

(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
24. Juli 2008 (24.07.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/087022 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B81B 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/000321

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2008 (17.01.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 002 725.9 18. Januar 2007 (18.01.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFMANN, Ulrich** [DE/DE]; Edendorferstrasse 177k, 25524 Itzehoe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HOUSING FOR MICRO-MECHANICAL AND MICRO-OPTICAL COMPONENTS USED IN MOBILE APPLICATIONS

(54) Bezeichnung: GEHÄUSE FÜR IN MOBILEN ANWENDUNGEN EINGESETZTE MIKROMECHANISCHE UND MIKROOPTISCHE BAUELEMENTE

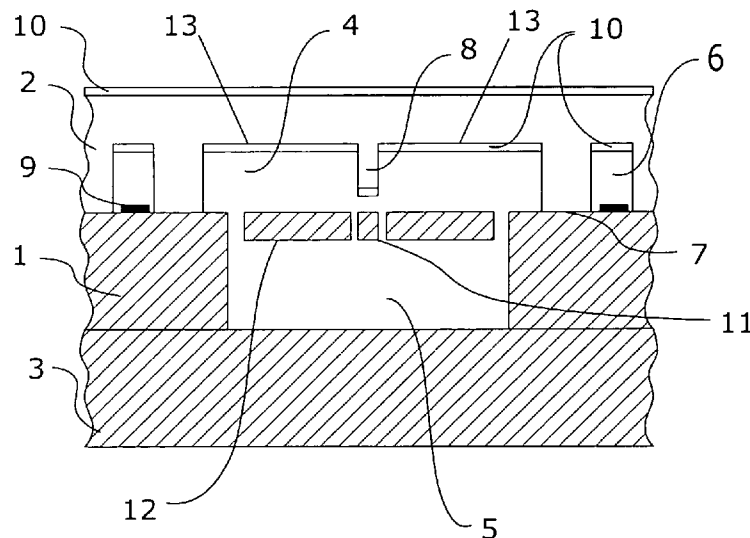


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a housing for one or more micro-mechanical and/or micro-optical components. Said housing comprises a carrier substrate having at least one micro-mechanical and/or micro-optical component and at least one cover substrate that is connected to the carrier substrate. The carrier substrate and the at least one cover substrate form at least one cavity that at least partially surrounds the at least one micro-mechanical and/or micro-optical component. The side of the at least one cover substrate facing the at least one micro-mechanical and/or micro-optical component comprises at least one optical window and at least one mechanical stop. The invention also relates to a method for producing said type of housing and said method can also be used, in particular, for encapsulating wafer planes.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/087022 A1



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

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Gehäuse für ein oder mehrere mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelemente, wobei das Gehäuse ein Tragersubstrat mit mindestens einem mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement und mindestens ein Deckelsubstrat, das mit dem Tragersubstrat in Verbindung steht, aufweist. Dabei bilden das Tragersubstrat und das mindestens eine Deckelsubstrat mindestens einen Hohlraum, der das mindestens eine mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelement zumindest teilweise einschließt, wobei die dem mindestens einen mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement zugewandte Seite mindestens eines Deckelsubstrats mindestens ein optisches Fenster und mindestens einen mechanischen Anschlag aufweist. Des Weiteren ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Gehäuses, wobei das Verfahren insbesondere auch für die Verkapselung auf Wafer Ebene einsetzbar ist.

Patentanmeldung:**Gehäuse für in mobilen Anwendungen eingesetzte mikromechanische und mikrooptische Bauelemente****Anmelderin:**

5 **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**

Technisches Gebiet

Fertig prozessierte mikromechanische (MEMS) und mikrooptische Systeme (MOEMS) beziehungsweise Bauelemente - wie zum Beispiel Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren, Mikrospiegel - bestehen in der Regel aus sehr empfindlichen, zum

10 Teil frei beweglichen Mikrostrukturen (zum Beispiel Balken, Gittern, Platten). Während der meisten zur Herstellung benötigten Fertigungsschritte (zum Beispiel Schichtabscheidung, Photo-Lithographie, Ätzverfahren) sind auch die beweglichen Mikrostrukturen noch fest und dadurch unbeweglich mit dem Substrat (Trägersubstrat), üblicherweise einem Wafer (Trägerwafer), verbunden. Erst durch einen sogenannten

15 "Release"-Prozess werden diese Mikrostrukturen frei beweglich. Ab diesem Zeitpunkt sind die beweglichen Mikrostrukturen besonders empfindlich, so dass Verunreinigungen oder mechanische Überbeanspruchungen zur Zerstörung oder Funktionseinschränkung dieser Mikrostrukturen und damit zur Dysfunktion des Bauelements führen können. So kommt beispielsweise bei der Vereinzelung eines Wafers, also dem Zersägen eines

20 Wafers in einzelne Chips, die Waferoberfläche und damit die Mikrostrukturen der MEMS/MOEMS mit Partikeln und Wasser in Berührung. Des Weiteren können die Mikrostrukturen während eines Sägeprozesses relativ starken mechanischen Belastungen ausgesetzt sein.

Um dennoch MEMS/MOEMS mit hoher Ausbeute kostengünstig fertigen zu können, ist man bestrebt, sowohl den "Release"-Prozess als auch Maßnahmen insbesondere zum Schutz der beweglichen Mikrostrukturen bereits durchzuführen, bevor das Substrat vereinzelt beziehungsweise zerteilt wird.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Gehäuse zur Verkapselung mikromechanischer und mikrooptischer Bauelemente, welche insbesondere in mobilen Geräten zum Einsatz kommen, und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Gehäuses, wobei sich das Verfahren auch für die Verkapselung der MEMS/MOEMS auf Substrat-Ebene insbesondere auf Wafer-Ebene, d.h. vor dem Vereinzelnprozess und damit vor der
- 10 Zerteilung des Substrats, eignet.

Stand der Technik

Gehäuse zur Verkapselung von MEMS/MOEMS sowie Verfahren zu Herstellung solcher Gehäuse insbesondere auf Wafer-Ebene, sogenannte Wafer-Level-Packaging-Verfahren, sind aus der Halbleiterindustrie bekannt.

- 15 Wie beispielsweise in der US 6,743,656 beschrieben, wird der Wafer (Trägerwafer) mit den MEMS/MOEMS mit einem weiteren Wafer (Deckelwafer), der über Vertiefungen definierter Abmaße verfügt, verbunden. In der Regel handelt es sich bei den Wafern um Siliziumwafer, so dass auch die Vertiefungen im Deckelwafer mit den bewährten
- 20 Verfahren der Siliziumtechnologie einfach und präzise hergestellt werden können. Im anschließenden Vereinzelnprozess, üblicherweise einem Sägeprozess, werden dann separate gekapselte Chips erzeugt, ohne dass Kontaminationsgefahr für die MEMS/MOEMS besteht.

Sollen die MEMS/MOEMS eine optische Funktion ausüben oder sollen bestimmte Parameter oder physikalische Größen der MEMS/MOEMS optisch gemessen werden - beispielsweise Bestimmung der Auslenkung mittels Interferometer oder durch Auswertung von Videosequenzen - dann bedarf es in der Regel eines optisch
5 transparenten Deckelsubstrats.

In der WO 2004/1068665 wird ein Wafer-Level-Packaging-Verfahren für MOEMS beschrieben, welches ein Deckelsubstrat aus Glas vorsieht. Vor dem Verkapselungsprozess wird der Wafer mit den MOEMS allerdings vereinzelt. Die daraus resultierenden separaten ungekapselten Chips (DIEs) werden auf einem neuen Substrat
10 platziert, montiert, kontaktiert und erst anschließend gekapselt.

In der US6146917 wird ein Wafer-Level-Packaging-Verfahren für MEMS/MOEMS beschrieben, bei dem ein mit Vertiefungen versehener Deckelwafer aus Silizium oder Glas durch Fusions-Bonden oder Anodisches Bonden mit dem Trägerwafer verbunden wird, woraus ein hermetisch dichtes Gehäuse resultiert. Die Herstellung der
15 erforderlichen 50 bis 150 μm tiefen Vertiefungen im Deckelwafer aus Silizium kann durch naßchemisches Ätzen mittels KOH-Lösung erfolgen und sei auch auf Glaswafer übertragbar.

In der US2005/0184304 wird ein Wafer-Level-Packaging-Verfahren zur Verkapselung von oberflächenmikromechanisch gefertigten Mikrospiegel-Arrays vorgestellt. Ein
20 Deckelwafer aus Glas besitzt Vertiefungen, die als optische Fenster dienen und auch über entsprechende Vergütungsschichten verfügen können. Die Vertiefungen im Deckelwafer können Tiefen von über 100 μm aufweisen.

Aus dem Patent US 5,591,679 ist ein Verfahren zur Herstellung eines hermetisch dichten Gehäuses sowohl für oberflächenmikromechanisch als auch volumenmikromechanisch gefertigte MEMS/MOEMS bekannt. Danach genügt im Fall oberflächenmikromechanischer MEMS/MOEMS ein mit Vertiefungen versehener

5 Deckelwafer aus Glas, der auf den Trägerwafer aus Silizium anodisch gebondet wird. Für volumenmikromechanisch hergestellte MEMS/MOEMS wird neben dem ersten Deckelwafer auf der ersten Seite des Trägerwafers ein zweiter Deckelwafer für die der ersten Seite des Trägerwafers gegenüberliegende zweite Seite des Trägerwafers vorgesehen. Durch die Einstellung eines definierten Abstands zwischen Trägerwafer und

10 zweitem Deckelwafer kann der zweite Deckelwafer als mechanischer Anschlag gegen mechanische Überlast dienen.

Beschreibung

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Gehäuse zur Verfügung zu stellen, das insbesondere für

15 optische Anwendungen geeignet ist, einen mechanischen Überlastschutz aufweist und auf Substrat- beziehungsweise Wafer-Ebene hergestellt werden kann.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Aufgabe durch ein Gehäuse gemäß Anspruch 1 gelöst. Anspruch 24 gibt ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Gehäuses an.

20 Die Unteransprüche lehren vorteilhafte Weiterbildungen; die Ansprüche 32 und 33 geben vorteilhafte Verwendungen an.

Das erfindungsgemäße Gehäuse dient der Verkapselung von einem oder mehreren mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement/en und weist ein

Trägersubstrat, mit mindestens einem mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement, und mindestens ein Deckelsubstrat auf. Das Trägersubstrat und das Deckelsubstrat stehen miteinander in Verbindung, bevorzugt stoffschlüssig in Verbindung, und bilden einen oder mehrere Hohlräume, der/die das mindestens eine 5 mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelement zumindest teilweise einschließt. Die dem mindestens einen mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement zugewandte Seite des Deckelsubstrats weist mindestens ein optisches Fenster und mindestens einen mechanischen Anschlag auf.

Ein Gehäuse zur Verkapselung von MEMS/MOEMS, insbesondere beweglichen 10 MEMS/MOEMS, soll in der Regel mindestens einen Schutz gegen Verunreinigungen bieten und gleichzeitig die mechanische und/oder optische Funktionalität der MEMS/MOEMS nicht beeinträchtigen. Als Gehäuse kann beispielsweise ein Deckelsubstrat fungieren, das mit dem Trägersubstrat in Verbindung steht. Sollte die Funktionalität der MEMS/MOEMS nicht nur auf Bewegungen in der beziehungsweise 15 parallel zur Trägersubstratebene beschränkt sein, sondern auch Bewegungen senkrecht zur Trägersubstratebene vorsehen, muss das Gehäuse den MEMS/MOEMS entsprechende Bewegungsfreiheit gewährleisten.

So kann das Deckelsubstrat beispielsweise Vertiefungen aufweisen, die in Verbindung mit dem Trägersubstrat Hohlräume um die MEMS/MOEMS bilden, so dass die 20 Funktionalität der MEMS/MOEMS nicht eingeschränkt wird.

Um auch sehr vibrations- und schockempfindliche MEMS/MOEMS mit weichen Aufhängungen und niedrigen Resonanzfrequenzen mit hoher Ausbeute fertigen zu können, bedarf es Anschlägen, die die MEMS/MOEMS vor mechanischer Überlast (zum

Beispiel Schock, Vibrationen, usw.), wie sie beispielsweise bei mobilen Anwendungen (zum Beispiel in Mobiltelefonen) auftreten kann, schützen.

Während laterale Kräfte, die in der Substratebene wirken, durch laterale Anschläge im MEMS/MOEMS-Design vorgesehen und entsprechend realisiert werden können, bedarf es für senkrecht aus der Substratebene wirkende Kräfte zusätzlicher vertikaler Anschläge.

Das erfindungsgemäße Gehäuse weist einen oder mehrere integrierte mechanische Anschläge auf, der/die bevorzugt an einer beliebigen Stelle aus dem Deckelsubstrat in Richtung der MEMS/MOEMS ragt/ragen.

Durch ein Herausragen der Anschläge insbesondere aus der den MEMS/MOEMS zugewandten Fläche der optischen Fenster kann verhindert werden, dass Bereiche der MEMS/MOEMS mit den größten Auslenkungsamplituden - und damit zum Beispiel bei Rotationsbewegungen mit der höchsten Geschwindigkeit - am Deckelsubstrat anstoßen. In Verbindung mit der freien Wahl der Position der Anschläge besteht die Möglichkeit, dass man Bereiche der MEMS/MOEMS für den Kontakt mit den Anschlägen vorsieht, die am besten dafür geeignet sind; zum Beispiel weil deren maximale vertikale Geschwindigkeit im Vergleich zu anderen Bereichen gering ist, sie keine aktive Funktion ausüben beziehungsweise keine aktiven Bereiche darstellen und/oder diese Bereiche mechanisch besonders stabil ausgelegt sind.

Damit lässt sich das Risiko einer Beschädigung der Mikrostrukturen und damit der MEMS/MOEMS bei mechanischen Überbeanspruchungen reduzieren.

Prinzipiell sollten die mechanischen Anschläge die Funktionalität beziehungsweise den gewünschten Arbeitsbereich der MEMS/MOEMS nicht einschränken, wobei der Abstand der mechanischen Anschläge zu den für den Kontakt mit den Anschlägen vorgesehenen Bereichen der MEMS/MOEMS bevorzugt möglichst gering sein sollte.

Bei manchen Anwendungen hat das Gehäuse auch optische Funktionen zu erfüllen. Das erfindungsgemäße Gehäuse bietet durch die herausragenden Anschläge den Vorteil, dass es bei mechanischen Überbeanspruchungen nur zum Kontakt der MEMS/MOEMS mit den Anschlägen kommt. Andere Bereiche des Deckelsubstrats kommen nicht mit den MEMS/MOEMS in Berührung. Dadurch werden die anderen Bereiche des Deckelsubstrats, die beispielsweise als optische Fenster fungieren, nicht beschädigt oder in ihrer Funktionalität beeinträchtigt.

Unter einem optischen Fenster wird erfindungsgemäß ein Bereich des Gehäuses verstanden, der für beliebige Wellenlängen und/oder Wellenlängenbereiche elektromagnetischer Strahlung - insbesondere die durch das zu verkapselnde MEMS/MOEMS zu verarbeitende Strahlung und damit die in der Anwendung eingesetzte Strahlung - aus dem infraroten, sichtbaren (Licht) und ultravioletten Frequenzbereich durchlässig, insbesondere transparent, ist und zudem üblicherweise hohe Qualitätsanforderungen insbesondere an die Oberflächenrauigkeit, die Ebenheit und die Planparallelität erfüllt. Des Weiteren sollten diese Bereiche vorzugsweise eine homogene Materialstruktur aufweisen.

Ein typisches mikrooptisches Bauelement ist der Mikrospiegel, der zum Beispiel in der Video-Laser-Projektion als Scanspiegel eingesetzt werden kann, um einen einfallenden Laserstrahl abzulenken. Dabei soll der Laserstrahl durch das Gehäuse möglichst wenig gestreut und deformiert werden.

Zur Erzeugung der Hohlräume zwischen Trägersubstrat und Deckelsubstrat wird beispielsweise das Deckelsubstrat mit Vertiefungen versehen, so dass Trägersubstrat und Deckelsubstrat nach ihrer Verbindung die MEMS/MOEMS in der Regel komplett umschließen. Bei den meisten Anwendungen sind Tiefen zwischen etwa 50 µm und

900 µm für die Vertiefungen ausreichend. Um auch größeren MEMS/MOEMS ausreichend Auslenkungsfreiheit gewähren zu können, sind Vertiefungen im Deckelsubstrat tiefer 900 µm von Vorteil.

Solche Vertiefungen sind beispielsweise für relativ große beweglich aufgehängte
5 Mikrospiegel zweckmäßig, die einen Durchmesser von 10 mm haben können. Ein Verkippen eines so dimensionierten Mikrospiegels um 10° um seine Mittelachse führt zu einer maximalen aus der Substratebene gerichteten Auslenkung von fast 870 µm.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Gehäuse die MEMS/MOEMS hermetisch dicht von der Umgebung abschließt, so dass im Gehäuse eine bestimmte Atmosphäre einstellbar
10 ist. Dadurch ist ein besonders guter Schutz gegen Verunreinigungen gegeben, wodurch die Gefahr einer Dysfunktion des verkapselten MEMS/MOEMS minimiert wird. Zudem lässt sich in den Hohlräumen eine von der Umgebung unabhängige Atmosphäre einstellen.

Während bei oberflächenmikromechanisch gefertigten MEMS/MOEMS eine hermetisch
15 dichte Verkapselung bereits durch einen Verbund aus Trägersubstrat und einem Deckelsubstrat erreicht werden kann, bedarf es bei volumenmikromechanisch gefertigten MEMS/MOEMS, welche zum Teil vollständig durch das Trägersubstrat hindurch geätzte Mikrostrukturen besitzen, mindestens eines zweiten Deckelsubstrats, das mit der ersten Seite des Trägersubstrats, die mit dem ersten Deckelsubstrat in Verbindung steht,
20 gegenüberliegenden zweiten Seite des Trägersubstrats verbunden wird, so dass das Trägersubstrat beidseitig mit Deckelsubstraten versehen ist.

In vielen Anwendungsfällen wird ein Gehäuseinnendruck unterhalb des atmosphärischen Luftdrucks bevorzugt. Für MEMS/MOEMS besonders bevorzugt wird ein Gehäuseinnendruck von etwa 10^{-3} mbar bis etwa 1 mbar. Dadurch lässt sich

beispielsweise die Dämpfung insbesondere bei Systemen, die bei Resonanz betrieben werden, reduzieren und dadurch höhere Gütefaktoren und größere Auslenkungsamplituden erzielen.

Bei anderen Anwendungen ist es vorteilhaft, wenn die Hohlräume mit einem Gas gefüllt
5 sind, um dadurch bestimmte Eigenschaften der MEMS/MOEMS gezielt zu beeinflussen. Dabei kommen Gase in Frage, die trocken und nicht elektrisch leitfähig sind, mit den für das Gehäuse und die MEMS/MOEMS verwendeten Materialien chemisch nicht reagieren und die erforderliche Transparenz aufweisen; als Beispiele seien Inertgase wie Edelgase, Stickstoff oder SF₆ genannt.

10 So wird beispielsweise bei Anwendungen, bei denen Wärme möglichst schnell an das Gehäuse und die Umgebung abgeleitet werden soll, Argon als Gehäuseatmosphärgas eingesetzt, da Argon elektrisch nicht leitfähig ist, trotzdem aber eine relativ hohe thermische Leitfähigkeit besitzt. Zudem ist die Diffusionsneigung von Argon so gering, dass langzeitstabile Druckverhältnisse im Gehäuse möglich sind.

15 Als Trägersubstrat werden bevorzugt Siliziumwafer verwendet, da die Prozesse der Siliziumtechnologie ausgereift sind und gut beherrscht werden.

Insbesondere für bewegliche MEMS/MOEMS, die bei optischen Anwendungen zum Einsatz kommen, ist ein Gehäuse notwendig, das zumindest in Teilbereichen den oben genannten Anforderungen an ein optisches Fenster entspricht sowie neben der
20 mechanischen auch die optische Funktionalität des gekapselten MEMS/MOEMS möglichst nicht beziehungsweise wenig beeinträchtigt.

Daher ist es von Vorteil, wenn sich die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Trägersubstrat und Deckelsubstrat möglichst gering unterscheiden oder zwischen den

beiden Substraten eine Schicht angeordnet ist, mit der die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten ausgeglichen werden können.

Dadurch lassen sich thermisch induzierte mechanische Spannungen zwischen Trägersubstrat und Deckelsubstrat minimieren und die Gefahr von Schädigungen am

5 Gehäuse und den gekapselten MEMS/MOEMS reduzieren.

Das Deckelsubstrat enthält oder besteht bevorzugt aus Glas und/oder einem glasähnlichen Material. Unter glasähnlichen Materialien werden erfindungsgemäß Stoffe verstanden, die wegen ihrer thermodynamischen Eigenschaften (amorpher Aufbau, Glasübergangstemperatur) Gläsern ähneln, obwohl sich ihre chemische

10 Zusammensetzung von der der Silikatgläser unterscheidet. Als Beispiele seien hier die in der Chemie bekannten Kunstgläser oder organischen Vitroide wie Polymethylmethacrylate (PMMA), Polycarbonat und Polystyrol genannt.

Besonders geeignete Gläser sind Silikatgläser, insbesondere Borsilikatgläser, da Borsilikatgläser sehr chemikalien- und temperaturbeständig sind. Die

15 Temperaturbeständigkeit und Unempfindlichkeit der Borsilikatgläser gegen plötzliche Temperaturschwankungen sind eine Folge ihres geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Zudem ist der Transmissionsgrad insbesondere im sichtbaren Bereich mit über 90% sehr hoch.

Um optischen Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, sollten die optischen Fenster des
20 Gehäuses eine Ebenheits- und/oder Planparallelitätsabweichung kleiner einem Viertel der Wellenlänge der bei der Anwendung eingesetzten elektromagnetischen Strahlung aufweisen, wobei üblicherweise Wellenlängen vom ultravioletten bis in den infraroten Wellenlängenbereich (zum Beispiel zwischen etwa 200 nm und etwa 15 µm) Anwendung finden. Demzufolge sind bei längerwelligem Licht mit Wellenlängen unter

720 nm Werte für die Ebenheits- und/oder Planparallelitätsabweichung kleiner 180 nm von Vorteil. Bei Verwendung von kürzerwelligem Licht mit Wellenlängen unter 440 nm steigen die Anforderungen an die optischen Fenster, so dass Werte für die Ebenheits- und/oder Planparallelitätsabweichung kleiner 110 nm bevorzugt werden.

- 5 Optische Fenster, die diese Anforderungen erfüllen, verursachen geringere Abweichungen und eine geringere Strahlaufweitung des optischen Strahlenverlaufs, was zu einer geringeren Verfälschung der optischen Signale führt.

Zudem sollte die quadratische Oberflächenrauigkeit der optischen Fenster möglichst gering sein, bevorzugt kleiner 15 nm, besonders bevorzugt kleiner 5 nm. Dadurch lässt
10 sich insbesondere die durch das Deckelsubstrat verursachte Streuung reduzieren.

Die Werte für die Ebenheits- und Planparallelitätsabweichung sowie für die quadratische Oberflächenrauigkeit wurden mittels interferometrischer Messmethode bestimmt. Für die Messungen wurde das Weißlicht- und Phaseninterferometer MicroMap 512 der Firma Atos verwendet.

- 15 Um die Eigenschaften der optischen Fenster zusätzlich zu optimieren, ist es von Vorteil, diese Bereiche zumindest teilweise mit Veredlungsschichten zu versehen.

Besonders häufig eingesetzte Veredlungsschichten sind beispielsweise Entspiegelungsschichten, die Reflexionen an den optischen Fenstern und damit Strahlungsverluste verringern. Solche Entspiegelungsschichten lassen sich zum Beispiel
20 durch Schichtsysteme aus Magnesiumfluorid und Titanoxid oder Siliziumdioxid und Titandioxid realisieren.

Des Weiteren finden Antistatik-Schichten, die ein elektrisches Aufladen des Deckelsubstrats minimieren, häufig Verwendung. Ein für Antistatik-Schichten in

optischen Anwendungen besonders geeignetes Material ist ITO (Indiumzinnoxid), da es dotiert eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist und über einen breiten Frequenzbereich eine hohe Transparenz aufweist.

Weiterhin können Reflexionsschichten, zum Beispiel Metallschichten, aufgebracht

5 werden, die nach Strukturierung lokal reflektierende Bereiche bilden, zum Beispiel um einen einfallenden Lichtstrahl räumlich zu begrenzen (Blendenfunktion) oder um in Nachbarschaft zu den optischen Fenstern einen statischen Umlenkspiegel zu bilden.

Bevorzugt eingesetzte Veredlungsschichten sind des Weiteren Absorberschichten, die elektromagnetische Strahlung bestimmter Wellenlängen oder ganzer

10 Wellenlängenbereiche absorbieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Gehäuses zur Verkapselung mikromechanischer und/oder mikrooptischer Bauelemente weist die folgenden Schritte auf:

- 15
- Bereitstellen eines Trägersubstrats mit mindestens einem mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement
 - Bereitstellen mindestens eines Deckelsubstrats, das mindestens ein optisches Fenster und mindestens einen mechanischen Anschlag aufweist
 - Verbinden des Trägersubstrats mit dem mindestens einen Deckelsubstrat
- 20
- derart, dass das Trägersubstrat und das mindestens eine Deckelsubstrat mindestens einen Hohlraum bilden, der das mindestens eine mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelement zumindest teilweise einschließt.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient der Verkapselung von MEMS/MOEMS, die üblicherweise auf einem Trägersubstrat aufgebracht oder angeordnet sind. Üblicherweise findet als Trägersubstrat ein Siliziumwafer Anwendung, auf dem durch oberflächenmikromechanische oder volumenmikromechanische Prozesse die zu verkapselnden MEMS/MOEMS erzeugt werden.

Für die Verkapselung ist des Weiteren ein Deckelsubstrat erforderlich, welches üblicherweise bereits vor der Erzeugung der optischen Fenster und der mechanischen Anschläge zumindest in Teilbereichen, im Regelfall in seiner Gesamtheit, für die in der Anwendung eingesetzte elektromagnetische Strahlung durchlässig ist. Bei den meisten optischen Anwendungen wird allerdings eine möglichst hohe Transparenz dieser für die in der Anwendung eingesetzte elektromagnetische Strahlung durchlässigen Bereiche gefordert, damit beispielsweise ein Laserstrahl möglichst unbeeinflusst das MEMS/MOEMS erreicht.

Auch um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, wird das Deckelsubstrat üblicherweise strukturiert. Hierbei werden Vertiefungen für die Hohlräume, die optischen Fenster und die mechanischen Anschläge erzeugt.

Als Deckelsubstrat eignen sich - wie vorstehend erläutert - verschiedene Gläser sowie bestimmte glasähnliche Kunststoffe. Verschiedene in der Siliziumtechnologie verwendete Strukturierungsverfahren lassen sich auch für Glassubstrate nutzen. So könnten beispielsweise die Vertiefungen mit HF-Lösung geätzt werden. Allerdings führt naßchemisches strukturiertes Ätzen von Glassubstraten in der Regel zu beträchtlichen Inhomogenitäten bezüglich der Ätztiefe innerhalb der geätzten Flächen (ungenügende Planparallelität der Flächen) und darüber hinaus zu stark angerauten Oberflächen, und

zwar umso stärker je tiefer geätzt wird. In der Regel ist ein so strukturiertes Deckelsubstrat für optische Einsatzzwecke ungeeignet.

Um qualitativ hochwertige optische Oberflächen zu erhalten, eignet sich zur Strukturierung des Deckelsubstrats beispielsweise ein Glasfließ-Verfahren, bei dem die Strukturen eines Formsubstrats beispielsweise auf ein Glassubstrat abgeformt werden.
5 Dabei wird die Oberflächenqualität des Glassubstrats hauptsächlich durch die Oberflächenqualität des Formsubstrats bestimmt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden nach dem Strukturieren des Deckelsubstrats insbesondere die optischen Fenster zumindest teilweise mit einer Entspiegelungsschicht
10 und/oder einer Antistatik-Schicht und/oder einer Reflexionsschicht und/oder einer Absorberschicht versehen, wodurch sich die optische Funktionalität des Gehäuses verbessern lässt.

In einem weiteren Verfahrensschritt werden das Trägersubstrat und das mindestens eine Deckelsubstrat miteinander verbunden, so dass das Trägersubstrat und das mindestens
15 eine Deckelsubstrat mindestens einen Hohlraum bilden, der das MEMS/MOEMS zumindest teilweise einschließt.

Dafür sind generell alle zweckmäßigen Verbindungstechniken einsetzbar wie zum Beispiel Kleben, Löten oder Bonden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung werden das Trägersubstrat und das mindestens eine
20 Deckelsubstrat durch anodisches und/oder eutektisches Bonden und/oder Glasfritt-Bonden miteinander verbunden. Vor allem in der Halbleiterindustrie sind diese Bondverfahren häufig eingesetzte Verbindungstechniken insbesondere zur hermetisch dichten Verkapselung von Bauelementen.

Eutektisches Bonden wird besonders bevorzugt, wenn von den MEMS/MOEMS absorbierte Energie, zum Beispiel Strahlungsenergie, auf das Deckelsubstrat abgeführt werden soll.

Je nachdem in welcher Umgebung der Bondprozess des Deckelsubstrats

- 5 beziehungsweise der Deckelsubstrate durchgeführt wird, kann eine ganz bestimmte Atmosphäre - zum Beispiel ein Druck unterhalb des atmosphärischen Luftdrucks, besonders bevorzugt zwischen etwa 10^{-3} mbar und etwa 1 mbar, und/oder eine Inertgas-Füllung, zum Beispiel mit Argon - in einem hermetisch dichten Gehäuse erzeugt werden. Es werden daher bevorzugt Verbindungstechniken gewählt, die eine stabile Atmosphäre
- 10 im Gehäuse gewährleisten können.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders bevorzugt auf Wafer-Ebene als Wafer-Level-Packaging-Verfahren einsetzbar, wodurch sich mehrere MEMS/MOEMS gleichzeitig verkapseln lassen und damit ein zeitsparendes und effektives Verkapselungsverfahren gegeben ist.

- 15 Bevorzugt wird das Verfahren zur Verkapselung von beweglichen Mikrospiegeln und/oder Mikroskopie-Arrays eingesetzt.

Beispiele

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wird die Erfindung anhand schematischer Zeichnungen und eines Ausführungsbeispiels nachfolgend näher beschrieben.

- 20 Fig. 1 zeigt ein mit zwei transparenten Deckelwafern 2, 3 verkapseltes volumenmikromechanisch gefertigtes Mikroskopie-Array 12, das an Torsionsfedern 11 aufgehängt ist.

Fig. 2 zeigt ein mit einem transparenten 2 und einem nicht transparenten ebenen Deckelwafer 3 verkapselten volumenmikromechanisch gefertigten Mikroskopspiegel 12, der an Torsionsfedern 11 aufgehängt ist.

Fig. 3 zeigt ein mit einem transparenten 2 und einem nicht transparenten, mit einer Vertiefung versehenen Deckelwafer 3 verkapselten volumenmikromechanisch gefertigten Mikroskopspiegel 12, der an Torsionsfedern 11 aufgehängt ist.

Fig. 4 zeigt die Schrittfolge zur Herstellung eines Deckelwafers 2 mittels Glasfließ-Verfahren.

In Fig. 1 ist ein mit zwei transparenten Deckelwafern (Top-Deckelwafer 2 auf der Vorderseite des Trägerwafers und Bottom-Deckelwafer 3 auf der Rückseite des Trägerwafers) aus Borsilikatglas verkapselter volumenmikromechanisch gefertigter an Torsionsfedern 11 aufgehängter Mikroskopspiegel 12 aus Silizium im Querschnitt dargestellt, wobei Durchführungen durch den Trägerwafer 1 aus Silizium führen. Um ein hermetisch dichtes Gehäuse gewährleisten zu können, ist der Trägerwafer 1 beidseitig durch einen anodischen Bondprozess mit den Deckelwafern 2, 3 kontaktiert worden.

Zudem weist der Trägerwafer 1 für die Kontaktierung mit den Deckelwafern 2, 3 einen rahmenförmigen geschlossenen planaren Kontaktbereich 7 um den Mikroskopspiegel 12 herum auf. Ein entsprechend dimensionierter rahmenförmiger geschlossener planarer Kontaktbereich 7 ist bei den Deckelwafern als Gegenkontaktfläche vorgesehen.

Der Top-Deckelwafer 2 enthält Vertiefungen 4, die in Verbindung mit dem Trägerwafer 1 die für die Bewegungen des Mikroskopspiegels notwendigen Hohlräume 5 bilden.

Der an Torsionsfedern 11 aufgehängte Mikroskopspiegel 12 kann zum Beispiel einen Durchmesser von 10 mm haben. Bei einer maximalen Verkippung eines derartigen

Mikrospiegels 12 um 10° sind Vertiefungen 4 im Top-Deckelwafer 2 von über $870\ \mu\text{m}$ notwendig, so dass die tiefsten Vertiefungen 4, gemessen von den Kontaktbereichen 7 bis zum Boden dieser Vertiefungen 4, etwa $900\ \mu\text{m}$ betragen. Die Böden der tiefsten Vertiefungen 4 bilden gleichzeitig die Bereiche, die als optische Fenster 13 fungieren.

- 5 Für die mechanischen Anschläge 8 ist die Tiefe der Vertiefungen 4 so dimensioniert, dass die Anschläge zu den nicht ausgelenkten Torsionsfedern 11 einen vertikalen Abstand zwischen $1\ \mu\text{m}$ und $50\ \mu\text{m}$ aufweisen. Die Anschläge 8 haben keine optische Funktion. Sie gewährleisten nur eine mechanisch protektive Funktionalität des Topdeckel-Wafers 2. In der Ausführungsform nach Fig. 1 weist der Top-Deckelwafer 2 somit drei
- 10 unterschiedlich Strukturhöhen zur Schaffung der optischen Fenster 13, der Anschläge 8 und der Kontaktbereiche 7 auf.

Die optischen Fenster 13 sowie die planare dem Mikrospiegel 12 abgewandte Seite des Top-Deckelwafers 2 sind mit einer Entspiegelungsschicht 10 aus einem Schichtsystem aus Magnesiumfluorid und Titandioxid versehen.

- 15 Der Bottom-Deckelwafer 3 ist nicht strukturiert ausgeführt und schließt den Hohlraum 5 um den Mikrospiegel 12 hermetisch dicht ab. Um auch diesseitig optische Funktionalität zu ermöglichen, wird auch der Bottom-Deckelwafer 3 beidseitig mit
- Entspiegelungsschichten 10 versehen. Dies würde beispielsweise die Möglichkeit bieten, auch die Rückseite des Mikrospiegels 12 zu bestrahlen und den reflektierten Strahl zur
- 20 Bestimmung der Spiegelposition zu verwenden.

Mechanische Anschläge 8 sind im Bottom-Deckelwafer 3 nicht vorhanden, können aber in einer weiteren Ausgestaltung vorgesehen werden, um in beide Richtungen senkrecht zur Trägerwaferebene einen Überlastschutz zu gewährleisten.

Hat der Bottom-Deckelwafer 3 keine optische Funktionalität zu erfüllen, kann ein handelsüblicher Siliziumwafer verwendet werden, wie in Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt wird.

Wie Fig. 3 ebenfalls zeigt, wird in einer weiteren Ausgestaltung der Bottom-Deckelwafer 3 mit einer Vertiefung 16 versehen, um den Hohlraum 5 um den Mikroskopie 12 zu vergrößern. Dies ist erforderlich, wenn der Mikroskopie 12, wie in der hier dargestellten Ausgestaltung, Versteifungsstrukturen 15 zur Reduzierung statischer und dynamischer Deformationen und/oder Antriebsstrukturen 15, zum Beispiel für vertikale Antriebe und/oder in Waferdicke, besitzt. Zusätzlich wird die Vertiefung 16 im Bottom-Deckelwafer 3 dazu verwendet, um ein Getter-Material 14 (zum Beispiel Zirkonlegierungen, Titan), welches zur langfristigen Aufrechterhaltung eines Vakuums innerhalb des Hohlraums 5 dient, dort zu deponieren.

Eine weitere erfindungsgemäße Ausgestaltung sieht gemäß den Fig. 1-3 weitere Vertiefungen 6 im Top-Deckelwafer 2 außerhalb des den Mikroskopie 12 einschließenden Hohlraums 5 vor. Diese Vertiefungen 6 umschließen nach der Verbindung von Trägerwafer 1 und Top-Deckelwafer 2 die Anschlussfelder (Pads) 9 eines jeden Chips. Durch geeigneten Schichtaufbau des Trägerwafers 1 lassen sich vergrabene Leiterbahnen unter dem Kontaktbereich 7 zwischen Trägerwafer 1 und Top-Deckelwafer 2 aus dem den Mikroskopie 12 umschließenden Hohlraum 5 lateral zu den Anschlussfeldern 9 herausführen. Durch einen Sägeschnitt, der nicht den vollständigen Waferverbund aus Trägerwafer 1 und Deckelwafern 2, 3 sondern nur den Top-Deckelwafer 2 im Bereich der Anschlussfelder 9 aufsägt, kann man die Anschlussfelder 9 zugänglich machen, ohne die Atmosphäre in dem den Mikroskopie 12 einschließenden Hohlraum 5 zu beeinträchtigen. Das hat den Vorteil, dass noch vor dem

Vereinzelungsschritt beispielsweise Funktionstests oder Messungen an dem fertig gekapselten Mikrospiegel 12 durchgeführt werden können.

Nach Bereitstellung des Trägerwafers 1 aus Silizium mit dem zu verkapselnden Mikrospiegel 12 werden beispielsweise zwei Glaswafer aus Borsilikatglas bereitgestellt, die als Top- 2 und Bottom-Deckelwafer 3 dienen. Die Glaswafer aus Borsilikatglas haben zum Beispiel eine Dicke zwischen 0,5 mm und 3 mm; unter anderem abhängig von der geforderten Stabilität.

Fig. 4 zeigt die Schrittfolge zur Strukturierung des Top-Deckelwafers 2 mittels Glasfließ-Verfahren. Dabei werden die Strukturen eines Formwafers 21 auf den Top-Deckelwafer 2 abgeformt beziehungsweise übertragen.

Basis für den Formwafer 21 stellt ein einseitig polierter Siliziumwafer dar. Dieser Formwafer 21 bleibt in den Bereichen, durch die die optischen Fenster 13 geformt werden, unverändert, so dass die ursprüngliche Oberflächenqualität des polierten Siliziumwafers 21 erhalten bleibt. In den Bereichen, in denen die Kontaktbereiche 7 des Top-Deckelwafers 2 hergestellt werden, werden gleichmäßig tiefe Gräben 23 in den Formwafer 21 geätzt. Die Ätztiefe dieser Gräben 23 bestimmt in etwa die Tiefe des Hohlraums 5.

Hierfür kommen verschiedene Ätzverfahren in Frage. Sehr homogen über den gesamten Formwafer 21 ist dies beispielsweise zeitkontrolliert mit naßchemischen Ätzverfahren in Kaliumhydroxid (KOH) oder TMAH (Tetramethylammoniumhydroxid) zu erzielen. Aber auch Plasma gestützte Trockenätzverfahren können solche Gräben 23 mit hoher Präzision erzeugen; in der Regel jedoch unter der Voraussetzung, dass die Breite der Gräben 23 überall einheitlich ist.

Um ein Maximum an Homogenität der Grabentiefe und zugleich eine minimale Rauigkeit der Grabenböden (27) zu erzielen, kann für den Formwafer 21 anstelle des Standard Siliziumwafers ein SOI-Wafer (Silicon on insulator - Wafer) entsprechender Dicke verwendet werden, wobei die Gräben 23 bis auf die verborgene Oxidschicht geätzt werden.

Um innerhalb der optischen Fenster 13 mechanische Anschläge 8 zu erzeugen, bedarf es weiterer zu ätzender Gräben 24 von geringerer Ätztiefe. Den fertig strukturierten Formwafer 21 zeigt Fig 4a.

Im nächsten Schritt wird auf den Formwafer 21 der Top-Deckelwafer 2 anodisch gebondet, wie Fig 4b zeigt. Um die Strukturen des Formwafers 21 vollständig abformen zu können, ist es in der Regel erforderlich, diesen Bondprozess im Vakuum durchzuführen.

Anschließend wird der Verbund aus Formwafer 21 und Top-Deckelwafer 2 in einem Ofen auf 600-800°C erhitzt. Dabei beginnt der Top-Deckelwafer 2 zu schmelzen und wird in Folge des Druckunterschieds zwischen Vakuum in den Gräben 23, 24 des Formwafers 21 und des höheren Umgebungsdrucks im Ofen in die Gräben 23, 24 des Formwafers 21 hineingedrückt, bis die Gräben 23, 24 des Formwafers 21 vollständig mit Borsilikatglas des Top-Deckelwafers 2 ausgefüllt sind. Auf diese Weise werden die Strukturen des Formwafers 21 vollständig auf den Top-Deckelwafer 2 abgeformt.

Bedingt durch den Glasfluss ist die vom Formwafer 21 abgewandte Seite des Top-Deckelwafers 2 nach dem Abkühlen nicht mehr plan (Fig 4c) und muss daher in einem präzisen Schleif- und Polierprozess planarisiert und geglättet werden, bis schließlich wieder optische Qualität erzielt ist. Das Ergebnis dieses Schritts ist in Fig 4d dargestellt.

21

Im nächsten Schritt wird der polierte Top-Deckelwafer 2 von dem Formwafer 21 befreit, indem der Formwafer 21 nasschemisch weggeätzt wird.

Der Bottom-Deckelwafer 3 wird beidseitig plan oder mit einer Vertiefung 16 auf der dem
5 Trägerwafer zugewandten Seite ausgeführt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden auf die nach dem Bondprozess zur Trägerwaferenebene parallelen Flächen der Deckelwafer 2, 3, die eine optische Funktion haben, Entspiegelungsschichten 10 aus einem Schichtsystem aus Magnesiumfluorid und Titanoxid aufgedampft. Diese Entspiegelungsschichten 10 müssen
10 anschließend von den Kontaktbereichen 7 wieder entfernt werden (Fig 4e), da die Entspiegelungsschichten 10 den Bondprozess stören könnten.

Das Entfernen erfolgt durch eine Politur, die nur die Kontaktbereiche 7, nicht aber die Entspiegelungsschichten 10 in den Vertiefungen 4, 16 angreift.

Die Deckelwafer 2, 3 werden abschließend auf den Trägerwafer 1 gebondet.

Bezugszeichenliste

- 1 Trägerwafer
- 2 Top-Deckelwafer
- 3 Bottom-Deckelwafer
- 5 4 Vertiefungen im Top-Deckelwafer
- 5 Hohlraum
- 6 Vertiefungen für die Anschlussfelder (Pads)
- 7 Kontaktbereich zwischen Trägerwafer und Top-Deckelwafer
- 8 mechanischer Anschlag
- 10 9 Anschlussfelder (Pads)
- 10 Entspiegelungsschicht
- 11 Torsionsfeder
- 12 Mikrospiegel
- 13 Optische Fenster
- 15 14 Getter-Material
- 15 Versteifungs- und/oder Antriebsstruktur
- 16 Vertiefung im Bottom-Deckelwafer
- 21 Formwafer
- 22 polierte Oberfläche für die optischen Fenster
- 20 23 Graben für Kontaktbereich
- 24 Graben für Anschlag
- 25 Rückseite des Top-Deckelwafers
- 26 Kontaktbereich des Top-Deckelwafers
- 27 Grabenboden für Kontaktbereich zwischen Trägerwafer und Top-Deckelwafer

Patentansprüche

1. Gehäuse für ein oder mehrere mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelemente (12), aufweisend ein Trägersubstrat (1), mit mindestens einem mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement (12), und mindestens ein
5 Deckelsubstrat (2, 3), das mit dem Trägersubstrat (1) in Verbindung steht, wobei durch das Trägersubstrat (1) und das mindestens eine Deckelsubstrat (2) mindestens ein Hohlraum (5) gebildet wird, der das mindestens eine mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelement (12) zumindest teilweise einschließt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem mindestens einen mikromechanischen und/oder
10 mikrooptischen Bauelement (12) zugewandte Seite mindestens eines Deckelsubstrats (2, 3) ein optisches Fenster (13) und einen mechanischen Anschlag (8) aufweist.
2. Gehäuse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine mechanische Anschlag (8) aus der dem mindestens einen mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement (12) zugewandten Fläche der optischen Fenster
15 herausragt.
3. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Deckelsubstrat (2, 3) mindestens eine Vertiefung (4) aufweist.
4. Gehäuse nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Vertiefung (4) in dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) tiefer 900µm ist.
- 20 5. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem mindestens einen mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement (12) um einen beweglichen Mikrospiegel handelt.

6. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Hohlraum (5) hermetisch dicht von der Umgebung abgeschlossen ist.
7. Gehäuse nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in dem mindestens einen Hohlraum (5) unterhalb des atmosphärischen Luftdrucks liegt.
- 5 8. Gehäuse nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in dem mindestens einen Hohlraum (5) zwischen etwa 10^{-3} mbar und etwa 1 mbar liegt.
9. Gehäuse nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Hohlraum (5) mit einem Inertgas gefüllt ist.
- 10 10. Gehäuse nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Hohlraum (5) mit Argon gefüllt ist.
11. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägersubstrat (1) ein Silizium-Wafer ist.
12. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Deckelsubstrat (2, 3) zumindest in Teilbereichen Glas und/oder
15 ein anderes Vitroid enthält oder daraus besteht.
13. Gehäuse nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Glas um ein Silikatglas handelt.
14. Gehäuse nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Silikatglas ein Borsilikatglas ist.
- 20 15. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine optische Fenster (13) eine Ebenheits- und/oder

Planparallelitätsabweichung kleiner einem Viertel der Wellenlänge der bei der Anwendung eingesetzten elektromagnetischen Strahlung aufweist.

16. Gehäuse nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine optische Fenster (13) eine Ebenheits- und/oder Planparallelitätsabweichung kleiner
5 gleich 180 nm, bevorzugt kleiner gleich 110 nm aufweist.
17. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine optische Fenster (13) eine quadratische Oberflächenrauheit von kleiner gleich 15nm aufweist.
18. Gehäuse nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine
10 optische Fenster (13) eine quadratische Oberflächenrauheit von kleiner gleich 5nm aufweist.
19. Gehäuse nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mindestens eine Deckelsubstrat (2, 3) zumindest teilweise mit mindestens einer Veredlungsschicht (10) versehen ist.
- 15 20. Gehäuse nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der mindestens einen Veredlungsschicht (10) um eine Entspiegelungsschicht handelt.
21. Gehäuse nach den Ansprüchen 19 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der mindestens einen Veredlungsschicht (10) um eine Antistatik-Schicht handelt.
22. Gehäuse nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antistatik-Schicht
20 ITO enthält oder daraus besteht.

23. Gehäuse nach einem der Ansprüche 19 oder 21 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der mindestens einen Veredlungsschicht (10) um eine Reflexionsschicht und/oder Absorberschicht handelt.
24. Verfahren zur Herstellung eines Gehäuses nach den Ansprüchen 1 bis 23 mit
5 folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Trägersubstrats (1) mit mindestens einem mikromechanischen und/oder mikrooptischen Bauelement (12)
 - Bereitstellen mindestens eines Deckelsubstrats (2, 3), das mindestens ein optisches Fenster (13) und mindestens einen mechanischen Anschlag (8)
10 aufweist
 - Verbinden des Trägersubstrats (1) mit dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) derart, dass das Trägersubstrat (1) und das mindestens eine Deckelsubstrat (2, 3) mindestens einen Hohlraum (5) bilden, der das mindestens eine mikromechanische und/oder mikrooptische Bauelement (12)
15 zumindest teilweise einschließt.
25. Verfahren nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein mittels Glasfließ-Verfahren strukturiertes Deckelsubstrats (2, 3) bereitgestellt wird.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Strukturieren des mindestens einen Deckelsubstrats (2, 3), zumindest die
20 optischen Fenster (13) zumindest teilweise mit einer Entspiegelungsschicht und/oder einer Antistatik-Schicht und/oder einer Reflexionsschicht und/oder einer Absorberschicht (10) versehen werden.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbinden des Trägersubstrats (1) mit dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) durch anodisches und/oder eutektisches Bonden und/oder Glasfritt-Bonden erfolgt.
28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass**
5 das Verbinden des Trägersubstrats (1) mit dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) bei einem Druck unterhalb des atmosphärischen Luftdrucks erfolgt.
29. Verfahren nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbinden des Trägersubstrats (1) mit dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) bei einem Druck zwischen etwa 10^{-3} mbar und etwa 1 mbar erfolgt.
- 10 30. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verbinden des Trägersubstrats (1) mit dem mindestens einen Deckelsubstrat (2, 3) in einer Inertgas-Atmosphäre erfolgt.
31. Verfahren nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Inertgas-Atmosphäre Argon enthält oder daraus besteht.
- 15 32. Verwendung des Verfahrens nach den Ansprüchen 24 bis 31 auf Wafer-Ebene.
33. Verwendung des erfindungsgemäßen Gehäuses nach den Ansprüchen 1 bis 23 zur Verkapselung von beweglichen Mikrospiegeln und/oder Mikrospiegel-Arrays.

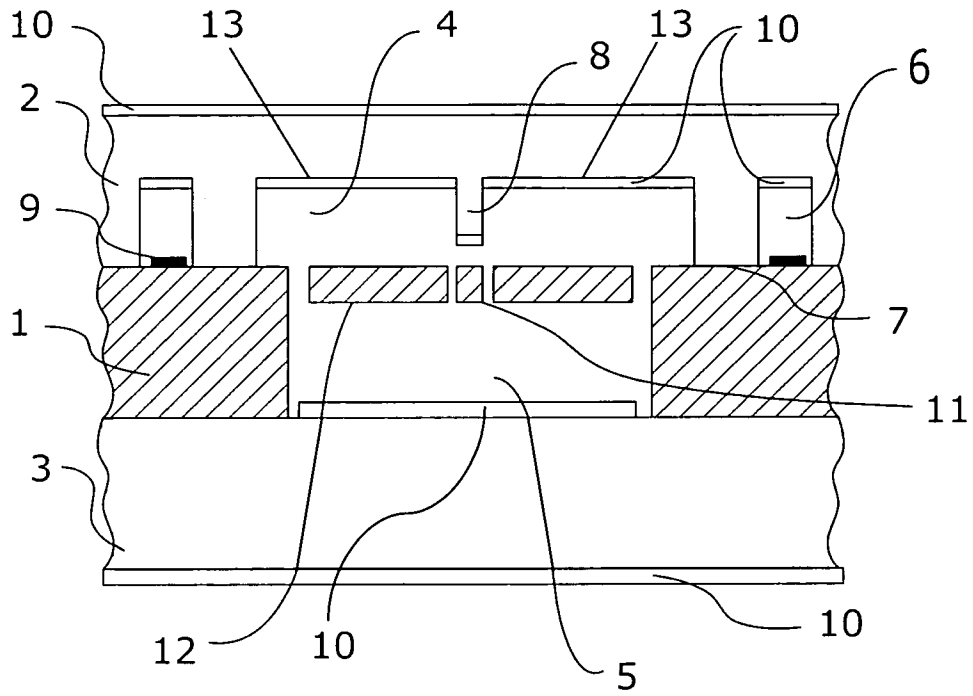


Fig. 1

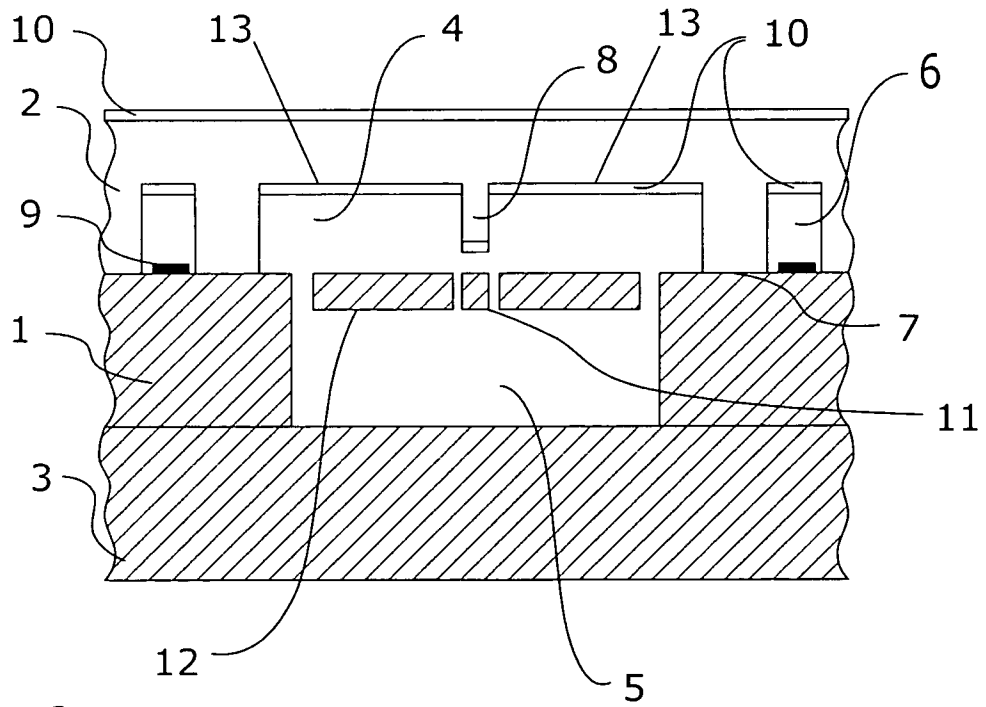


Fig. 2

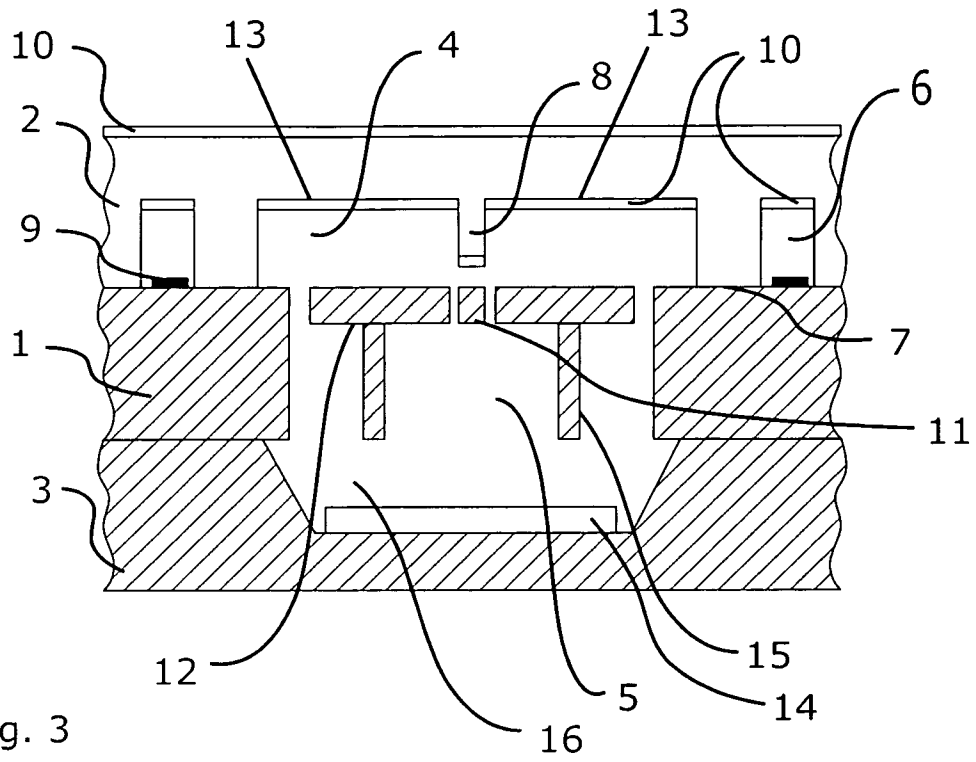
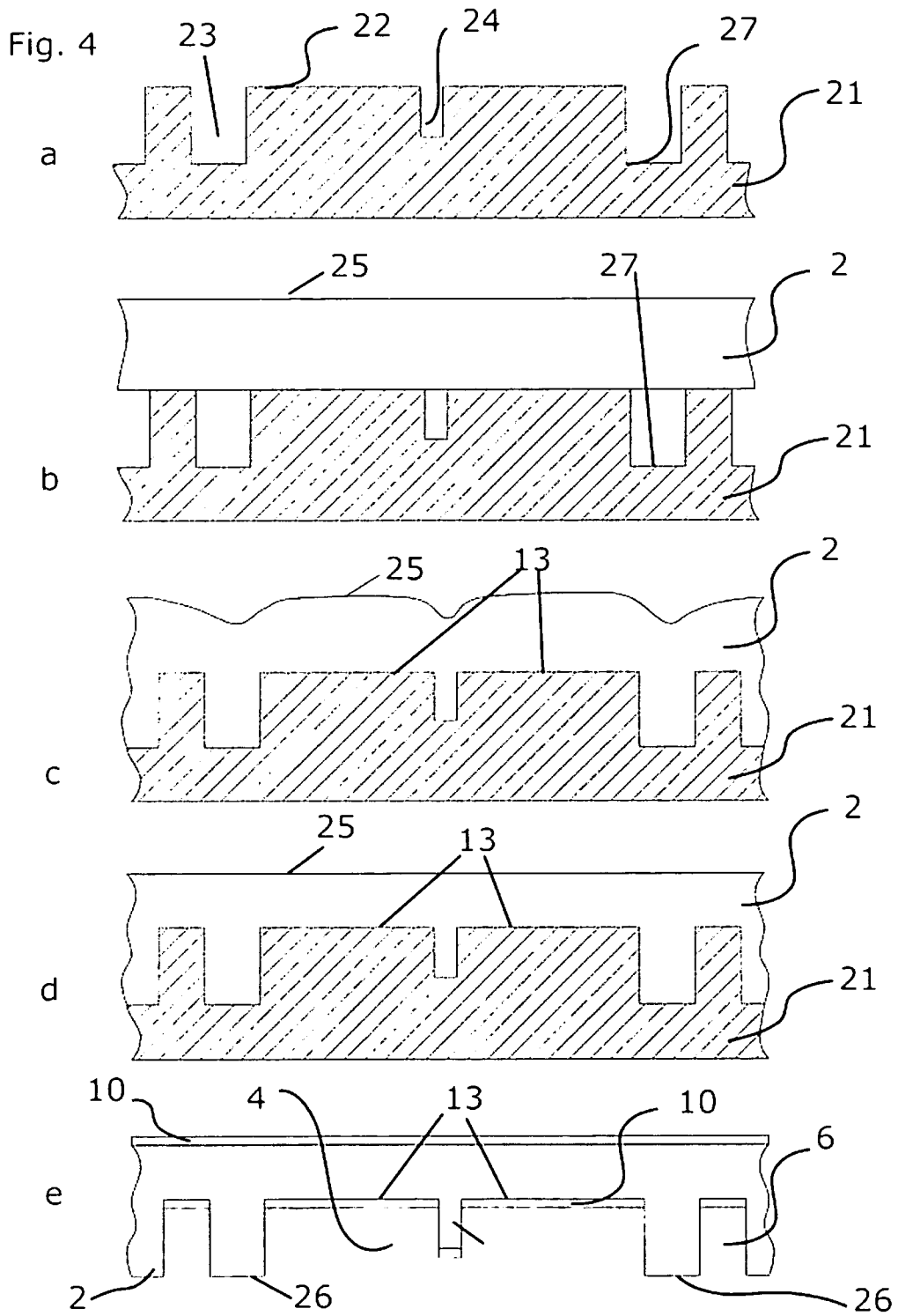


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2008/000321

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B81B7/00

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B81B

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 practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01/04680 A (INPUT OUTPUT INC [US]) 18 January 2001 (2001-01-18) figures 2,16,18,19	1-33
X	US 2002/178817 A1 (SELVAKUMAR ARJUN [US] ET AL) 5 December 2002 (2002-12-05) figures 4,6,7a-7l,9ac	1-33
X	US 2004/025589 A1 (KURLE JUERGEN [DE] ET AL) 12 February 2004 (2004-02-12) figures 2,5 paragraph [0015]	1-33
A	US 2006/144143 A1 (GOGOI BISHNU P [US] ET AL) 6 July 2006 (2006-07-06) figure 1	1-33
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*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)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>*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</p> <p>*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</p> <p>*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.</p> <p>*Z* document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search 10 Juni 2008	Date of mailing of the international search report 16/06/2008
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer McGinley, Colm
---	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/000321

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/272413 A1 (VAGANOV VLADIMIR [US] ET AL) 7 December 2006 (2006-12-07) figures 6,10-13 -----	1-33

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/000321

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0104680	A	18-01-2001	AU 6091100 A CA 2378736 A1 EP 1200865 A1 JP 2003527621 T NO 20020140 A US 6315423 B1 US 2002012180 A1	30-01-2001 18-01-2001 02-05-2002 16-09-2003 12-03-2002 13-11-2001 31-01-2002
US 2002178817	A1	05-12-2002	US 2004255675 A1	23-12-2004
US 2004025589	A1	12-02-2004	WO 0212906 A1 DE 10038099 A1 EP 1307750 A1 JP 2004506203 T	14-02-2002 21-02-2002 07-05-2003 26-02-2004
US 2006144143	A1	06-07-2006	NONE	
US 2006272413	A1	07-12-2006	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/000321

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B81B7/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B81B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 01/04680 A (INPUT OUTPUT INC [US]) 18. Januar 2001 (2001-01-18) Abbildungen 2,16,18,19	1-33
X	US 2002/178817 A1 (SELVAKUMAR ARJUN [US] ET AL) 5. Dezember 2002 (2002-12-05) Abbildungen 4,6,7a-7l,9ac	1-33
X	US 2004/025589 A1 (KURLE JUERGEN [DE] ET AL) 12. Februar 2004 (2004-02-12) Abbildungen 2,5 Absatz [0015]	1-33
A	US 2006/144143 A1 (GOGOI BISHNU P [US] ET AL) 6. Juli 2006 (2006-07-06) Abbildung 1	1-33
	-/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*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)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>*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</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
10. Juni 2008	16/06/2008
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter McGinley, Colm

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/000321

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2006/272413 A1 (VAGANOV VLADIMIR [US] ET AL) 7. Dezember 2006 (2006-12-07) Abbildungen 6,10-13 -----	1-33

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000321

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0104680	A	18-01-2001	AU 6091100 A	30-01-2001
			CA 2378736 A1	18-01-2001
			EP 1200865 A1	02-05-2002
			JP 2003527621 T	16-09-2003
			NO 20020140 A	12-03-2002
			US 6315423 B1	13-11-2001
			US 2002012180 A1	31-01-2002
US 2002178817	A1	05-12-2002	US 2004255675 A1	23-12-2004
US 2004025589	A1	12-02-2004	WO 0212906 A1	14-02-2002
			DE 10038099 A1	21-02-2002
			EP 1307750 A1	07-05-2003
			JP 2004506203 T	26-02-2004
US 2006144143	A1	06-07-2006	KEINE	
US 2006272413	A1	07-12-2006	KEINE	