

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
8. Oktober 2009 (08.10.2009)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2009/121196 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*E06B 3/663* (2006.01) *E06B 3/673* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2009/000107
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
30. März 2009 (30.03.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
498/08 2. April 2008 (02.04.2008) CH
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): EMPA EDGENÖSSISCHE MATERIAL-PRÜFUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT [CH/CH]; Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOEBEL, Matthias [CH/CH]; Opfikonerstrasse 32, CH-8304 Wallisellen (CH). MANZ, Heinrich [CH/CH]; Talweg 185, CH-8610 Uster (CH).
- (74) Anwalt: SCHMAUDER & PARTNER AG; Zwängiweg 7, CH-8038 Zürich (CH).

- (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, ST, 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, 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, MK, 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 (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: COMPOSITE OBJECT AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

(54) Bezeichnung: VERBUNDOBJEKT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

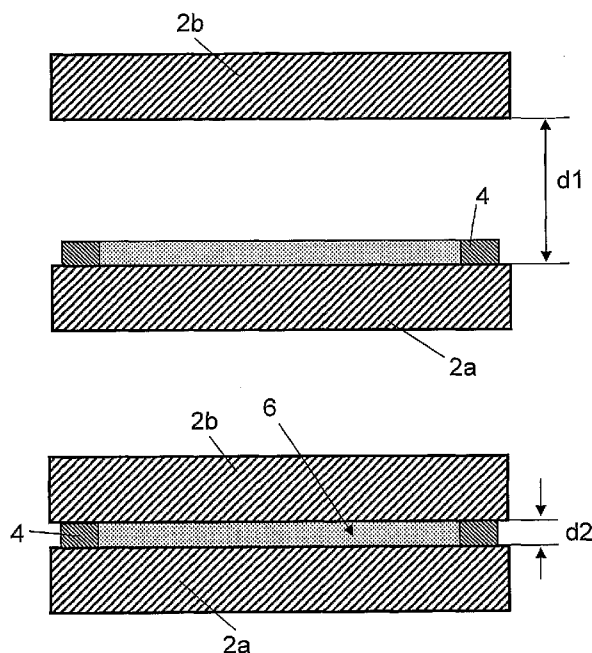


Fig. 1a

Fig. 1b

(57) Abstract: A composite object comprises two components (2a, 2b) made of an oxidic material, which at an elevated temperature conducts ions, said components being connected to each other in a medium-tight manner by way of a solder bridge (4) in a connecting region (6) located in between. In order to form a reliable connection, it is proposed that the solder bridge is formed by a low-melting tin alloy that has a weight proportion of at least 65% tin and a melting point of no more than 350°C and comprises at least one activating metal as an alloying constituent.

(57) Zusammenfassung: Ein Verbundobjekt umfasst zwei Bauelemente (2a, 2b) aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, die in einem dazwischen befindlichen Verbindungsbereich (6) über eine Lotbrücke (4) mediumdicht miteinander verbunden sind. Zur Bildung einer verlässlichen Verbindung wird vorgeschlagen, dass die Lotbrücke aus einer niedrig schmelzenden Zinnlegierung mit einem Gewichtsanteil von mindestens 65%w Zinn und einem Schmelzpunkt von höchstens 350°C gebildet ist, welche min-

destens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält.

## Verbundobjekt und Verfahren zu dessen Herstellung

### Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verbundobjekt gemäss Oberbegriff des Anspruchs 1  
5 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

### Stand der Technik

Gattungsgemässe Verbundobjekte, beispielsweise in Form von hochisolierenden  
Verbundscheiben oder Verpackungen für mikroelektromechanische Systeme  
10 (MEMS) und in der Halbleitertechnik, sind bereits in grosser Anzahl bekannt.

In Bezug auf erstere Anwendung lässt sich durch eine sandwichartig aufgebaute  
Zweifachscheibe, deren Zwischenraum unter Vakuum gehalten wird, eine erheb-  
liche Verbesserung des thermischen Isolationsvermögens erreichen. Analoges  
15 gilt auch für Mehrfachscheiben.

Zur Herstellung derartiger Glasverbundobjekte ist es bekannt, die miteinander zu  
verbindenden Bauelemente, insbesondere also Glasscheiben, durch einen Fü-  
geprozess aber insbesondere einen Lötprozess hermetisch zusammenzufügen.  
20 Zumeist wird der Lötprozess unter Atmosphärendruck durchgeführt und danach  
wird der gebildete Zwischenraum evakuiert.

Besonders gebräuchlich sind die vier nachfolgend erwähnten Lotmaterialien.

25 Das Patent US 5,902,652 beschreibt die Verwendung eines niedrig schmelzen-  
den Glaslots, um zwei Glasscheiben miteinander zu verbinden. Der Fügevor-  
gang wird bei ungefähr 500°C durchgeführt und erfordert typischerweise mehre-  
re Stunden.

30 Die Patentveröffentlichung US 2002/0088842 beschreibt die Verwendung eines  
mehrheitlich auf Zinn basierenden metallischen Lotes. Die typischen Schmelz-

temperaturen liegen im Bereich von 250 bis 450°C. Bei dieser Methode müssen die Glasoberflächen in der als Verbindungsbereich vorgesehenen Randregion zunächst metallisiert werden, damit eine durch das Lot gut benetzbare Oberfläche gebildet wird. Andernfalls lässt sich keine stabile Lotbrücke bilden.

5

Eine Erweiterung dieser Technik ist im europäischen Patent EP 1 199 289 B1 beschrieben. Im besagten Dokument wird das direkte Löten von aktiviertem Zinn- bzw. Zinklot auf Glasoberflächen ohne Vormetallisierung beschrieben. Die dadurch erhaltene Verbindung ist jedoch einer anodischen Verbindung bezüglich mechanischer Festigkeit und Langzeitstabilität unter Belastung deutlich unterlegen und dürfte sich daher als Randverbund für evakuierte Isoliergläser kaum praktisch anwenden lassen.

10

Das Patent US 6,444,281 beschreibt die Verwendung eines niedrig schmelzenden, auf Indium basierten Drahtes zur Bildung einer Dichtung. Dadurch lässt sich der Fügungsvorgang bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen unter 200°C durchführen, und es ist keine vorgängige Metallisierung der Glasoberfläche erforderlich. Allerdings muss die mechanische Stabilität des Verbunds durch zusätzliche Mittel, insbesondere durch eine ausserhalb der Dichtung angebrachte Epoxy-Verklebung verstärkt werden. Am meisten spricht jedoch das seltene Vorkommen von Indium gegen eine kommerzielle Anwendung einer solchen Technologie.

20

Als weiterer Ansatz ist die Technik des anodischen Bondings zu erwähnen.

25

Das Patent US 3,470,348 beschreibt die Bildung einer anodischen Verbindung zwischen einem oxidischen Material, das bei erhöhter Temperatur ionenleitend wird, mit einem Metall in flüssigem Zustand. Dabei wird das flüssige Metall auf ein positives elektrisches Potential gegenüber dem Isolator gelegt. Durch Erhitzen des Isolators steigt dessen elektrische Leitfähigkeit erheblich an, woraufhin ein elektrischer Strom zu fließen beginnt. Bei einer elektrischen Stromdichte von

30

beispielsweise  $20 \mu\text{A}/\text{mm}^2$  lässt sich in ca. 30 s eine chemische Diffusions-  
schicht und damit eine Verbindung zwischen dem Metall und dem Isolator bilden.  
Allerdings sind die dort vorgeschlagenen Lotmetalle entweder hochschmelzend,  
toxisch oder sie bilden in dieser Form mit Glas keine mechanisch belastbare  
5 Verbindung aus.

Die Anwendung des anodischen Bondings zur Herstellung einer Verbundglas-  
scheibe ist im Patent US 4,393,105 beschrieben. Darin wird vorgeschlagen, zwei  
Glasscheiben und einen als Abstandhalter wirkenden Metallrahmen zusam-  
10 menzufügen. Insbesondere wird ein Metallrahmen aus Aluminium mit einem U-  
Profil vorgeschlagen, wovon je ein Schenkel an eine zugeordnete Fläche einer  
der beiden Glasscheiben anliegt. Durch anodisches Bonding soll sodann eine  
mediumdichte Verbindung zwischen dem Metallrahmen und den Glasscheiben  
hergestellt werden. Dabei erweist sich jedoch als problematisch, dass mit einem  
15 derartigen U-Profil grossflächige massive Stützpfeiler erforderlich sind, welche  
jedoch eine höchst unerwünschte Wärmeleitung ergeben. Zudem ist die Herstel-  
lung einer über den gesamten Umfang dichten anodischen Fügung auf diese Art  
und Weise kaum realisierbar, da ein gleichmässiger Kontakt mit dem Glas über  
den gesamten Umfang nicht zu erreichen ist.

20

Auch für die Herstellung von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) wur-  
de das anodische Bonding in Betracht gezogen, konnte sich aber nicht durchset-  
zen. Beispielsweise beschreiben Goyal et al. ein Verfahren zum Fügen zweier  
Pyrex-Substrate mit Zinnlot, bei dem die Substrate in den zu fügenden Zonen  
25 zunächst mit einem dünnen Cr/Au Film versehen werden müssen (A. Goyal, J.  
Cheong and S. Tadigadapa, *Tin-based solder bonding for MEMS fabrication and  
packaging applications, J. Micromech. Microeng. 14 (2004) 819 - 825*). In der  
Einführung erwähnen Goyal et al. zwar kurz das anodische Bonding, verwerfen  
es aber in Anbetracht verschiedener angeblicher Nachteile.

30

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verbundobjekt der eingangs genannten Art zu verbessern und ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben.

- 5 Die Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 sowie durch das Herstellungsverfahren nach Anspruch 10.

Das erfindungsgemässe Verbundobjekt umfasst zwei Bauelemente, die in einem dazwischen befindlichen Verbindungsbereich über eine Lotbrücke mediumdicht  
10 miteinander verbunden sind. Dabei weist zumindest eines der Bauelemente zumindest auf der dem Verbindungsbereich zugewandten Seite eine aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildete Aussenschicht auf.

- 15 Die Lotbrücke ist aus einer niedrig schmelzenden Zinnlegierung mit einem Gewichtsanteil von mindestens 65%<sub>w</sub> Zinn und einem Schmelzpunkt von höchstens 350°C gebildet, welche mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält. Das Symbol %<sub>w</sub> steht hier und nachfolgend für Gewichtsprozen-  
20 te. Dabei ist die Lotbrücke mit jedem der beiden Bauelemente, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet ist, durch anodisches Bonding (AB) verbunden. Die Legierung kann auch mehrere aktivierende Metalle enthalten.

In einer ersten Ausgestaltung ist zumindest eines der beiden Bauelemente voll-  
25 umfänglich aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet.

In einer weiteren Ausgestaltung ist zumindest eines der beiden Bauelemente aus einem elektrisch isolierenden Kernmaterial gebildet, das mit einer Aussenschicht  
30 aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material umgeben ist.

In noch einer weiteren Ausgestaltung ist zumindest eines der beiden Bauelemente aus einem elektrisch leitenden Kernmaterial gebildet, das zumindest mit einer Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material versehen ist.

5

In noch einer weiteren Ausgestaltung ist eines der beiden Bauelemente aus einem Kernmaterial gebildet, das zumindest mit einer Aussenschicht aus einem mit Zinnlot konventionell wechlötbaren Material versehen ist.

- 10 Dadurch, dass die als Lotmaterial verwendete Zinnlegierung einen niedrigen Schmelzpunkt aufweist, kann der Fügeprozess bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen durchgeführt werden. Demzufolge werden die Eigenschaften der Bauelemente nicht beeinträchtigt. So können beispielsweise Bauelemente aus getempertem Glas verwendet werden und etwaig vorhandene Beschichtungen
- 15 wie niedrigemittierende Schichten (engl: "low E coating") bleiben unbeschädigt. Dadurch, dass die Zinnlegierung mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält, lässt sich die Glasoberfläche wesentlich besser mit dem flüssigen Lotmaterial benetzen, was für die Bildung der mediumdichten Verbindung essenziell ist.

20

Gemäss einem weiteren Erfindungsaspekt wird ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemässen Verbundobjekts angegeben, umfassend die Schritte:

- 25 a1) Aufheizen der beiden Bauelemente auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur der für die Lotbrücke vorgesehenen Zinnlegierung, wobei eines der Bauelemente zuvor mit einer entsprechend dem mediumdicht zu verbindenden Verbindungsbereich zugeschnittenen Lage der Zinnlegierung belegt wurde;
- 30 a2) Zusammenbringen der beiden Bauelemente derart, dass dazwischen der Verbindungsbereich mit darin befindlicher Zinnlegierung ausgebildet wird;

- 5 a3) Bildung der Lotbrücke durch anodisches Bonding AB in flüssigem Zustand, indem die im Verbindungsbereich befindliche Zinnlegierung mit einer positiven Spannung von ungefähr 300 bis 2'000 V gegenüber jedem der Bauelemente beaufschlagt wird, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet ist;

10 wobei die besagte Zinnlegierung einen Gewichtsanteil von mindestens 65%<sub>w</sub> Zinn und einen Schmelzpunkt von höchstens 350°C aufweist und mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält.

Gemäss noch einem weiteren Erfindungsaspekt umfasst ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemässen Verbundobjekts die Schritte:

- 15 b1) Aufheizen der beiden Bauelemente auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur der für die Lotbrücke vorgesehenen Zinnlegierung;
- b2) Zusammenbringen der beiden Bauelemente derart, dass dazwischen ein mit der Lotbrücke mediumdicht zu verbindender Verbindungsbereich freige-  
20 lassen wird;
- b3) Eintragen der Zinnlegierung in flüssigem Zustand derart, dass der Verbindungsbereich damit aufgefüllt wird;
- 25 b4) Bildung der Lotbrücke durch anodisches Bonding AB in flüssigem Zustand, indem die im Verbindungsbereich befindliche Zinnlegierung mit einer positiven Spannung von 300 bis 2'000 V gegenüber jedem der Bauelemente (2a, 2b) beaufschlagt wird, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden  
30 Material gebildet ist;

wobei die besagte Zinnlegierung einen Gewichtsanteil von mindestens 65%<sub>w</sub> Zinn und einen Schmelzpunkt von höchstens 350°C aufweist und mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält.

- 5 Die beiden oben beschriebenen Verfahren unterscheiden sich insbesondere durch die Anbringungsart des Lotmaterials. Im ersten Fall wird ein entsprechender Zuschnitt der Zinnlegierung, beispielsweise ein dünner rahmenförmiger Streifen, auf eines der Bauelemente gelegt. In der Folge werden die beiden Bauelemente derart zusammengebracht, dass der besagte Zuschnitt sandwichartig dazwischen zu liegen kommt. Im zweiten Fall werden zunächst die beiden Bauelemente derart zusammengebracht, dass dazwischen ein mit dem Lotmaterial auszufüllender Verbindungsbereich frei bleibt. In der Folge wird die Zinnlegierung in flüssiger Form in den besagten Verbindungsbereich zwischen den beiden Bauelementen eingefüllt.

15

- Wenngleich im vorliegenden Zusammenhang stets die Verbindung zweier Bauelemente beschrieben wird, kann das erfindungsgemässe Konzept ohne Weiteres auch auf Strukturen mit mehr als zwei Bauelementen erweitert werden. Es sind dann jeweils zwei Bauelemente in erfindungsgemässer Art und Weise miteinander verbunden.

20

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

- 25 Unter dem Begriff "aktivierendes Metall" werden im vorliegenden Zusammenhang grundsätzlich jegliche metallische Elemente verstanden, welche eine Verbindung mit dem oxidischen Material der betreffenden Bauelemente vereinfachen d.h. welche leichter als Zinn anodisch oxidiert werden sowie ein mechanisch stabiles, oxidisches Gefüge im Grenzbereich auszubilden vermögen beziehungsweise sich mit dem Glas gut verbinden.

30



Für Bauelemente aus Glas wird als aktivierendes Metall vorteilhafterweise Aluminium, Beryllium, Magnesium, Kalzium, Lithium, Natrium, Kalium, Silizium, Germanium, Gallium oder Indium zulegiert, wobei vorzugsweise ein Metall aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Beryllium, Magnesium, Gallium, Indium, Lithium und Natrium gewählt wird. Besonders bevorzugt handelt es sich dabei um Aluminium, Lithium und Beryllium. Es hat sich gezeigt, dass mit Zinn-Aluminium-Legierungen praktisch keine sichtbare Oxidbildung an der Zinnlot-Glas-Grenzfläche stattfindet, was für die Ausbildung einer uniformen und mediumdichten Verbindung wesentlich ist.

10

Vorzugsweise beträgt der Gewichtsanteil an aktivierendem Metall im Zinnlot mindestens 0.005%<sub>w</sub> und höchstens 5%<sub>w</sub>.

Grundsätzlich kann die Lotbrücke die verschiedensten geometrischen Ausgestaltungen haben. So können die beiden Bauelemente über flecken- oder streifenförmige Lotbrücken miteinander verbunden werden. Um jedoch zwischen den beiden Bauelementen einen mediumdicht abgeschlossenen Innenraum auszubilden, ist die Lotbrücke vorteilhafterweise umlaufend ausgestaltet.

Die Dicke der Lotbrücke, das heisst der Abstand zwischen den beiden Bauelementen im Verbindungsbereich, kann grundsätzlich in einem weiten Bereich gewählt werden. Als untere Grenze hat sich eine Dicke von ungefähr 5 µm bewährt, um eine überall durchgehende Lotbrücke zu gewährleisten. Die maximale Dicke der Lotbrücke unterliegt keinen besonderen Begrenzungen und beträgt typischerweise ungefähr 1 mm, was primär herstellungstechnische, aber auch Stabilitäts- und Kostengründe hat.

Bei einer Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Bauelemente als Glasscheiben ausgebildet. Insbesondere sind diese zur Verwendung als hochisolierende Verbundscheibe mit einem mediumdicht abgeschlossenen Innenraum versehen, der unter Hochvakuum steht.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Bauelemente als Glas- und / oder Keramikplättchen ausgebildet und beispielsweise zur Verwendung als Verpackung für ein mikroelektromechanisches oder mikroelektronisches Bauteil vorgesehen.

5

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens werden die Bauelemente vor oder während des Schrittes a1) beziehungsweise b1) einem Reinigungsprozess unterzogen. Es versteht sich, dass der Reinigungsprozess entsprechend dem Material der Bauelemente und dem Anwendungsbereich des Verbundobjekts gewählt wird.

10

Beispielsweise ist für die Herstellung von hochisolierende Verbundscheiben zu berücksichtigen, dass Wasser - wenn auch nur in geringen Mengen - sehr stark an der Glasoberfläche haftet und allein durch Erwärmen (auch weit über 200°C) nicht vollständig entfernt werden kann. Um ein höchst unerwünschte Wasserdesorption im Zwischenraum der fertiggestellten Verbundscheibe zu vermeiden, sollte das Wasser möglichst vollständig entfernt werden. Weiterhin müssen auch etwaig vorhandene Kohlenstoffverbindungen entfernt werden, da sie sonst durch das UV-Licht der Sonne mit der Zeit zu kleineren, flüchtigen Molekülen abgebaut werden könnten, was ebenfalls zu einem unerwünschten Druckanstieg führt. Zum Entfernen von Wasser und Kohlenstoffverbindungen können an sich bekannte Methoden angewendet werden, wobei eine solche Vorbehandlung zweckmässigerweise im Feinvakuum, d.h. bei einem Restdruck in der Grössenordnung von ungefähr 1 mbar erfolgt. Dabei können Kohlenstoffverbindungen durch Behandlung mit UV-Licht und/oder Ozon beseitigt werden, und Wasser kann durch Aufheizen auf >250°C im Hochvakuum desorbiert werden. Durch Sputtern (z.B. mit Argonionen) können Wasser und Kohlenstoffverbindungen ebenfalls effizient entfernt werden.

15

20

25

30

Je nach Anwendungsbereich und insbesondere Fläche der zu verbindenden Bauelemente ist es vorteilhaft oder gar erforderlich, dass beim Zusammenbrin-

gen der beiden Bauelemente mindestens ein Abstandshalter zwischen diese angeordnet wird.

Grundsätzlich lässt sich das erfindungsgemässe Verfahren unter Umgebungsluft  
5 oder auch unter einer Inertgasatmosphäre durchführen. Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden jedoch die Schritte a1) bis a3), beziehungsweise die Schritte b1) bis b4) unter Vakuum, vorzugsweise bei einem Restdruck von höchstens ungefähr  $10^{-4}$  mbar durchgeführt. Wichtig ist dabei, dass die beim Aufheizen der Bauelemente abgegebenen Dämpfe bzw.  
10 Gase ungehindert abgepumpt werden können. Es ist also dafür zu sorgen, dass die Bauelemente während des Entgasens noch genügend voneinander beabstandet sind und insbesondere keine Totvolumina vorhanden sind.

Beim Arbeiten im Vakuum oder unter Inertgas hat sich gezeigt, dass die Anwesenheit einer geringen Menge eines Oxids des aktivierenden Metalls, beispielsweise mit einem Gewichtsanteil von höchstens 500 ppm, einen vorteilhaften Einfluss auf das Benetzungsverhalten des flüssigen Zinnlegierung hat. Falls die Legierung mehrere aktivierende Metalle enthält, können Oxide aller oder eines Teils der besagten aktivierenden Metalle vorhanden sein. Durch das verbesserte  
20 Benetzungsverhalten wird ein lückenloses Belegen des Verbindungsbereichs mit der flüssigen Zinnlegierung begünstigt, was beispielsweise die Ausbildung eines rundherum durchgehenden, lückenlosen Lotrahmens im flüssigen Zustand ermöglicht.

25 Das gewünschte Metalloxid lässt sich durch Oxidation der aktivierenden Komponente im flüssigen Zustand (z.B.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aus Al) unter wohl definierten Bedingungen (Sauerstoffkonzentration, Temperatur, Reaktordesign und Geometrie, Strömungsverhältnisse) erzeugen, beispielsweise direkt während der Lotherstellung oder vor dem Einbringen in die Hochvakuumumgebung in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre. Alternativ kann das zur Oxidbildung erforderliche Oxidations-  
30

mittel auch als Flüssigkeit (z.B.  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), als Salz (z.B.  $\text{KClO}_4$ ) oder als Salzlösung zudosiert werden, um die erwünschte Menge an Oxid zu erhalten.

Bei der Herstellung von Verbundscheiben wird zudem vor dem anodischen Bonding ein an sich bekanntes Gettermaterial in den vom Verbindungsbereich umschlossenen Bereich zwischen den beiden Glasscheiben ausgelegt.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben, dabei zeigen:

- Fig. 1            zwei Momentaufnahmen einer ersten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Verbundobjektes, in schematischer Schnittdarstellung;
- Fig. 2            den Vorgang des anodischen Bondings, in schematischer Schnittdarstellung;
- Fig. 3            drei Momentaufnahmen einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung eines Verbundobjektes, in schematischer seitlicher Ansicht;
- Fig. 4            eine erste Ausgestaltung des Verbundobjekts, mit zwei Bauelementen aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material;
- Fig. 5            eine zweite Ausgestaltung des Verbundobjekts, mit einem oberen Bauelement aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie einem unteren Bauelement mit einem elektrisch isolierenden Kern, der mit einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material beschichtet ist;

- Fig. 6 eine dritte Ausgestaltung des Verbundobjekts, mit einem oberen Bauelement aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie einem unteren Bauelement mit einem elektrisch leitenden Kern, der obenseitig mit einem bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material beschichtet ist;
- Fig. 7 eine vierte Ausgestaltung des Verbundobjekts, mit einem oberen Bauelement aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie einem unteren Bauelement, das obenseitig mit einem herkömmlich wechlötbaren Material beschichtet ist; und
- Fig. 8 eine Übersichtsdarstellung der Herstellung einer hochisolierenden Verbundscheibe.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

Bei der in den Fig. 1a und 1b veranschaulichten Ausführungsform werden zunächst zwei plattenförmige Glaselemente 2a und 2b bereitgestellt, die zuvor einem Reinigungsschritt unterzogen wurden. Die beiden Glaselemente werden im Wesentlichen horizontal ausgerichtet und anfänglich in einem Abstand d1 übereinander angeordnet wie in der Fig. 1a dargestellt. Der Abstand d1 ist so zu wählen, dass anschliessend ein problemloses Entgasen möglich ist, und beträgt demnach beispielsweise etwa 5 cm. Das untere Glaselement 2a wird mit einer Lage 4 einer Zinnlegierung belegt. Wie nachfolgend noch näher erläutert wird, handelt es sich hierbei um eine niedrig schmelzende Zinnlegierung mit einem Schmelzpunkt von höchstens 350°C, welche mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält. Die geometrische Form der Lage 4 wird entsprechend dem mediumdicht zu verbindenden Verbindungsbereich zugeschnitten. Beispielsweise wird zur Bildung eines mediumdicht abgeschlossenen Innenraums 6, der zwischen die beiden Glaselementen 2a und 2b zu liegen

kommt, eine in Randnähe der Glaselemente umlaufende, rahmenförmige Lage 4 verwendet.

Anschliessend werden die beiden Glaselemente 2a, 2b sowie die aufgelegte  
5 Zinnlot-Lage 4 auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur der Zinnlegierung, beispielsweise auf 300°C aufgeheizt. Vorteilhafterweise wird dies unter Feinvakuum in einer geeigneten Kammer durchgeführt, wie nachfolgend in den Beispielen näher erläutert. Danach werden die beiden Glaselemente 2a, 2b derart zusammengebracht, dass dazwischen der Verbindungsbereich 6 mit darin  
10 befindlicher Zinnlegierung 4 ausgebildet wird. Beispielsweise wird zwischen den beiden Glaselementen 2a, 2b ein Abstand d2 von ungefähr 200 µm eingestellt. Zweckmässig werden hierfür zuvor entsprechende Abstandhalter auf dem unteren Glaselement 2b ausgelegt.

15 Schliesslich wird eine Lotbrücke durch anodisches Bonding gebildet, indem die im Verbindungsbereich befindliche Zinnlegierung mit einer positiven Spannung von ungefähr 300 bis 2'000 V gegenüber den beiden Glaselementen beaufschlagt wird. Die dabei ablaufenden Vorgänge sind schematisch in der Fig. 2 dargestellt, wobei die beiden Glaselemente 2a, 2b mit der dazwischen befindlichen  
20 Zinnlegierung 4 zwischen zwei geerdete Elektroden E geklemmt werden und die Zinnlegierung 4 mit einer positiven Elektrode  $\oplus$  verbunden wird. In der flüssigen Zinnphase wird die aktivierende Komponente, also z.B. Aluminium, anodisch oxidiert und bildet dabei ein Metallion wie etwa  $\text{Al}^{+3}$ , welches unter dem Einfluss des elektrischen Feldes ins Glas hineindiffundiert. Gleichzeitig diffundieren  
25 Sauerstoffanionen (formal  $\text{O}^-$ ) zum flüssigen Metall hin. Somit wird eine oxidische Diffusionsschicht ausgebildet, welche zu einer mechanischen Verbindung (dem sogenannten "anodic bond") führt. Dies ist nur möglich, da die beiden oxidischen Bauelemente bei der in der Kammer eingestellten Temperatur ionenleitend sind. Zusätzlich zur Migration der gebildeten Metallkationen an der Oberfläche wandern auch im oxidischen Bauelement enthaltene Kationen wie etwa  $\text{Na}^+$   
30 oder  $\text{K}^+$  von der Grenzfläche zum Zinnlot weg; diejenigen Kationen in unmittelba-

rer Nähe der Kathodenseite sorgen dort für den Ladungsausgleich. Aus diesem Grund ist der Strom während des Bondingvorgangs durch die Ionenleitfähigkeit des oxidischen Bauelements bzw. der Temperatur bestimmt.

- 5 Das dem Zinnlot zulegierte aktivierende Metall wirkt einer unerwünschten Bildung von Zinnoxid entgegen, da es selbst leichter oxidiert wird als das Zinn, kann diese aber nicht vollständig verhindern. Eine geringe Menge an Oxid des aktivierenden Metalls ist beim Aufschmelzen des Lots in der Gegenwart von Sauerstoff, also z.B. an der Luft, immer zu erwarten. Kleine Mengen eines solchen Oxids können sogar einen positiven Effekt auf den Gesamtprozess haben:
- 10 Wird das Lot in flüssigem Zustand zwischen zwei Bauelemente eingetragen, sorgt dieses für eine anfängliche "minimale" Benetzung und erlaubt es, einen rundherum durchgehenden Rahmen aus flüssigem Lot auszubilden. In Abwesenheit jeglicher Oxide ist es wahrscheinlich, dass durch mangelnde Benetzung
- 15 das flüssige Lot zur Tropfenbildung neigt, was wiederum einen rundherum zusammenhängenden Rahmen aus flüssigem Lot verunmöglicht.

Bei der in den Fig. 3a bis 3c dargestellten Ausführungsform wird eine etwas andere Schrittsequenz durchlaufen. So werden zunächst die beiden Glaselemente

20 2a und 2b aufgeheizt und entgast. Danach werden die beiden Glaselemente im Wesentlichen horizontal ausgerichtet und in einem Abstand  $d_2$  von beispielsweise 200  $\mu\text{m}$  übereinander angeordnet, was vorteilhafterweise durch entsprechend bemessene Stützkörper bewerkstelligt wird. Der dazwischen ausgebildete Verbindungsbereich 6 ist anfänglich noch frei. Anschliessend wird mittels eines geeigneten Zuführungssystems 8 die Zinnlegierung 4 in flüssigem Zustand von der

25 Seite her derart zwischen die Glaselemente 2a, 2b eingetragen, dass der Verbindungsbereich in gewünschter Weise, vorzugsweise also in dessen Randbereich, aufgefüllt wird. Beispielsweise umfasst das Zuführungssystem einen beheizten Vorratsbehälter 10 sowie einen mit einer Düsenspitze versehenen Zuführschlauch 12. Es versteht sich, dass je nach Situation eine feste Anordnung

30 der Glaselemente mit rundherum drehbarem Zuführungssystem oder aber eine

drehbare Anordnung der Glaselemente mit stationärem Zuführungssystem verwendet werden kann. Schliesslich wird, wie bereits bei der ersten Ausführungsform erläutert, eine Lotbrücke durch anodisches Bonding gebildet, indem die im Verbindungsbereich befindliche Zinnlegierung mit einer positiven Spannung von  
5 ungefähr 300 bis 2'000 V gegenüber den beiden Glaselementen beaufschlagt wird.

Bei einer hier nicht näher dargestellten Abwandlung der soeben erläuterten Anordnung wird das anodische Bonding bereits beim Eintragen der Zinnlegierung  
10 induziert. Zu diesem Zweck wird einerseits die zugeführte Zinnlegierung auf einer positiven Spannung gehalten, andererseits läuft auf jedem der beiden Glaselemente ein auf Erdpotential gehaltenes Ableitungselement synchron zur Spitze des Zuführungssystems mit. In so einem Fall kann auch im Vakuum oder in einer Inertgasatmosphäre ein absolut oxidfreies Lot verwendet werden, da die Benetzung  
15 fortlaufend durch den Bondingvorgang herbeigeführt wird.

Die Fig. 4 bis 7 zeigen verschiedene grundlegende Ausgestaltungen des Verbundobjekts jeweils in der Anordnung, die zur Bildung der Lotbrücke herangezogen wird.  
20

Die in der Fig. 4 dargestellte Ausgestaltung umfasst zwei Bauelemente 2a und 2b, die beide vollumfänglich aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material bestehen. Zur Bildung der Lotbrücke wird die Zinnlegierung 4 auf ein positives Potential gebracht, während die beiden Bauelemente 2a und 2b mittels zugeordneter Metallelektroden E auf Erdpotential gehalten werden. Dabei findet an den Grenzflächen zwischen der Zinnlegierung 4 und den  
25 beiden Bauelementen 2a und 2b anodisches Bonding (AB) statt.

Die in der Fig. 5 dargestellte Ausgestaltung umfasst ein oberes Bauelement 2b aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie  
30 ein unteres Bauelement 2u, das einen elektrisch isolierenden Kern 2i, beispiels-



weise aus Keramik, und eine Beschichtung 2a aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material umfasst. Zur Bildung der Lotbrücke wird analog wie im Fall der Fig. 4 die Zinnlegierung 4 auf ein positives Potential gebracht, während die beiden Bauelemente 2b und 2u mittels zugeordneter Metallelektroden E auf Erdpotential gehalten werden. Dabei findet an den Grenzflächen zwischen der Zinnlegierung 4 und den beiden Bauelementen 2b und 2u anodisches Bonding (AB) statt.

Die in der Fig. 6 dargestellte Ausgestaltung umfasst ein oberes Bauelement 2b aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie ein unteres Bauelement 2v, das einen elektrisch leitenden Kern 2m, beispielsweise eine Metallplatte oder ein Siliziumwafer, umfasst, der obenseitig mit einer Beschichtung 2a aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material versehen ist. Zur Bildung der Lotbrücke wird die Zinnlegierung 4 auf ein positives Potential gebracht, während das obere Bauelement 2b mittels einer zugeordneten Metallelektrode E auf Erdpotential gehalten wird. Der elektrisch leitende Kern 2m des unteren Bauelements 2v wirkt hier als zweite Gegenelektrode. Je nach Dicke der Schicht der ionenleitenden Komponente 2a muss das an der zweiten Gegenelektrode anliegende Potential angepasst werden, was in der Fig. 6 durch eine Spannungsteilerschaltung dargestellt ist. Dabei findet an den Grenzflächen zwischen der Zinnlegierung 4 und den beiden Bauelementen 2b und 2v (bzw. der Grenzfläche 2a) anodisches Bonding (AB) statt.

Die in der Fig. 7 dargestellte Ausgestaltung umfasst ein oberes Bauelement 2b aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material, sowie ein unteres Bauelement 2w, das eine an sich beliebige Substratschicht 2s, beispielsweise ein Siliziumwafer, umfasst, die obenseitig mit einem herkömmlich wechlötbaren Material 2f beschichtet ist. Bei 2f kann es sich auch um ein Mehrschichtensystem handeln. Zur Bildung der Lotbrücke wird die Zinnlegierung 4 auf ein positives Potential gebracht, während das obere Bauelement 2b mittels der zugeordneten Metallelektrode E auf Erdpotential gehalten wird. Dabei findet an

- der Grenzfläche zwischen der Zinnlegierung 4 und dem oberen Bauelement 2b anodisches Bonding (AB) statt, während gleichzeitig zwischen der Zinnlegierung 4 und dem unteren Bauelement 2w eine herkömmliche Lötverbindung gebildet wird. Am unteren Bauelement 2w braucht hierbei kein elektrisches Potential angelegt zu werden.
- 5

Zinnlegierungen für anodisches Bonding

Die Tabelle 1 zeigt eine Auswahl von Zinn-Basisloten mit beilegielter aktivierender Metallkomponente wie sie für die Herstellung von Verbundobjekten verwendet werden können. Das Symbol %<sub>w</sub> steht nachfolgend für Gewichtsprozent.

5

**Tabelle 1:** Zinnbasislote

	Hauptlegierungs-komponente		Aktivierende Komponente		Beilegierungs-komponenten		Schmelz-punkt
	Element	Anteil [% <sub>w</sub> ]	Element	Anteil [% <sub>w</sub> ]	Element	Anteil [% <sub>w</sub> ]	
SnAl0.01% <sub>w</sub>	Sn	99.9	Al	0.01	-	-	232°C
SnAl0.6% <sub>w</sub>	Sn	99.4	Al	0.6	-	-	226°C
SnAl2.0% <sub>w</sub>	Sn	98.0	Al	2	-	-	350°C
SnAgAl 3.5; 0.6% <sub>w</sub>	Sn	95.9	Al	0.6	Ag	3.5	~221°C
SnAgAlCu 3.0; 0.6; 0.5% <sub>w</sub>	Sn	95.9	Al	0.6	Ag, Cu	3.0; 0.5	~217°C
SnMg1.0% <sub>w</sub>	Sn	99	Mg	1	-	-	~225°C
SnMg3.0% <sub>w</sub>	Sn	97	Mg	3	-	-	~213°C
SnMg5.0% <sub>w</sub>	Sn	95	Mg	5	-	-	~204°C
SnAgMgCu 4.0; 1.0; 0.5% <sub>w</sub>	Sn	94.5	Mg	1	Ag, Cu	4.0; 0.5	~216°C
SnAgMgCu 4.0; 3.0; 0.5% <sub>w</sub>	Sn	92.5	Mg	3	Ag, Cu	4.0; 0.5	~204°C
SnAgMgCu 4.0; 5.0; 0.5% <sub>w</sub>	Sn	90.5	Mg	5	Ag, Cu	4.0; 0.5	~204°C
SnGa0.2% <sub>w</sub>	Sn	99.8	Ga	0.2	-	-	231.5°C
SnGa0.6% <sub>w</sub>	Sn	99.4	Ga	0.6	-	-	228°C
SnGa2.0% <sub>w</sub>	Sn	98	Ga	2	-	-	222°C
SnLi0.01% <sub>w</sub>	Sn	99.9	Li	0.01	-	-	232°C
SnLi0.2% <sub>w</sub>	Sn	99.8	Li	0.2	-	-	227°C
SnLi1.2% <sub>w</sub>	Sn	99.4	Li	0.6	-	-	~280°C
SnZnLiAl 30;0.3;0.1 % <sub>w</sub>	Sn	69.6	Li, Al	0.3 + 0.1	Zn	30	~325°C
SnZnLiAl 30;0.6;0.2 % <sub>w</sub>	Sn	69.2	Li, Al	0.6 + 0.2	Zn	30	~335°C

Die Optimierung dieser Lote auf eine spezifische Anwendung verlangt es zuweilen, dass durch Veränderung der Beilegierungskomponenten (z.B. Cu, Ag, Zn) die Mikrostruktur des Metallgefüges und somit die mechanischen Eigenschaften verändert werden. Die Wirkung der zulegierten aktivierenden Komponenten (z.B. Li, Mg, Al, Ga) sollte hierdurch nicht betroffen sein.

#### Herstellung einer Verbundscheibe

Ein Verfahren zur Herstellung einer Verbundscheibe ist in der Fig. 8 erläutert. Floatglasscheiben mit einer Dicke von 6 mm werden erst mit einer Seifenlösung dann mit Wasser gereinigt und anschliessend mit Isopropanol gespült und getrocknet. Restliche Kohlenstoffverunreinigungen auf der Oberfläche werden mittels UV/Ozonreinigung entfernt. Die Gläser gelangen unmittelbar anschliessend über ein Schleusensystem in eine Vorvakuumkammer, wo sie bei einem Kammerdruck von ca. 0.1 mbar auf etwa 200°C aufgeheizt werden. Von da aus werden die Scheiben über eine weitere Schleuse in die Hochvakuumkammer (HVK) gebracht, wo ein Untergrunddruck von  $10^{-6}$  bis  $10^{-7}$  mbar herrscht. Hier werden die Scheiben weiter auf eine Temperatur zwischen 250°C und 300°C aufgeheizt. Zu diesem Zeitpunkt liegen die beiden Gläser direkt übereinander in einem Abstand von ca. 20 cm. Auf die untere Hälfte wird das Gettermaterial sowie eine Anordnung von Abstandshaltern aufgebracht, welche den am Ende resultierenden Zwischenraum zwischen den Scheiben (typischerweise 250 µm) definieren. Wenn die gewünschte Temperatur erreicht ist und die Druckanzeige in der Kammer  $< 7 \cdot 10^{-5}$  mbar anzeigt, werden die beiden Scheiben aufeinander abgesenkt bis die obere Scheibe auf den Abstandshaltern grossflächig aufliegt. Nun wird die gewählte Lotverbindung (beispielsweise SnAl0.6%w) im flüssigen Zustand mittels einer rundherumfahrenden Spritzdüse in den Zwischenraum eingespritzt, sodass ein durchgehend zusammenhängender, ca 1 cm breiter Lotrahmen gebildet wird, welcher immer noch flüssig ist, da die Glastemperatur oberhalb des Erstarrungspunktes des Lots liegt. Nun wird der anodische Bondingprozess durchgeführt: Während 90 Sekunden wird eine positive Spannung von 1'800 V bezogen auf die sich auf der gegenüberliegenden Seite beider Glasplat-

ten befindlichen Masseelektroden an den Flüssigmetalllotrahmen angelegt. Dabei wird eine typische Stromdichte von  $0.6 \text{ mA/cm}^2$  bei  $300^\circ\text{C}$  erreicht. Das so hergestellte Verbundobjekt wird bis unter den Verfestigungspunkt des Lots von  $228^\circ\text{C}$  abgekühlt und über ein Schleusensystem zuerst in eine Feinvakuum-  
5 kammer und dann in die Umgebung ausgeschleust. Somit wird ein dichtes Glasverbundobjekt (Vakuumglas) erhalten, welches einen Innendruck  $< 10^{-4} \text{ mbar}$ , minimale Kohlenstoffkontamination sowie ein Gettermaterial aufweist.

### MEMS

10 In der Halbleiterindustrie werden so genannte "Co-fired" keramische Gehäuse zur Verpackung von Halbleitern und insbesondere von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) verwendet. Ein solches Gehäuse wird oft aus mehreren Schichten durch Laminieren eines keramischen Materials im grünen, ungefeuerten Zustand hergestellt. Die Bezeichnungsweise der Verpackung weist auf  
15 das hermetische Versiegeln der elektronischen oder MEMS Komponente im Gehäuse.

Ein Gehäuse für Halbleiter aus einer oxidischen Keramik mit mindestens  $1\%_{\text{mol}}$  Gehalt an  $\text{Na}^+$  oder  $\text{Li}^+$  wird mittels UV/Ozonreinigung von Kohlenstoffverbindungen weitgehend gesäubert und dessen Oberseite O ganz knapp in ein Bad von  
20 flüssigem SnAgMgCu 4.0; 3.0; 0.5  $\%_{\text{w}}$  Lot getaucht, sodass nur gerade am Rand auf der Oberseite ein "Rahmen" dieser Lotes von circa  $150 \mu\text{m}$  Dicke haften bleibt. In das Gehäuse wird ein MEMS Beschleunigungssensor eingelassen und mittels Epoxyharz auf dessen Boden festgeklebt. Anschliessend werden die einzelnen elektrischen Anschlüsse durch herkömmliches Drahtlöten (engl. "wire  
25 bonding") ausgeführt. Nun wird ein passender Deckel für das Gehäuse aus demselben keramischen Material (oder aus einem optisch durchlässigen, alkali-reichen Glas wie z.B. Floatglas, falls optische Elektronik oder MEMS verpackt werden sollen) aufgelegt und die Anordnung zwischen zwei Elektroden auf Erdpotential eingeklemmt und auf  $240^\circ\text{C}$  aufgeheizt wobei das Lot schmilzt. Nun  
30 wird das Lot mit einer elektrisch leitenden Spitze kontaktiert und durch Anlegen

einer Gleichspannung auf ein elektrisches Potential von +400V gegenüber Erde gebracht. Nach 5 Minuten wird die Spannung ausgeschaltet und das durch anodisches Bonding hergestellte Verbundobjekt ausgekühlt.

5 CIGS (Copper Indium Gallium diSelenide) Solarzelle

Ein 0.6 m x 1.2 m Solarzellenpaneel aus 72 einzelnen CIGS Zellen wird auf einem 3 mm dicken Substratträger aus Floatglas hergestellt. Zuerst werden mittels Lithographie die Molybdän Elektroden (ca 9 cm x 9 cm) sowie deren Anschlusskontakte mittels eines Sputterprozesses (zuerst 50 nm Cr, gefolgt von 500 nm Mo) auf das Glassubstrat aufgebracht. Danach wird die photoaktive Cu(In, Ga)Se<sub>2</sub> Schicht in der gewünschten Stöchiometrie und Dicke (1 bis 2 µm) durch CVD-Coevaporation mit einer zweiten Maske aufgebracht, gefolgt von einem 50 nm dünnen Film aus Cadmiumsulfid CdS. Zum Schluss wird mittels einer weiteren Maske eine leitfähige, transparente Oxidschicht aus dotiertem ZnO durch Sputtering bedeckt. Diese letzte Maske wird so gewählt, dass durch eine örtliche Versetzung zur hervorstehenden unteren Mo-Leiterschicht eine Serienschaltung aller 72 einzelnen Zellen erreicht wird. Der elektrische Anschluss an das gesamte Paneel an die erste und letzte Zelle wird nun mittels zweier 2 cm breiter, ca. 150 µm dicker Al-Leiterstreifen ausgeführt, welche mit einer 20 µm dicken SiO<sub>2</sub> sowie einer 50/200 nm Cr/Ni Schicht isoliert sind. Das fertige Solarzellenpaneel wird danach durch eines der hier beschriebenen anodischen Bondingverfahren hermetisch versiegelt.

Zu diesem Zweck wird ein ungefähr 2 cm breiter Streifen am Rand des Paneels selbst sowie auf der Unterseite der zweiten, ebenfalls aus 3 mm starkem Floatglas bestehenden Abdeckscheibe, mittels Plasmasputtering gereinigt. Nun werden die elektrischen Zuleitungen seitlich herausgeführt. Danach werden die beiden Hälften in einer Stickstoffatmosphäre auf 270°C aufgeheizt und auf einen Abstand von 0.5 mm gebracht. Nun wird das SnLi0.01%<sub>w</sub> Lot mittels einer Düse von der Seite her eingetragen und zwar so, dass sich ein gleichmassiger lückenloser, ca 1 cm breiter Rahmen über den gesamten Umfang ausbildet welcher

zudem die seitlich durchgeführten elektrischen Anschlüsse hermetisch einschliesst bzw. abschliesst. Durch Anlegen einer Spannung von +1000 V gegenüber den rahmenförmigen Gegenelektroden, welche sich auf der jeweils gegenüberliegenden Seite sowie demselben Temperaturniveau des Glases befinden, wird der anodische Bondingvorgang eingeleitet. Nach 8 Minuten wird die Spannungsversorgung ausgeschaltet und das Solarpaneel-Verbundobjekt ausgekühlt. Das fertige Produkt ist somit hermetisch versiegelt. Mit demselben Verfahren können auch andere Typen von Solarzellen eingeschweisst werden wie z.B. Polymer, Si oder auch Grätzel-Zellen mit organischem "ionic liquid" Elektrolyten, wobei letzterer nachträglich eingefüllt werden muss.

### OLED-Anzeigen

OLEDs (Organic Light Emitting Devices) sind preiswerte Alternativen zu konventionellen lichtemittierenden Halbleiterelementen. Aufgrund des Aufbaus aus organischen Komponenten und der hohen spezifischen Oberfläche sind OLEDs extrem oxidationsempfindlich. Diese Anwendung beschreibt die hermetische Verpackung einer OLED-Anzeige in einer Schutzgasatmosphäre, was zu einem kompletten Ausschluss von Sauerstoff und somit zu einer erhöhten Lebensdauer führt.

20

Eine 5cm × 9cm OLED-Anzeige wird auf einem 0.25 mm dicken n-Typ halbleitenden Siliziumwafer, auf welchem zuvor durch Sauerstoffplasmabehandlung eine SiO<sub>2</sub> Isolatorschicht ausgebildet wurde, durch Aufbringen einer transparenten Anodenanordnung aus ITO (Indium-Zinnoxid) mittels Lithographie, Rotationsbeschichtung ("Spincoating") der organischen Schichten sowie Aufdampfen der Kathodenanordnung (erneut lithographisch aus ITO) hergestellt. Als letzter Vorbereitungsschritt wird eine umlaufender, circa 1 cm breiter Streifen am Rande des Si Wafers durch Aufdampfen von 100 nm Ti gefolgt von 10 µm Ni mittels Maske als lötbare Unterlage aufgebracht. Eine 1 mm dicke Floatglasscheibe wird nun bis auf einen Abstand von 200 µm auf die fertige OLED-Anordnung herabgelassen. In einer Schutzgasatmosphäre wird ein ca. 2 cm breiter Streifen am

30

Rand des zu verbindenden Objekts lokal auf Ober- und Unterseite mittels zweier beheizter Metallrahmen auf ca. 270°C aufgeheizt und flüssiges SnAlLi 0.4;0.2%<sub>w</sub> Lot seitlich über ein Düsensystem eingetragen, sodass ein rundherum zusammenhängender Rahmen entsteht. Nun wird das Lot auf ein elektrisches Potential von +500V gegenüber der an der Glasseite anliegenden beheizten Metallelektrode gebracht und während 4 Minuten gehalten. Die Spannungsquelle wird nun ausgeschaltet sowie die beheizten Metallrahmen entfernt und das fertige verpackte OLED-Display ausgekühlt.

#### 10 Weitere Bemerkungen

Die beim anodischen Bonding ablaufende elektrochemische Reaktion bewirkt auf der Kathodenseite die Ausbildung von alkalischen Verbindungen wie etwa Natronlauge (NaOH) im Gefüge des ionenleitenden Materials. Obwohl nur Spuren dieser Stoffe entstehen, können diese als Nachweis einer anodischen Reaktion eingesetzt werden. Im Falle einer Verbundscheibe wird beispielsweise auf der gegenüberliegenden Seite des Metallrahmens auf der Glasrückseite ein feuchtes Lackmuspapier die Gegenwart von basischen Komponenten durch blau-violette Verfärbung anzeigen. Diese Verfärbung tritt an anderen Stellen am Glas nicht auf.

20

Eine zweite und bei weitem aussagekräftigere Nachweismethode des anodischen Bondings ist die Analyse von Schliffproben durch Elektronenmikroskopie und energiedispersive Spektroskopie (EDS). Hierzu wird ein ca 1cm × 1cm grosser Ausschnitt des Verbindungsbereichs (Glas/Lot/Glas) in Epoxy eingebettet, plan geschliffen, poliert und am Ende mit einigen nm Kohlenstoff beschichtet. Nun wird der Querschnitt mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und EDS inspiziert. Die Gegenwart von Anreicherungs- und Verarmungszonen in unmittelbarer Nähe der Grenzflächen (ca. 10µm) ist der eindeutige Beweis, dass anodisches Bonding eingesetzt wurde.

25



Patentansprüche

1. Verbundobjekt, umfassend zwei Bauelemente (2a, 2b), die in einem dazwischen befindlichen Verbindungsbereich (6) über eine Lotbrücke (4) mediumdicht miteinander verbunden sind, wobei zumindest eines der Bauelemente zumindest auf der dem Verbindungsbereich zugewandten Seite eine aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildete Aussenschicht aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Lotbrücke aus einer niedrig schmelzenden Zinnlegierung mit einem Gewichtsanteil von mindestens 65%<sub>w</sub> Zinn und einem Schmelzpunkt von höchstens 350°C gebildet ist, welche mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält, wobei die Lotbrücke mit jedem der Bauelemente, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet ist, durch anodisches Bonding (AB) verbunden ist.
2. Verbundobjekt nach Anspruch 1, wobei das aktivierende Metall ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Beryllium, Magnesium, Kalzium, Lithium, Natrium, Kalium, Silizium, Germanium, Gallium und Indium.
3. Verbundobjekt nach Anspruch 1, wobei das aktivierende Metall ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Aluminium, Beryllium, Magnesium, Lithium, Natrium, Gallium und Indium.
4. Verbundobjekt nach Anspruch 1, wobei das aktivierende Metall Aluminium, Lithium oder Beryllium, insbesondere Aluminium ist.
5. Verbundobjekt nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Lotbrücke umlaufend ausgebildet ist, um einen mediumdicht abgeschlossenen Innenraum zwischen den beiden Bauelementen zu definieren.

6. Verbundobjekt nach Anspruch 5, wobei der Abstand zwischen den beiden Bauelementen im Verbindungsbereich ungefähr 5 bis 500  $\mu\text{m}$  beträgt.
7. Verbundobjekt nach Anspruch 5 oder 6, wobei die beiden Bauelemente als  
5 Glasscheiben ausgebildet sind.
8. Verbundobjekt nach Anspruch 7, wobei der mediumdicht abgeschlossene Innenraum unter Hochvakuum steht, zur Verwendung als hochisolierende Verbundscheibe.
- 10 9. Verbundobjekt nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die beiden Bauelemente als Glas- und / oder Keramikplättchen ausgebildet sind, zur Verwendung als Verpackung für ein mikroelektromechanisches oder mikroelektronisches Bauteil.
- 15 10. Verfahren zur Herstellung eines Verbundobjekts nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend die Schritte:
- entweder:
- 20 a1) Aufheizen der beiden Bauelemente (2a, 2b) auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur der für die Lotbrücke vorgesehenen Zinnlegierung, wobei eines der Bauelemente (2a) zuvor mit einer entsprechend dem mediumdicht zu verbindenden Verbindungsbereich zugeschnittenen Lage (4) der Zinnlegierung belegt wurde;
- 25 a2) Zusammenbringen der beiden Bauelemente (2a, 2b) derart, dass dazwischen der Verbindungsbereich (6) mit darin befindlicher Zinnlegierung ausgebildet wird;

a3) Bildung der Lotbrücke durch anodisches Bonding im flüssigen Zustand, indem die im Verbindungsbereich (6) befindliche Zinnlegierung (4) mit einer positiven Spannung von ungefähr 300 bis 2'000 V gegenüber jedem der Bauelemente (2a, 2b) beaufschlagt wird, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet ist;

oder:

b1) Aufheizen der beiden Bauelemente (2a, 2b) auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur der für die Lotbrücke vorgesehenen Zinnlegierung;

b2) Zusammenbringen der beiden Bauelemente (2a, 2b) derart, dass dazwischen ein mit der Lotbrücke mediumdicht zu verbindender Verbindungsbereich (6) freigelassen wird;

b3) Eintragen der Zinnlegierung (4) in flüssigem Zustand derart, dass der Verbindungsbereich (6) damit aufgefüllt wird;

b4) Bildung der Lotbrücke durch anodisches Bonding im flüssigen Zustand, indem die im Verbindungsbereich befindliche Zinnlegierung (4) mit einer positiven Spannung von 300 bis 2'000 V gegenüber jedem der Bauelemente (2a, 2b) beaufschlagt wird, dessen dem Verbindungsbereich zugewandte Aussenschicht aus einem oxidischen, bei erhöhter Temperatur ionenleitenden Material gebildet ist;

wobei die besagte Zinnlegierung einen Gewichtsanteil von mindestens 65%<sub>w</sub> Zinn und einen Schmelzpunkt von höchstens 350°C aufweist und mindestens ein aktivierendes Metall als Legierungsbestandteil enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei man die Bauelemente vor oder während des Schrittes a1) beziehungsweise b1) einem Reinigungsprozess unterzieht.
- 5 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei der Schritt a2) beziehungsweise b2) das Einlegen von mindestens einem Abstandshalter zwischen die beiden Bauelemente umfasst.
- 10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei man die Schritte a1) bis a3), beziehungsweise die Schritte b1) bis b4) unter Vakuum durchführt.
14. Verfahren nach Anspruch 13 wobei die Zinnlegierung zur Verbesserung des Benetzungsverhaltens ein Oxid des mindestens einen aktivierenden Metalls enthält.
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, zur Herstellung eines Verbundobjekts nach Anspruch 8, wobei man vor dem anodischen Bonding ein Gettermaterial in den vom Verbindungsbereich umschlossenen Bereich zwischen den beiden Glasscheiben auslegt.

1/5

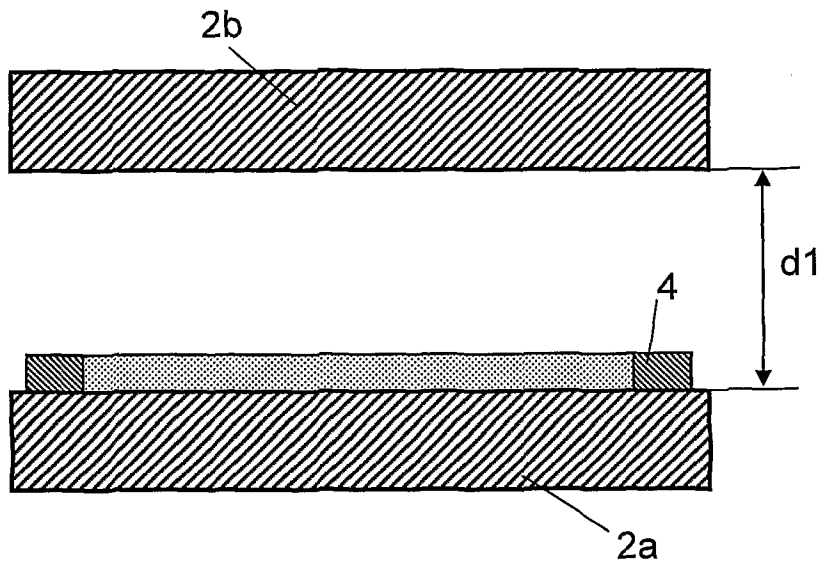


Fig. 1a

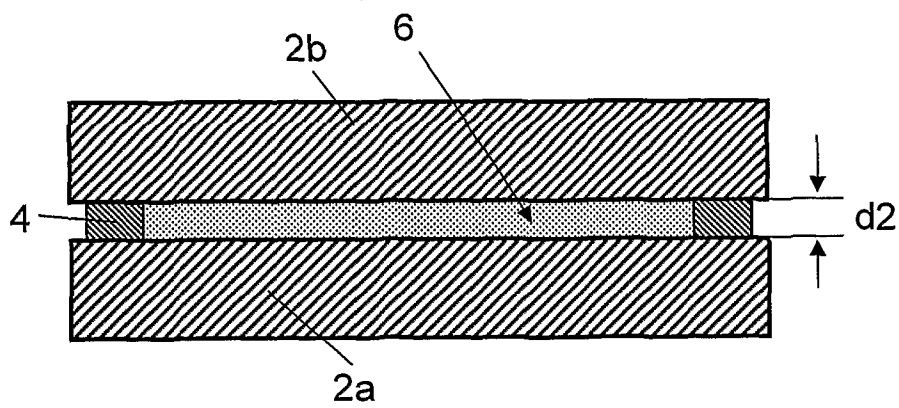


Fig. 1b

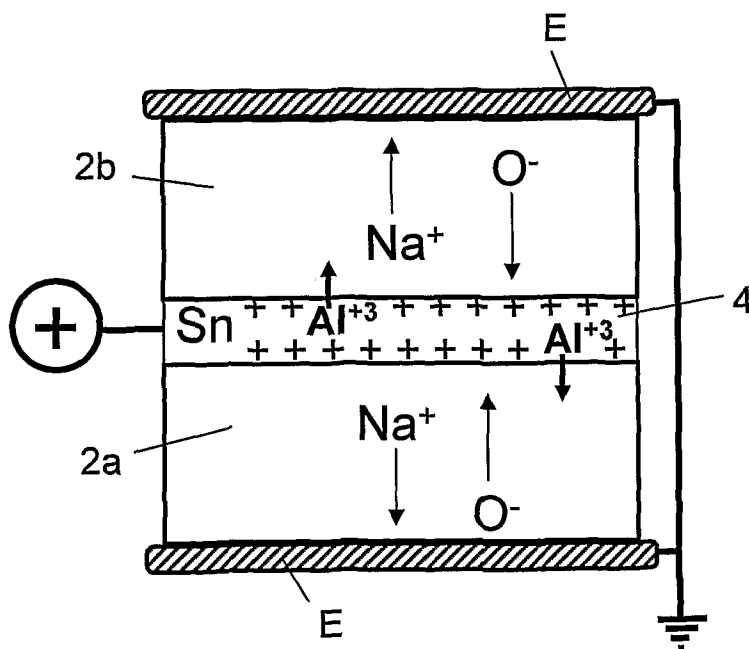


Fig. 2

2/5

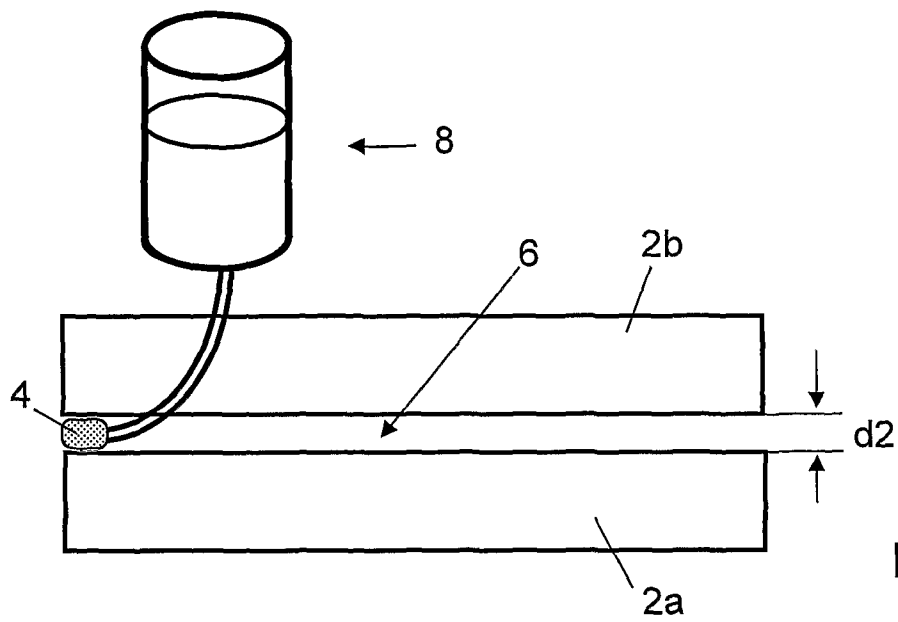


Fig. 3a

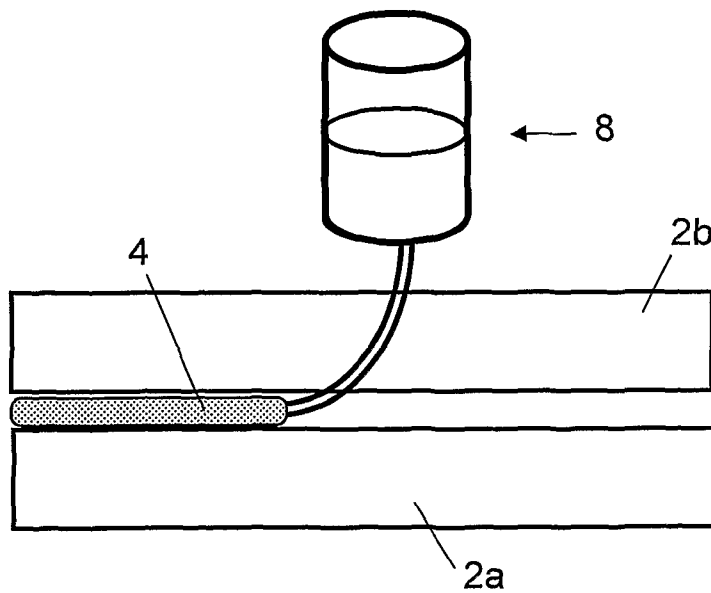


Fig. 3b

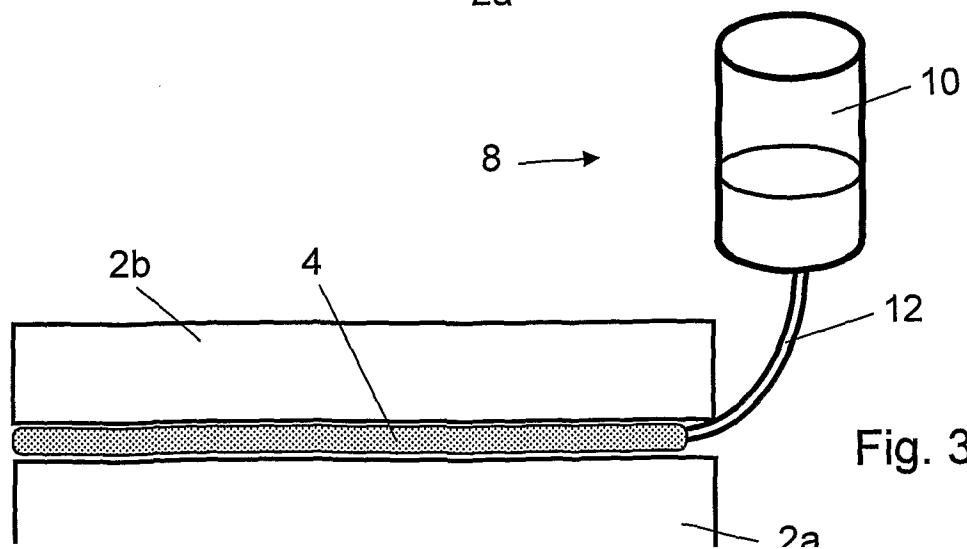


Fig. 3c

3/5

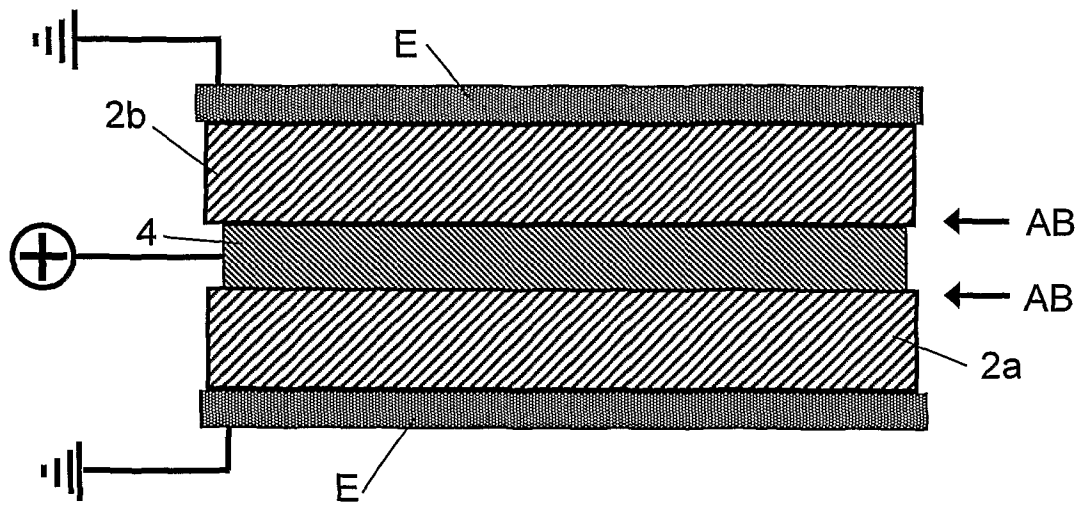


Fig. 4

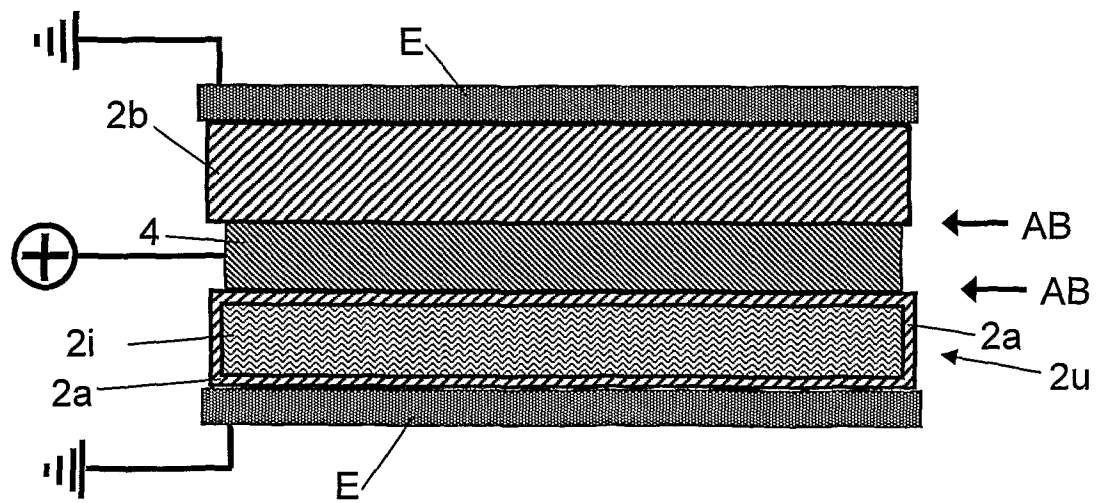


Fig. 5

4/5

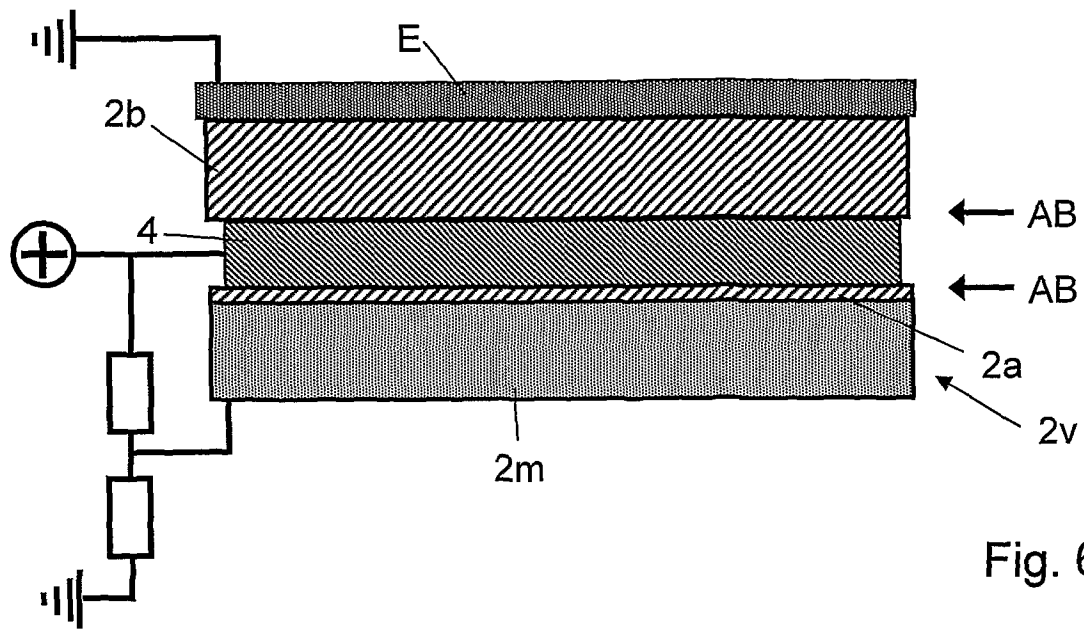


Fig. 6

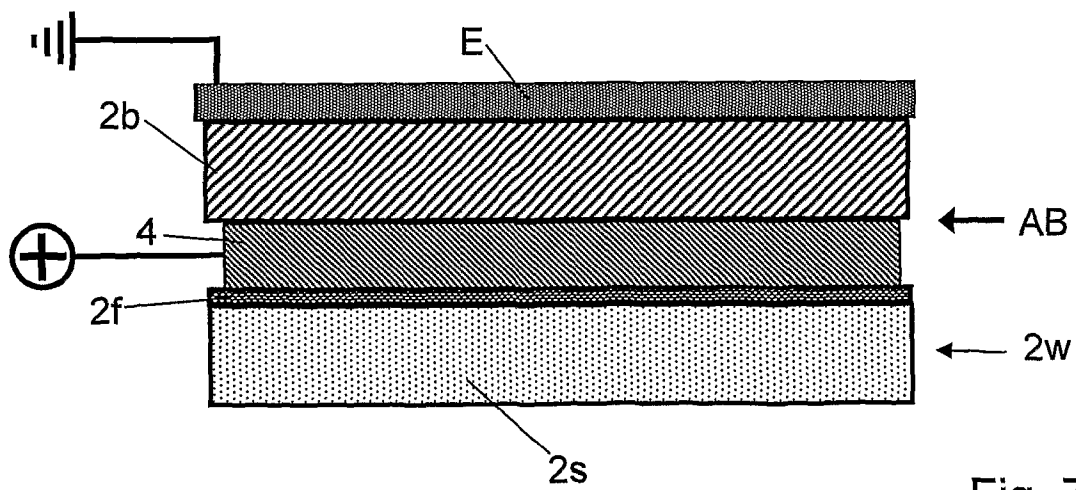


Fig. 7



5/5

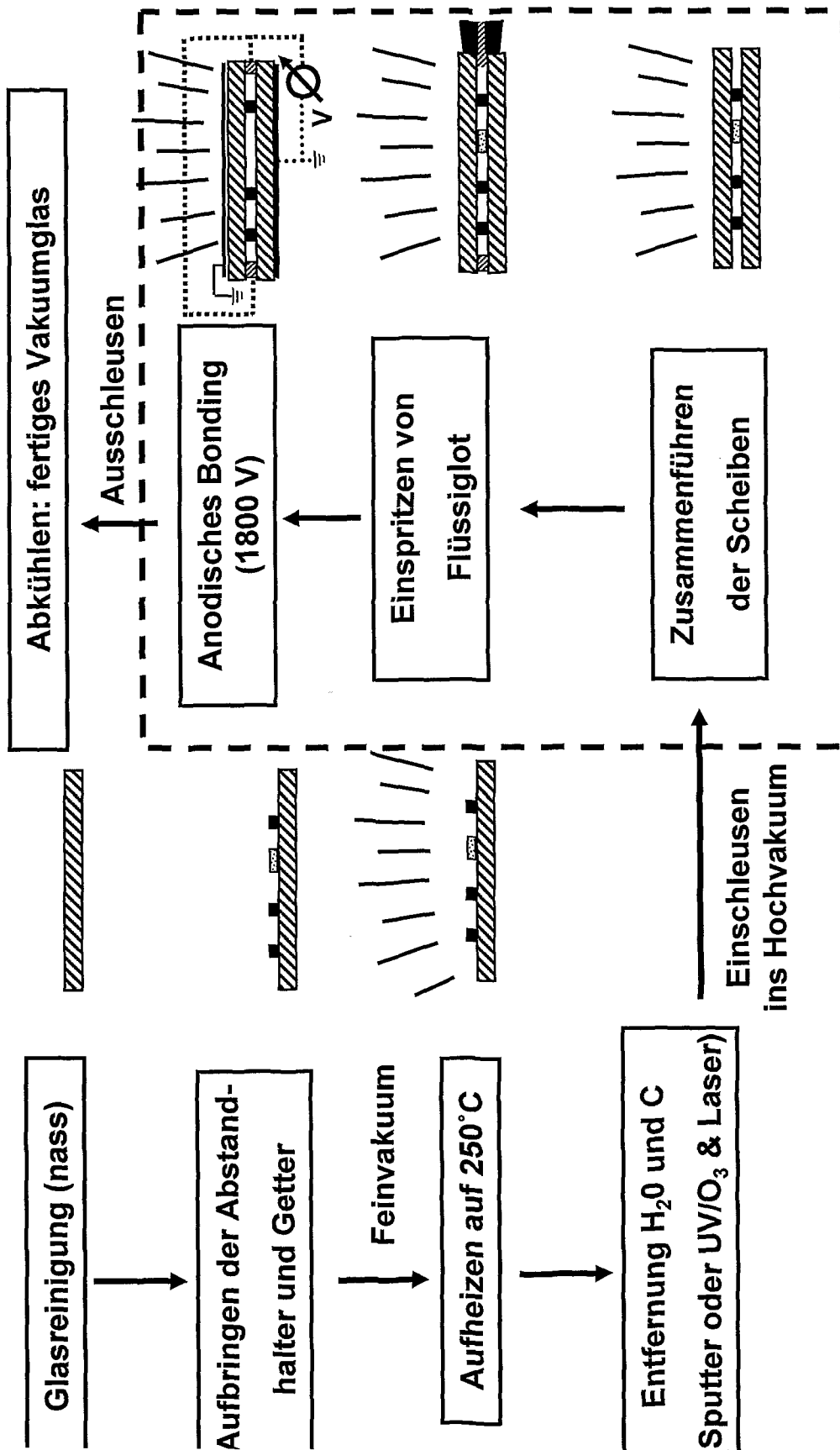


Fig. 8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/CH2009/000107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. E06B3/663 E06B3/673

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)  
 E06B

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

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 393 105 A (KREISMAN WALLACE S) 12 July 1983 (1983-07-12) cited in the application -----	1, 10
A	EP 1 298 102 A (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]) 2 April 2003 (2003-04-02) paragraph [0035] -----	1, 10

☐ 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 document 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.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 Juli 2009

Date of mailing of the international search report

08/07/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdonck, Benoit

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/CH2009/000107

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4393105	A	12-07-1983	NONE
EP 1298102	A	02-04-2003	WO 0244098 A1 06-06-2002
		JP 2002167249 A	11-06-2002
		US 2003108693 A1	12-06-2003

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. E06B3/663 E06B3/673

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 E06B

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

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 393 105 A (KREISMAN WALLACE S) 12. Juli 1983 (1983-07-12) in der Anmeldung erwähnt -----	1,10
A	EP 1 298 102 A (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]) 2. April 2003 (2003-04-02) Absatz [0035] -----	1,10



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\* älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Juli 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/07/2009

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

Verdonck, Benoit

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2009/000107

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4393105	A	12-07-1983	KEINE
-----			
EP 1298102	A	02-04-2003	WO 0244098 A1 06-06-2002
			JP 2002167249 A 11-06-2002
			US 2003108693 A1 12-06-2003
-----			