat (4), und bei Überschreiten des Maximalabstands Auflösen der Umhäusung (1), Säubern der
15 Umhäusung, Durchführen eines angepassten erneuten Fügeschritts, und/oder Aussortieren der Umhäusung (175).
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
ferner mit dem Schritt nach dem hermetisch dichten Verbinden (140) der zumindest zwei
20 Substrate (3, 4) erneutes Überprüfen des hermetischen Verbunds der zumindest zwei Substrate mittels Ermittlung eines zweiten Abstandsprofils (150), und Vergleich des zweiten Abstandsprofils mit dem ersten Abstandsprofil (170).
15. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
25 wobei das erste Substrat (3) ein Abdecksubstrat ist und das zweite Substrat (4) ein Basissubstrat, und wobei das Abdecksubstrat direkt und unmittelbar an dem Basissubstrat anliegt, oder ferner umfassend ein Zwischensubstrat, welches zwischen dem Abdecksubstrat und dem Basissubstrat angeordnet ist, wobei das Abdecksubstrat direkt und unmittelbar an dem
30 Zwischensubstrat angeordnet ist und wobei das Basissubstrat direkt und unmittelbar an dem Zwischensubstrat angeordnet ist.

16. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) hergestellt oder überprüft nach einem der vorstehenden Ansprüche.
17. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) umfassend:
- 5 zumindest ein flächig ausgedehntes erstes Substrat (3),
 und ein zu dem ersten Substrat benachbart angeordnetes und mit dem flächig
ausgedehnten ersten Substrat in direktem Kontakt stehendes zweites Substrat (4),
 zumindest einen von der Umhäusung umschlossenen Funktionsbereich (2), welcher
insbesondere zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat angeordnet ist,
- 10 wobei das erste Substrat mit dem zu dem ersten Substrat benachbart angeordneten
zweiten Substrat mit zumindest einer Laserbondlinie (6) direkt hermetisch dicht gefügt ist,
 wobei die Laserbondlinie einerseits in das erste Substrat und andererseits in das zweite
Substrat hineinreicht und die zumindest zwei Substrate direkt schmelzend miteinander fügt,
 wobei die Umhäusung einen anhand eines Abstandsprofils (140) berechneten
- 15 Qualitätsfaktor von $Q_2 \geq 0,95$ aufweist, und/oder
 wobei die Laserbondlinie der Umhäusung vollständig um den Funktionsbereich herum
geschlossen ausgeführt ist und eine Beabstandung des ersten Substrats von dem zweiten
Substrat in der Laserbondlinie durchgehend kleiner ist als $0,75 \mu\text{m}$, bevorzugt kleiner ist als $0,5 \mu\text{m}$,
weiter bevorzugt kleiner ist als $0,3 \mu\text{m}$.
- 20
18. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach dem vorstehenden Anspruch,
 wobei das erste Substrat (3) dadurch gekennzeichnet ist, dass es flach ausgebildet ist,
insbesondere planar, weiter insbesondere einen Mittenrauwert R_a von kleiner oder gleich 20 nm
an seiner Innenseite (11) aufweist und/oder
- 25 wobei das zweite Substrat (4) dadurch gekennzeichnet ist, dass es flach ausgebildet ist,
insbesondere planar, weiter insbesondere einen Mittenrauwert R_a von kleiner oder gleich 20 nm
an seiner Innenseite (12) aufweist.
19. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
- 30 Ansprüche,
 dadurch gekennzeichnet, dass das erste Substrat (3) mit dem zweiten Substrat (4) eine
Kontaktebene oder einen Kontaktbereich (15) bildet, an welcher/m das erste Substrat mit dem

zweiten Substrat in direktem Kontakt steht, wobei die Kontaktebene frei von Fremdwerkstoffen ist, insbesondere frei ist von Verbindungsmaterialien wie Kleber oder Glasfritte.

20. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
5 Ansprüche,
wobei das zweite Substrat (4) ein Basissubstrat ist, und
wobei das Basissubstrat mit dem ersten Substrat mit derselben Laserbondlinie
miteinander hermetisch dicht gefügt ist, oder
10 ferner aufweisend ein Zwischensubstrat, welches zwischen dem zweiten Substrat (4) und
dem ersten Substrat (3) angeordnet ist, und wobei das zweite Substrat mit dem Zwischensubstrat
in einer ersten Verbindungsebene gefügt ist und das erste Substrat mit dem Zwischensubstrat in
einer zweiten Verbindungsebene gefügt ist.

21. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
15 Ansprüche,
wobei die zumindest eine Laserbondlinie (6) eine Dicke in einer Richtung senkrecht zur
flächigen Erstreckungsrichtung des ersten Substrats (3) aufweist.

22. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
20 Ansprüche, wobei der Funktionsbereich (2) eine hermetisch verschlossene Beherbergungskavitat
zur Aufnahme eines Beherbergungsobjekts (5), wie eines elektronischen Schaltkreises, eines
Sensors oder MEMS, umfasst.

23. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
25 Ansprüche, wobei das erste Substrat (3) zumindest teilweise und/oder zumindest bereichsweise
für zumindest einen Wellenlangsbereich transparent ausgebildet ist.

24. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
Ansprüche,
30 wobei das erste Substrat (3) aus Glas, Glaskeramik, Silizium, Saphir oder einer
Kombination der vorgenannten Materialien besteht oder dieses umfasst, und/oder

wobei das erste Substrat (3) aus keramischem Material besteht oder dieses umfasst, insbesondere oxidkeramisches Material.

25. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
5 Ansprüche, wobei die Umhäusung im Bereich der Laserfügelinie (6) zumindest eine Restspannungszone aufweist.

26. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach dem vorstehenden Anspruch, wobei die
Restspannungszone dadurch gekennzeichnet ist, dass im Bereich der Restspannungszone
10 $Q_2/Q_1 \geq 1$ ist, bevorzugt $Q_2/Q_1 \geq 1,1$.

27. Hermetisch verschlossene Umhäusung (1) nach mindestens einem der vorstehenden
Ansprüche, wobei die Laserfügelinie (6) der Umhäusung dann, wenn $Q_2/Q_1 \geq 1$ ist, bevorzugt
 $Q_2/Q_1 \geq 1,1$, eine schwankende Maximalbreite (W) der Laserfügelinie aufweist, insbesondere
15 eine schwankende Breite eines Bereichs mit veränderten optischen Eigenschaften der Laserfügelinie.

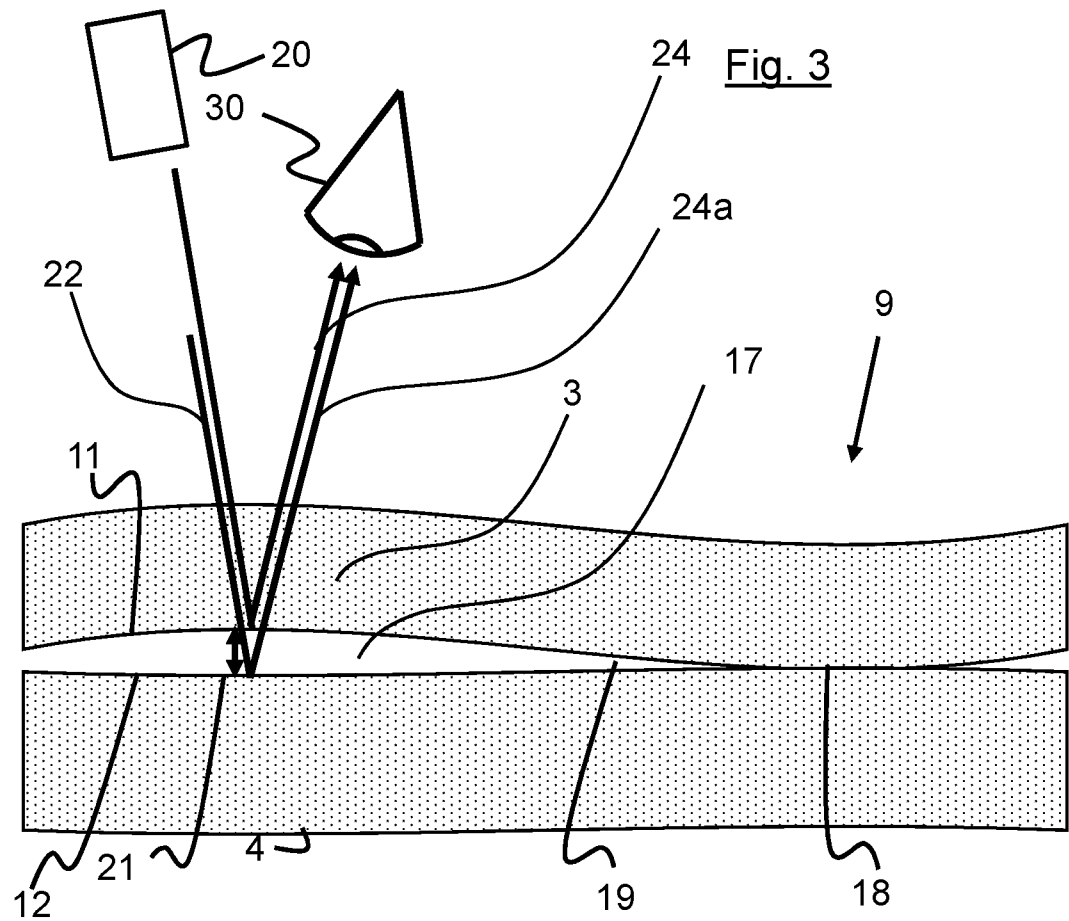


Fig. 4

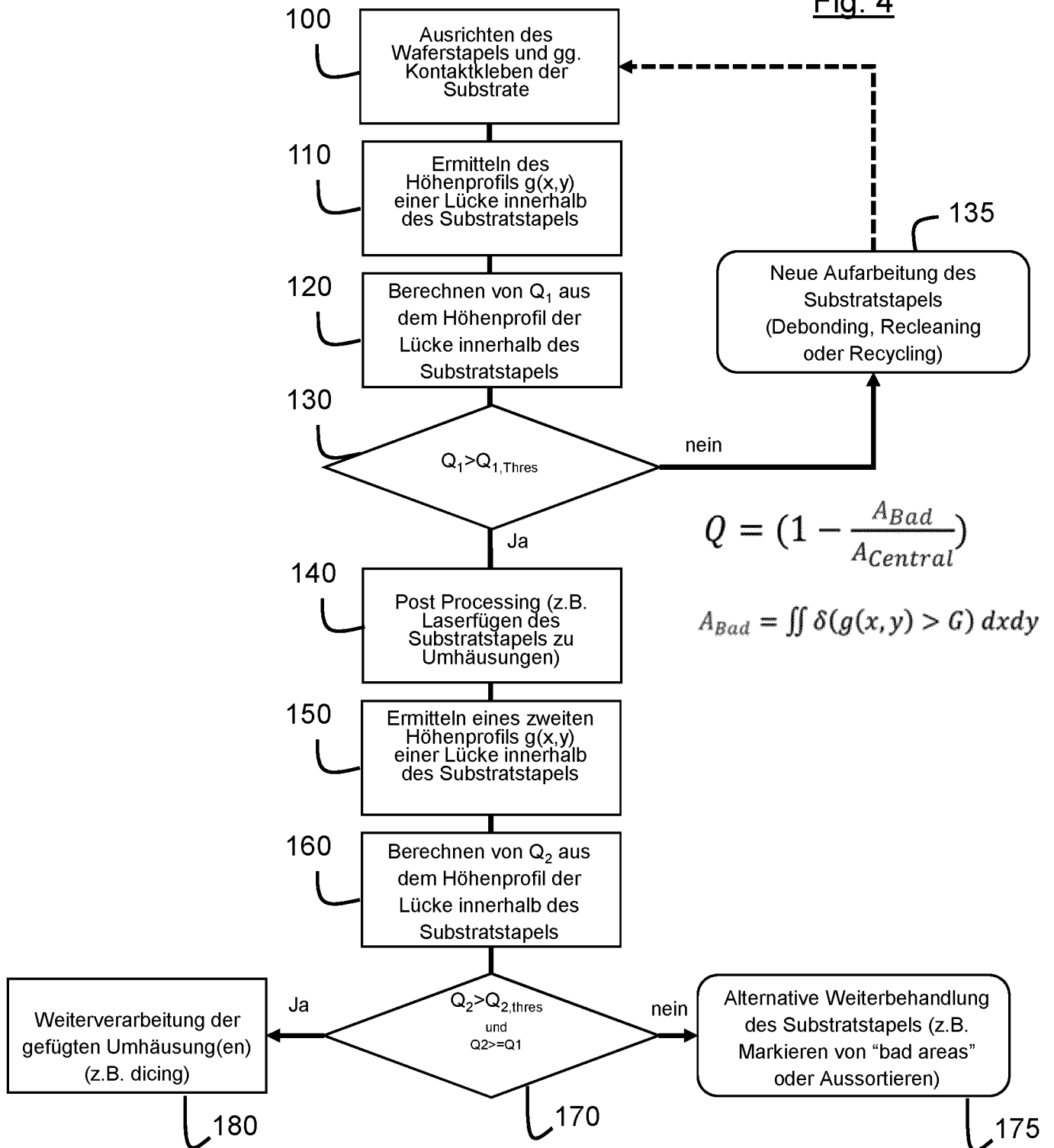


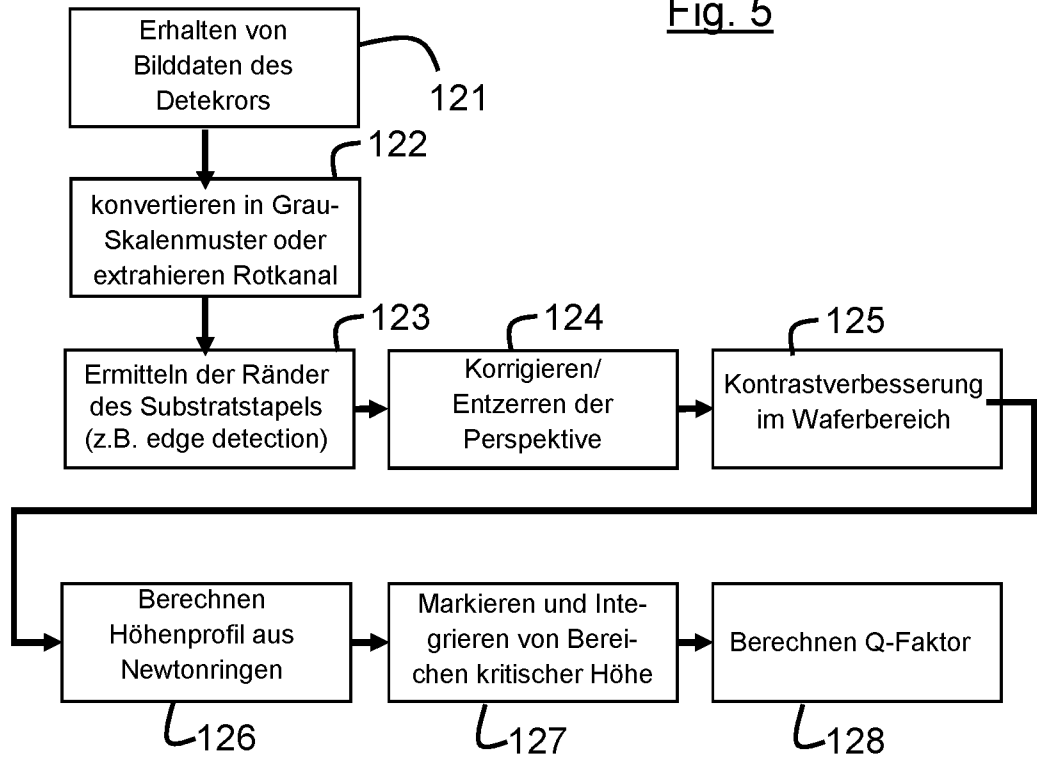
Fig. 5

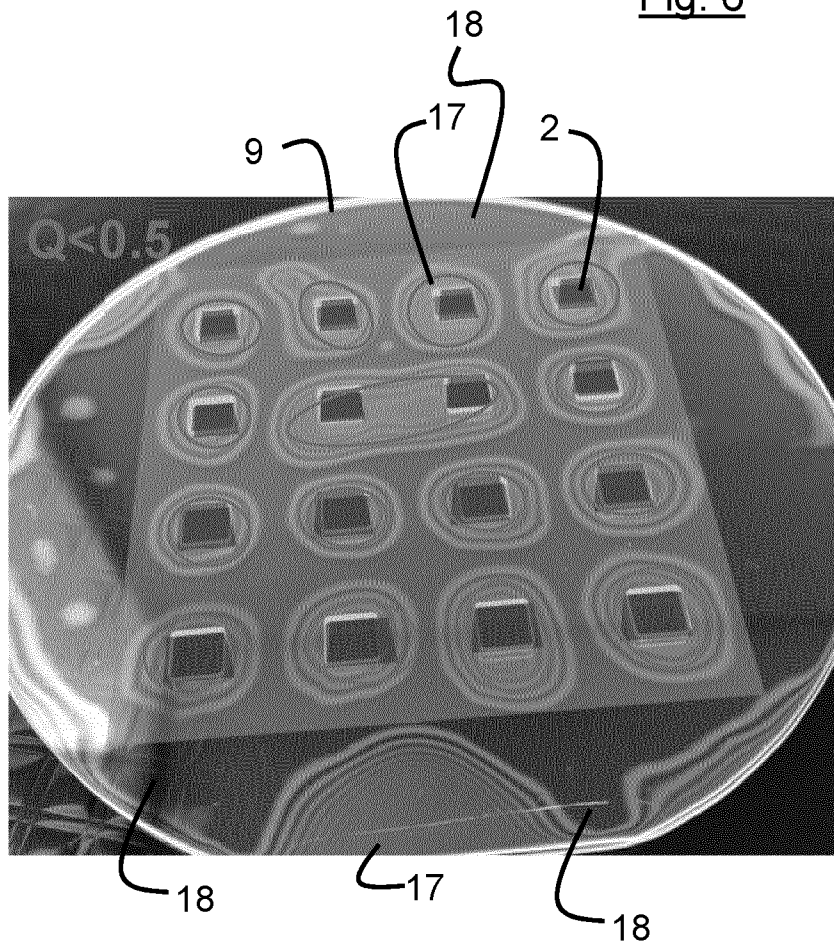
Fig. 6

Fig. 7

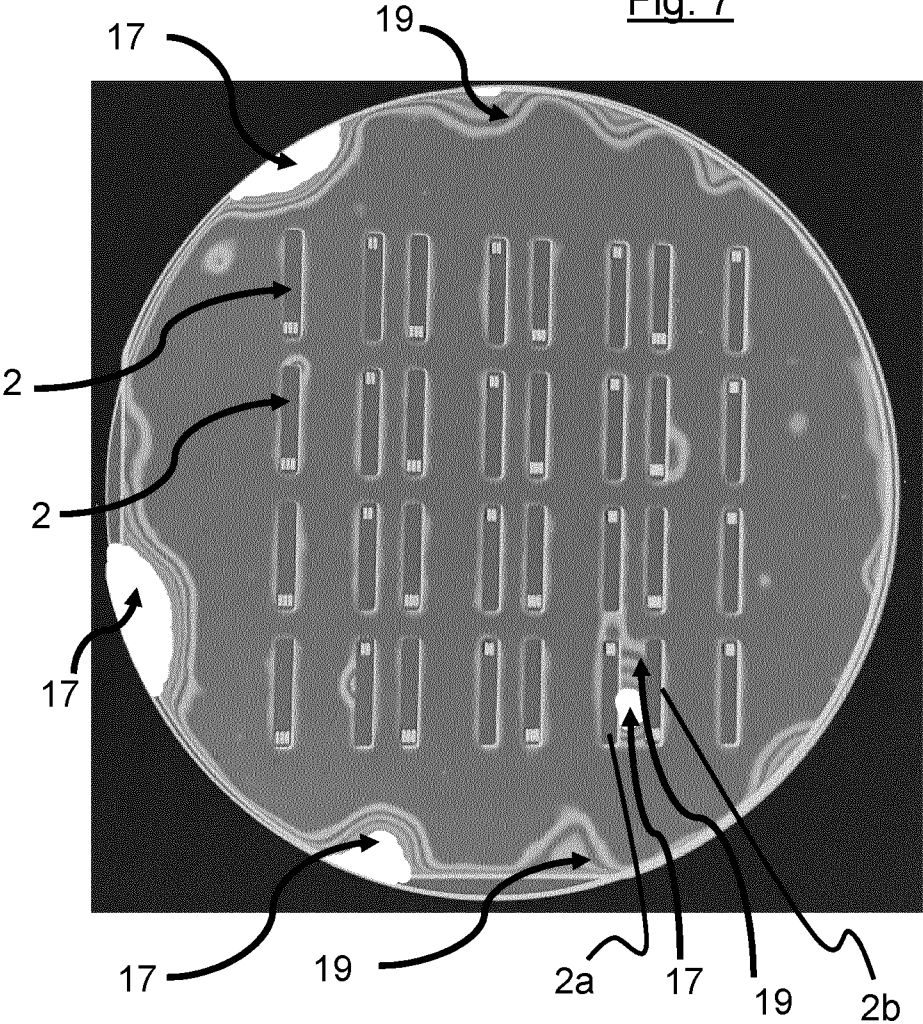


Fig. 8

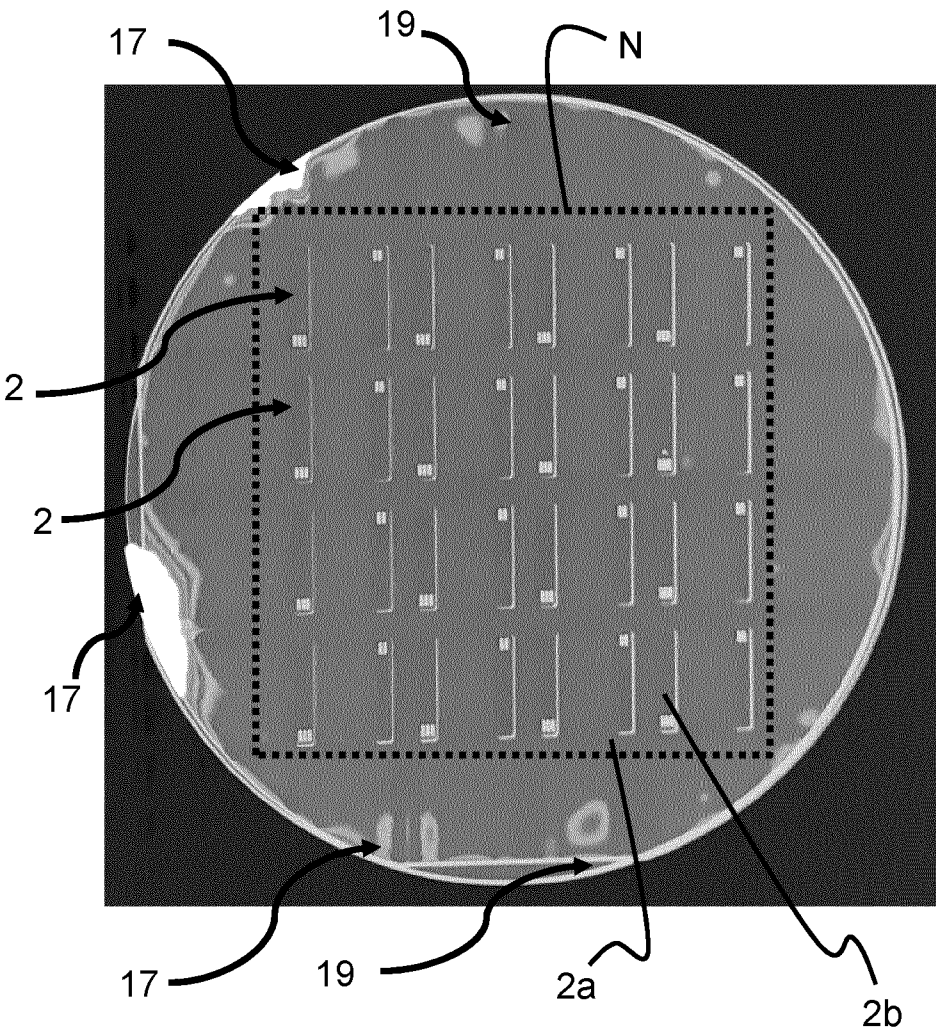
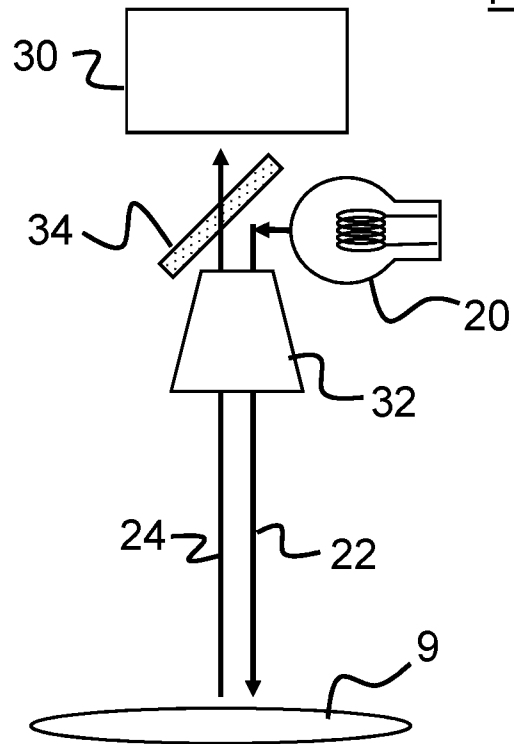
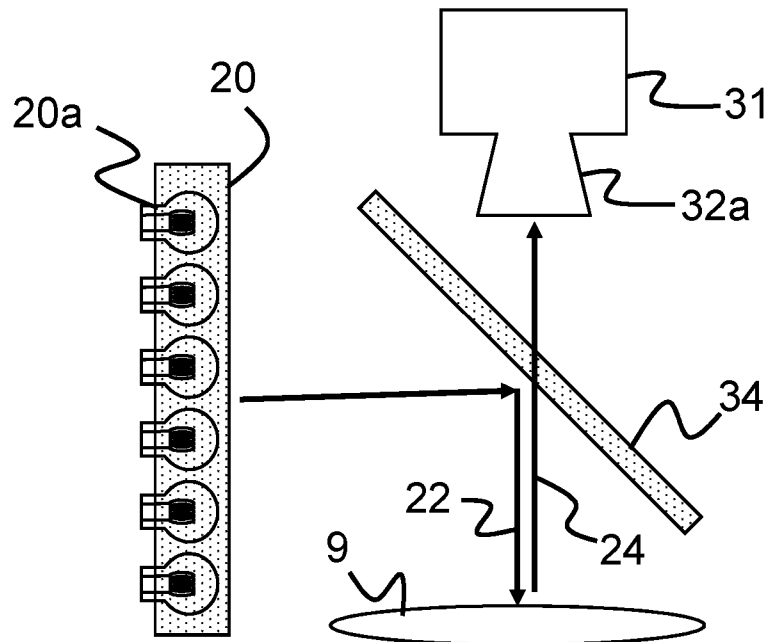


Fig. 9Fig. 10

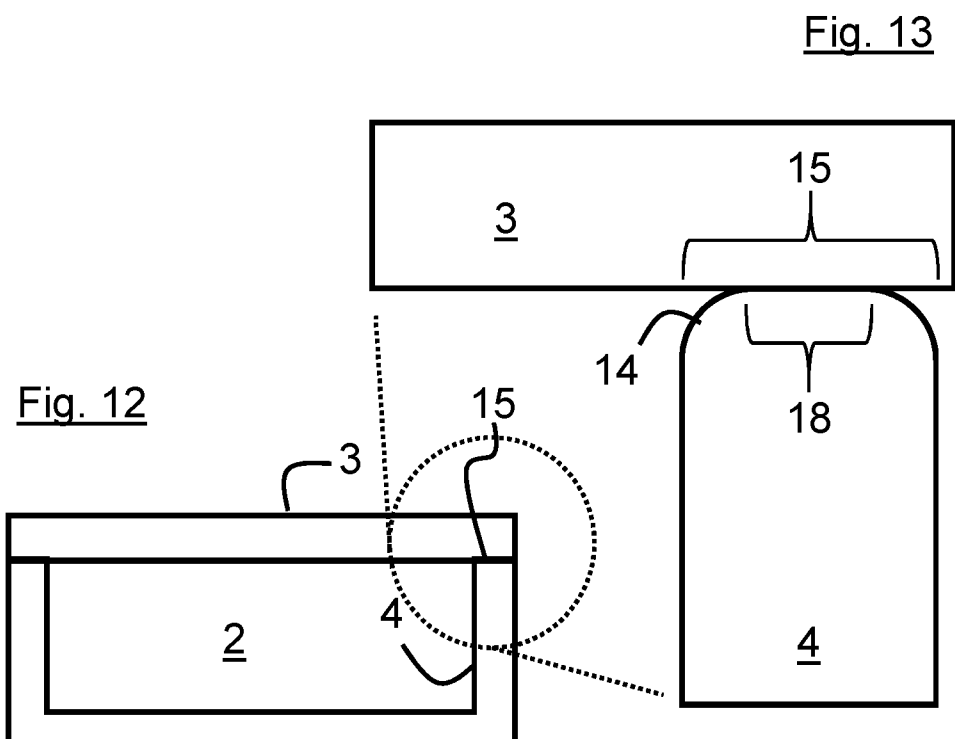
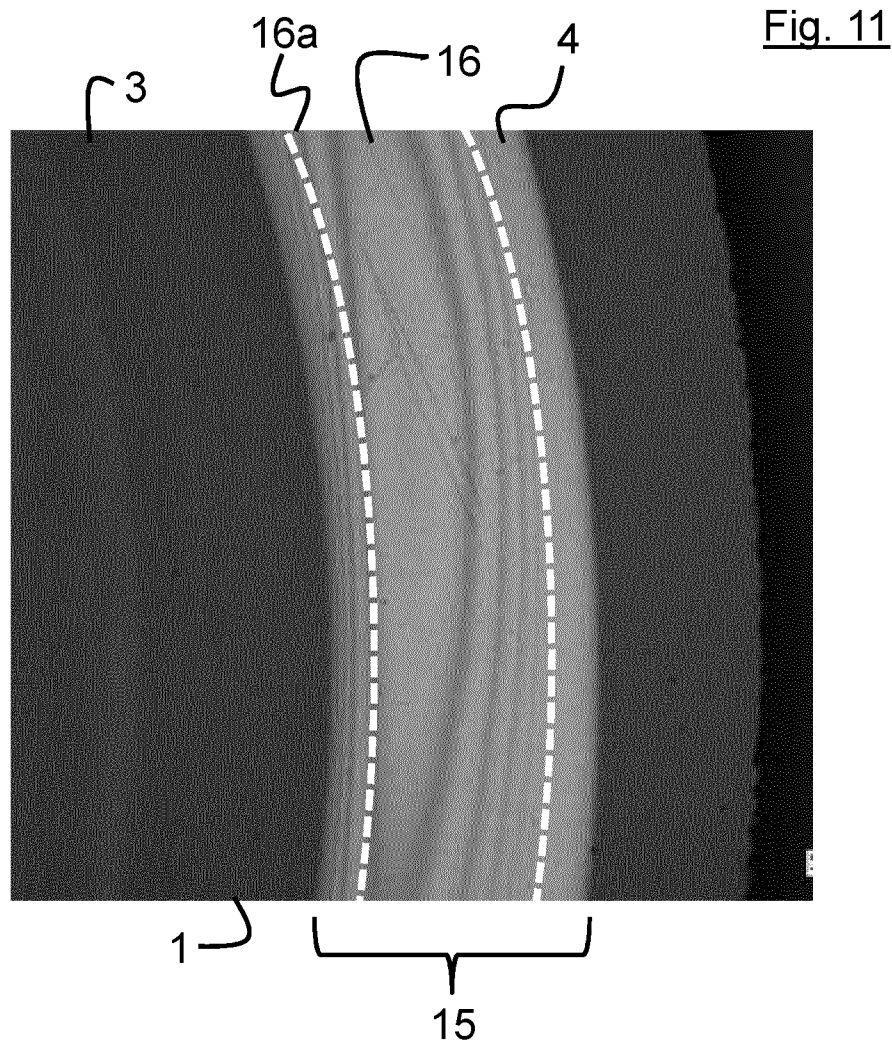


Fig. 14A

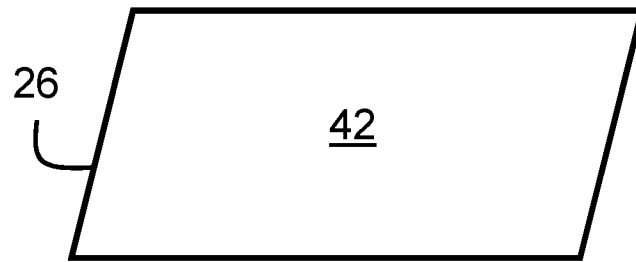


Fig. 14B

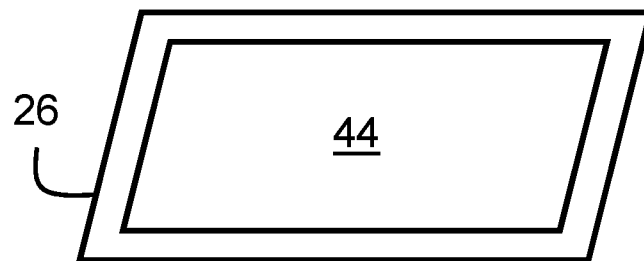


Fig. 14C

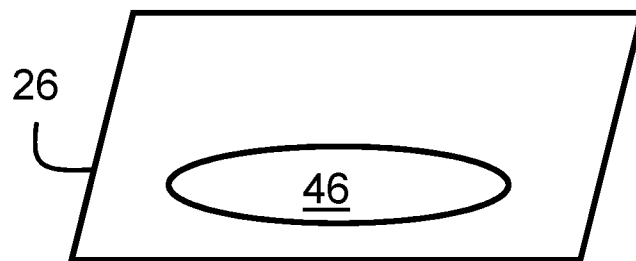


Fig. 14D

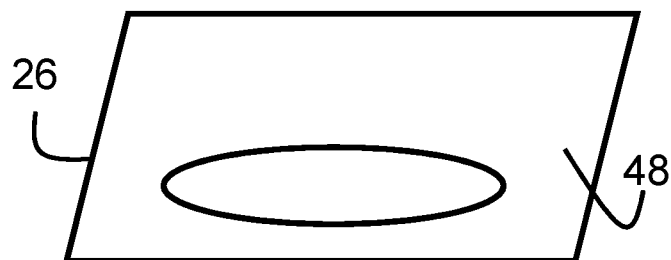


Fig. 15A

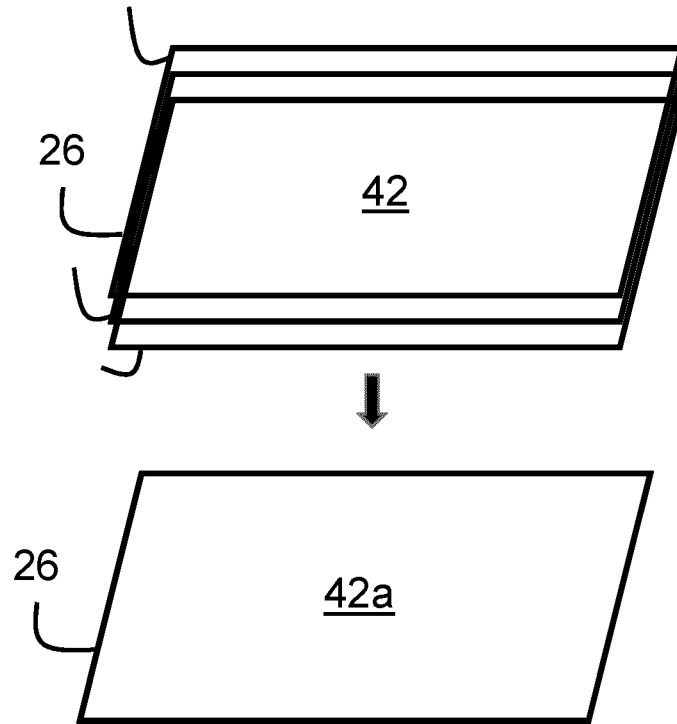


Fig. 15B

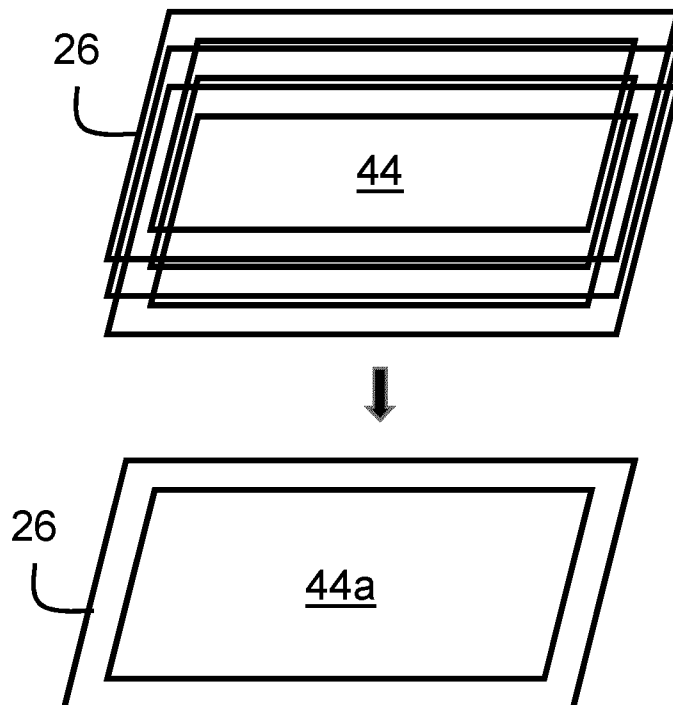
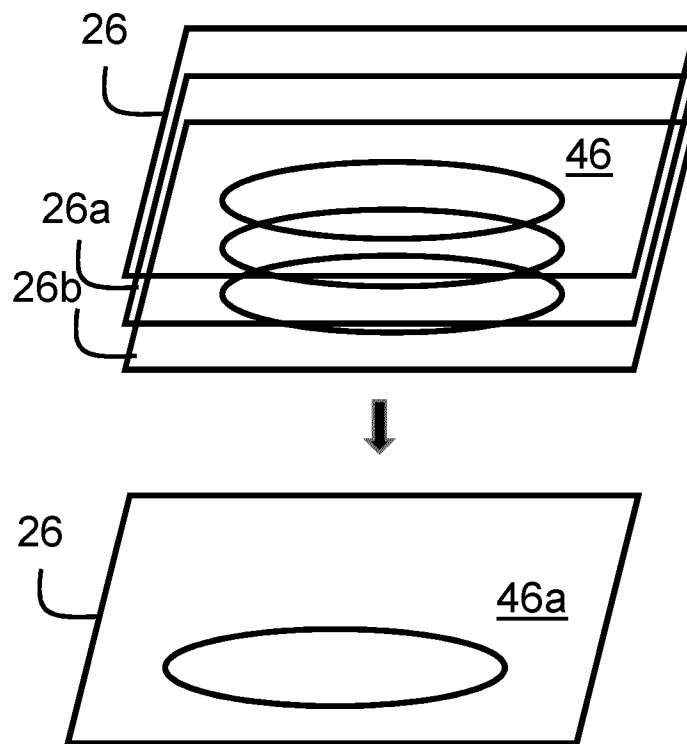


Fig. 15C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/080592

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/50(2006.01)i; **H01L 23/10**(2006.01)i; **B23K 26/03**(2006.01)i; **B23K 26/28**(2014.01)i; **B23K 26/324**(2014.01)i;
B23K 31/12(2006.01)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; B23K

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2015298256 A1 (MAATTANEN ANTTI [FI]) 22 October 2015 (2015-10-22)	1,2,4-6,9,10, 12,15,17-24
Y	paragraphs [0020] - [0024]; figures 1-3	3,7,8,11,13,14,18
Y	TAMAKI T, WATANABE 2, KAZUYOSHI I. "Laser micro-welding of silicon and borosilicate glass using nonlinear absorption effect induced by 1558-nm femtosecond fiber laser pulses" <i>SPIE, PO BOX 10 BELLINGHAM WA 98227-0010 USA</i> , Vol. 6460, 31 December 2007 (2007-12-31), XP040235339 Experimental Setup	3,7
Y	US 2014230990 A1 (KARAM RAYMOND MILLER [US] ET AL) 21 August 2014 (2014-08-21) paragraphs [0017] - [0018]	8,11,13,14



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

28 February 2022

Date of mailing of the international search report

09 March 2022

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

Edmeades, Michael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2021/080592

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	TSENG A A ET AL. "Effects of surface roughness and oxide layer on wafer bonding strength using transmission laser bonding technique" <i>THERMAL AND THERMOMECHANICAL PHENOMENA IN ELECTRONICS SYSTEMS, 2006. I THERM 2006. PROCEEDINGS 10TH INTERSOCIETY CONFERENCE ON SAN DIEGO, CA MAY 30-JUNE 2, 2006, PISCATAWAY, NJ, IEEE, US, 30 May 2006 (2006-05-30), pages 1349-1357</i> DOI: 10.1109/ITHERM.2006.1645502 ISBN: 978-0-7803-9524-4. XP010923829 "Effects of Surface Roughness"; page 1353; table 1	18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/080592

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	2015298256	A1	22 October 2015	EP	2962804	A2	06 January 2016
				FI	125807	B	29 February 2016
				US	2015298256	A1	22 October 2015
US	2014230990	A1	21 August 2014	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01L21/50	H01L23/10
	B23K26/03	B23K26/28
	B23K31/12	B23K26/324
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H01L B23K		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2015/298256 A1 (MAATTANEN ANTTI [FI]) 22. Oktober 2015 (2015-10-22)	1, 2, 4-6, 9, 10, 12, 15, 17-24
Y	Absätze [0020] - [0024]; Abbildungen 1-3	3, 7, 8, 11, 13, 14, 18
Y	TAMAKI T, WATANABE 2, KAZUYOSHI I: "Laser micro-welding of silicon and borosilicate glass using nonlinear absorption effect induced by 1558-nm femtosecond fiber laser pulses", SPIE, PO BOX 10 BELLINGHAM WA 98227-0010 USA, Bd. 6460, 31. Dezember 2007 (2007-12-31), XP040235339, Experimental Setup	3, 7
	----- -/-	
☒ 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
28. Februar 2022		09/03/2022
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 Edmeades, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2014/230990 A1 (KARAM RAYMOND MILLER [US] ET AL) 21. August 2014 (2014-08-21) Absätze [0017] - [0018] -----	8, 11, 13, 14
Y	TSENG A A ET AL: "Effects of surface roughness and oxide layer on wafer bonding strength using transmission laser bonding technique", THERMAL AND THERMOMECHANICAL PHENOMENA IN ELECTRONICS SYSTEMS, 2006. I THERM 2006. PROCEEDINGS 10TH INTERSOCIETY CONFERENCE ON SAN DIEGO, CA MAY 30-JUNE 2, 2006, PISCATAWAY, NJ, IEEE, US, 30. Mai 2006 (2006-05-30), Seiten 1349-1357, XP010923829, DOI: 10.1109/ITHERM.2006.1645502 ISBN: 978-0-7803-9524-4 "Effects of Surface Roughness"; Seite 1353; Tabelle 1 -----	18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/080592

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015298256 A1	22-10-2015	EP 2962804 A2	06-01-2016
		FI 125807 B	29-02-2016
		US 2015298256 A1	22-10-2015

US 2014230990 A1	21-08-2014	KEINE	
