



(10) **DE 10 2019 201 274 A1** 2020.08.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 201 274.4**
(22) Anmeldetag: **31.01.2019**
(43) Offenlegungstag: **06.08.2020**

(51) Int Cl.: **C03C 27/06 (2006.01)**
H01L 31/18 (2006.01)

(71) Anmelder:
**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung
der angewandten Forschung e.V., 80686
München, DE**

(74) Vertreter:
**Pfenning, Meinig & Partner mbB Patentanwälte,
10719 Berlin, DE**

(72) Erfinder:
**Antrag auf Teilnichtnennung; Gremmelspacher,
Matthias, 79106 Freiburg, DE; Kübler, Rainer,
Dr., 79106 Freiburg, DE; Rist, Tobias, 79194
Gundelfingen, DE; Kott, Alexander, 79110
Freiburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

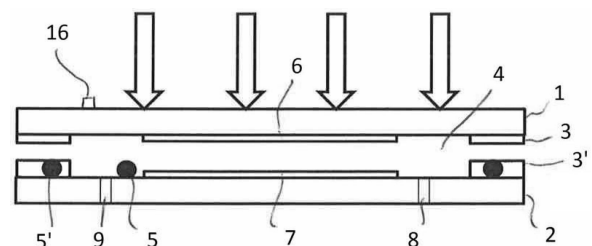
DE	100 85 030	B3
DE	10 2007 030 031	B3
DE	694 29 699	T2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER PLATTENANORDNUNG**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Plattenanordnung mit zwei Platten (1, 2), die wenigstens abschnittsweise einen zwischen ihnen gelegenen Zwischenraum (4) und einen gleichbleibenden Abstand (d) zueinander aufweisen und/oder parallel zueinander angeordnet sind und zwischen denen ein schmelzbarer Lotwerkstoff (3, 3') angeordnet ist. Die Aufgabe, einen definierten Abstand zwischen den Platten möglichst genau einzustellen, wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, dass eine Druckdifferenz zwischen dem Zwischenraum (4) zwischen den Platten und dem die Platten umgebenden Außenraum erzeugt wird, derart, dass der Druck im Außenraum höher ist als im Zwischenraum (4) und dass die Temperatur des Lotwerkstoffes (3, 3') zumindest zeitweise während des Bestehens der Druckdifferenz vorübergehend über seine Schmelztemperatur erhöht wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik, des Maschinenbaus und der Elektronik und ist mit besonderem Vorteil bei der Herstellung von elektrischen Komponenten anwendbar.

[0002] Bei der Herstellung einiger elektronischer Komponenten, wie beispielsweise von Panels für die Photovoltaik oder elektronischer Anzeigenkomponenten für Bildschirme, ist es notwendig, sehr flache Bauteile oder Schichten von funktionalen Medien fluiddicht zu versiegeln und damit vor dem Zutritt von Feuchtigkeit oder Sauerstoff dauerhaft zu schützen. Die entsprechenden Medien, die beispielsweise als Fluid oder dünnschichtiger Festkörper vorliegen können, sollen dabei Schichtdicken in der Größenordnung von einigen zehn Mikrometern aufweisen, wobei eine besondere Anforderung darin liegt, dass die Schichtdicke über die Fläche möglichst konstant sein soll und nur Schichtdickenunterschiede von beispielsweise wenigen Mikrometern aufweisen soll. Derart geringe und gut definierte Schichtdicken sind beispielsweise für die Herstellung von Perowskit-Solarzellen notwendig.

[0003] Üblicherweise findet eine Versiegelung im Zwischenraum zwischen zwei Platten statt, wobei der Zwischenraum umlaufend, beispielsweise durch ein Lot, abgedichtet werden kann. In vielen Fällen werden Platten aus Glas eingesetzt, jedoch ist auch die Verwendung anderer Werkstoffe, insbesondere im optischen Wellenlängenbereich transparenter Werkstoffe, möglich. Außer der Abdichtung am Umfang der Platten können auch fluiddichte und/oder degradationshemmende Unterteilungen des Zwischenraums zwischen den Platten mittels eines Lots vorgeesehen sein.

[0004] Gemäß dem Stand der Technik werden üblicherweise Glasplatten verwendet, die im Floatglasverfahren hergestellt werden. Prozessbedingt haben solche Floatglasscheiben eine Welligkeit im Bereich von einigen Zehntelmillimetern. Eine Gleichmäßigkeit des Zwischenraums zwischen solchen Floatglasscheiben wird bisher dadurch erreicht, dass als Dichtmittel ein Glaslot verwendet wird und dass zur Abdichtung des Zwischenraums zwischen den Glasplatten eine Temperatur eingestellt wird, bei der einerseits das Glaslot schmilzt und andererseits die Glasplatten erweichen, so dass sich durch Wirkung der Gravitationskraft die jeweils obere Scheibe auf der unteren Scheibe ablegt, wodurch ein geringer, in akzeptabler Weise definierter Spalt entsteht.

[0005] Ein Nachteil des bekannten Verfahrens liegt darin, dass nach der anfänglichen Verformung der oberen Glasplatte und dem teilweisen Ablegen auf der unteren Glasplatte die lokal wirkenden Gewichtskräfte, die für das weitere Anschmiegen von übrigen

Teilen der oberen Platte an die untere Platte sorgen müssen, sich stetig verringern, so dass bei vertretbaren Temperaturen die Prozessdauer relativ hoch ist. Die Gleichmäßigkeit des Zwischenraums, die sich durch die bekannten Verfahren erreichen lässt, ist für viele Anwendungen nicht ausreichend. Besonders die Herstellung sehr enger und gleichmäßiger Spalte mit einer Dicke des Zwischenraums von weniger als 100 Mikrometern ist bei diesen Anforderungen schwierig.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt vor dem Hintergrund des genannten Standes der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung einer Plattenanordnung zu schaffen, das die Herstellung von Zwischenräumen geringer Dicke bei sehr hoher Konstanz der Maße über die Fläche erlaubt.

[0007] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Patentansprüche 2 bis 8 stellen besondere Implementierungen des Verfahrens vor. Die Erfindung bezieht sich zudem auf eine Einrichtung zur Herstellung einer Plattenanordnung gemäß Patentanspruch 9. Patentanspruch 10 stellt eine besondere Implementierung der Einrichtung vor.

[0008] Die Erfindung bezieht sich demnach auf ein Verfahren zur Herstellung einer Plattenanordnung mit zwei Platten, die wenigstens abschnittsweise einen zwischen ihnen gelegenen Zwischenraum und einen gleichbleibenden Abstand zueinander aufweisen und/oder parallel zueinander angeordnet sind und zwischen denen ein schmelzbarer Lotwerkstoff angeordnet ist. Die Aufgabe wird dabei dadurch gelöst, dass eine Druckdifferenz zwischen dem Zwischenraum zwischen den Platten und dem die Platten umgebenden Außenraum erzeugt wird, derart, dass der Druck im Außenraum höher ist als im Zwischenraum und dass die Temperatur des Lotwerkstoffes zumindest zeitweise während des Bestehens der Druckdifferenz vorübergehend über seine Schmelztemperatur oder Verarbeitungstemperatur erhöht wird.

[0009] Durch die Erzeugung eines Druckunterschieds können große Kräfte erzeugt werden, die zu einer Verringerung des Zwischenraums zwischen den Platten führen können. Die Kräfte können durch die Bemessung des Druckunterschieds gesteuert werden. Die durch den Außendruck auf die Platten erzeugte Kompressionskraft kann sich bei einer horizontalen Lagerung der Platten zur Gewichtskraft, die auf die obere der Platten wirkt, hinzuaddieren. Wenn im Zwischenraum Unterdruck eingebracht wird, kann der Druckunterschied, bedingt durch den äußeren Luftdruck, zwischen 0 und 1 bar betragen. Wenn zusätzlich oder alleine äußerer Gas-Druck aufgebracht wird, kann der Druckunterschied bis zu 10 bar betragen. In dem Fall wird zur Anwendung des beschrie-

benen Verfahrene eine Art Überdruckkammer benötigt.

[0010] Durch Aufbringen eines Druckunterschieds wird der Zeitraum, der bis zum Erreichen der angestrebten Verformung der Platten benötigt wird reduziert, gegenüber Verfahren bei denen ausschließlich die Schwerkraft die Annäherung der beiden Platte bewirkt. In vielen Fällen hängt der final erreichte Abstand zwischen den Platten von der Viskosität des Lotwerkstoffs und seiner Oberflächenenergie ab, sofern die zur Verfügung stehenden und auf die Platten wirkenden Kompressionskräfte nicht zu groß sind. Oft findet die Annäherung der Platten wegen der Viskosität des Lotwerkstoffs nur sehr langsam statt, so dass der Abstand zwischen den Platten zeitabhängig wird. Diese Zeitabhängigkeit kann durch Einwirkung einer ausreichend großen Kompressionskraft durch den erzeugten Druckunterschied eliminiert werden.

[0011] Eine besondere Implementierung der Erfindung kann vorsehen, dass wenigstens eine Platte, insbesondere beide Platten, während der Zeit, in der der Druck im Außenraum, d. h. außerhalb des Zwischenraums zwischen den Platten, höher ist als im Zwischenraum, zumindest vorübergehend bis über die Erweichungstemperatur ihres Materials hinaus erhitzt werden. In diesem Fall sind die Platten plastisch verformbar, solange die Temperatur oberhalb der Erweichungstemperatur des Materials der Platten eingestellt wird. Die Dicke des Zwischenraums wird im Wesentlichen durch die Dicke des zwischen den Platten eingebrachten Lotwerkstoffs bestimmt. Wird der Lotwerkstoff ausreichend verflüssigt und ihm genügend Zeit gegeben, sich zwischen den Platten zu verteilen, so lässt sich der Abstand zwischen den Platten bis auf nahezu null einstellen. Dabei bestimmen die Parameter Temperatur, temperaturabhängige Viskosität des Materials der Platten (z. B. Glas) und des Lots sowie Druckdifferenz zwischen dem Zwischenraum der Platten und dem Außenraum den zeitlichen Verlauf der Verringerung des Spalts/Zwischenraums zwischen den Platten. Dabei können die Platten eben oder auch gekrümmt sein. Sind sie gekrümmt, so ist der Zwischenraum als durch gekrümmte Flächen begrenztes Volumen ausgebildet, wobei die Dicke jeweils senkrecht zu den Begrenzungsflächen - also den Oberflächen der Platten - gemessen wird.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung kann beispielsweise vorgesehen sein, dass zwischen den Platten, insbesondere in dem Lotwerkstoff, Partikel angeordnet werden, deren Durchmesser dem zu erzielenden Abstand zwischen den Platten entspricht und deren Erweichungstemperatur höher liegt als die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs, wobei die Temperatur während der Verbindung der Platten unterhalb der Erweichungstemperatur des Partikelmaterials bleibt. In diesem Fall kann der Abstand zwi-

schen den Platten und damit die Dicke des Zwischenraums zwischen den Platten bis auf das Maß der zwischen den Platten angeordneten Partikel reduziert werden. Die Partikel können beispielsweise als Menge von Glaskugeln von möglichst gleichmäßigem Durchmesser realisiert sein.

[0013] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass die Partikel in dem Zwischenraum entlang zu erzeugender Kanäle angeordnet werden. In diesem Fall können sich, wenn die Partikel beispielsweise entlang von Linien parallel zu den gewünschten Kanälen aneinandergereiht werden, in unmittelbarer Nachbarschaft der Partikel zwickelförmige Räume als Kanäle ausbilden, die zur Befüllung des Zwischenraums zwischen den Platten mit einem funktionalen Medium, beispielsweise einem Gas oder einer Flüssigkeit, dienen können.

[0014] Die Erfindung kann zudem dadurch ausgeführt werden, dass die Temperatur während der Zeit, in der der Druck im Außenraum der beiden Platten höher ist als im Zwischenraum, unterhalb der Erweichungstemperatur des Materials / der Materialien einer der Platten oder beider Platten, insbesondere unterhalb von 350 °C, bleibt. In diesem Fall sind die Platten nicht plastisch, sondern nur elastisch verformbar. Dennoch wird durch die Druckdifferenz der geschmolzene Lotwerkstoff komprimiert, so dass die Platten auf den gewünschten Abstand zueinander gebracht werden können. Die Spaltgröße, also die Dicke des Zwischenraums, wird dabei nur durch die anfänglich zwischen den Platten angeordnete Menge des Lotwerkstoffs und die Temperatur sowie die bei der jeweiligen Temperatur vorliegende Viskosität des Lotwerkstoffs bestimmt. Der Setzvorgang der Platten findet über eine gewisse Prozesszeit statt und läuft so lang ab, bis ein Gleichgewicht zwischen der durch die Druckdifferenz erzeugten Kraft auf die Platten und dem Fließwiderstand des Lotwerkstoffs erreicht ist. Wird diese Prozesszeit abgewartet, so ist der eingestellte Abstand zwischen den Platten von der Zeit unabhängig und lediglich von der eingestellten Temperatur des Lotwerkstoffs abhängig.

[0015] Bei Plattenanordnungen, die üblicherweise aus Glas bestehen, wie beispielsweise Solarmodulen, wird häufig als Deckglas zum Schutz vor äußeren Einflüssen, beispielsweise Hagelschlag, ein Einscheiben-Sicherheitsglas verwendet, das mechanisch robuster ist als das üblicherweise verwendete Floatglas. Die thermische Vorspannung des Sicherheitsglases relaxiert jedoch bei Temperaturen oberhalb von 350 °C, so dass die günstigen mechanischen Eigenschaften verlorengehen. Bleibt die Erweichungs- oder Verflüssigungstemperatur des Lotwerkstoffs unter 350 °C und werden die Platten lediglich bis auf eine Temperatur unterhalb von 350 °C erhitzt, so kann das Sicherheitsglas auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren seine gewünschten me-

chanischen Eigenschaften beibehalten. Ist der gewünschte Abstand zwischen den Platten eingestellt, so kann die Temperatur verringert werden, und die Platten halten durch die Verbindung mittels des Lotwerkstoffs mit den gewünschten Maßen des Zwischenraums zusammen.

[0016] Auch bei dieser Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann beispielsweise vorgesehen sein, dass zwischen den Platten, insbesondere in dem Lotwerkstoff, Partikel angeordnet werden, deren Durchmesser dem zu erzielenden Abstand zwischen den Platten entspricht und deren Erweichungstemperatur höher liegt als die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs, wobei die Temperatur während der Verbindung der Platten unterhalb der Erweichungstemperatur des Partikelmaterials bleibt.

[0017] Bei Einstellung einer Prozesstemperatur, die oberhalb des Erweichungs- oder Schmelzpunktes des Lotwerkstoffs und unterhalb der Erweichungstemperatur der Platten, insbesondere Glasplatten, liegt, kann bei ausreichender Prozesszeit der Punkt erreicht werden, an dem der Abstand zwischen den Platten nur durch die zwischen diesen angeordneten Partikel begrenzt ist. Diese bestehen aus einem Material, das bei den eingestellten Temperaturen nicht erweicht oder verflüssigt wird. Somit lässt sich der Abstand zwischen den Platten auf die Außenmaße der eingelegten Partikel sehr genau und über die Fläche konstant einstellen.

[0018] Die Druckdifferenz zwischen dem Zwischenraum, der durch die beiden Platten begrenzt wird und deren Außenraum kann dadurch erzeugt werden, dass bei einer gegebenen Füllung und Abdichtung des Zwischenraums ein erhöhter Außendruck erzeugt wird. Eine andere Alternative, die üblicherweise einfacher zu realisieren ist, kann darin bestehen, dass bei gegebenem Außendruck Gas aus dem Volumen des Zwischenraums zwischen den Platten abgesaugt wird, so dass dort ein Unterdruck entsteht. In diesem Fall bewirkt der Atmosphärendruck, der von außen auf die Platten wirkt, die Erzeugung eines Überdrucks. Dieser kann zusätzlich noch durch Vergrößerung des Außendrucks in einer Druckkammer erhöht werden.

[0019] Es kann dabei zudem gemäß der Erfindung vorgesehen sein, dass während des Verbindungsvorgangs der Platten die Druckdifferenz zwischen dem Innenraum und dem Außenraum der Platten mittels einer Druckmessenrichtung gemessen wird. Damit kann sichergestellt werden, dass die Druckdifferenz ausreicht, um bei den gegebenen Temperaturen und den hieraus folgenden Viskositäten der beteiligten Werkstoffe in einer bestimmaren und begrenzten Zeit die Verformung der beteiligten Materialien, also des Lotwerkstoffs und des Plattenwerkstoffs, in dem gewünschten Maß herbeizuführen.

[0020] Zudem kann vorgesehen sein, dass während des Verbindungsvorgangs der Platten mittels eines Temperatursensors die Temperatur gemessen wird. Dabei kann beispielsweise auch der Abstand zwischen den Platten an verschiedenen Punkten laufend gemessen werden, so dass über eine Temperaturregelung eine Überwachung und Regelung des Setzvorgangs einer oder beider der Platten gewährleistet werden kann.

[0021] Die Erfindung bezieht sich außer auf ein Verfahren der oben erläuterten Art auch auf eine Einrichtung zur Herstellung einer Plattenanordnung mit zwei Platten, die wenigstens abschnittsweise einen gleichbleibenden Abstand zueinander aufweisen und/oder parallel zu einander angeordnet sind, wobei die Einrichtung eine Vakuuvorrichtung zum Absaugen eines Fluids, insbesondere eines Gases, aus dem Zwischenraum zwischen den Platten aufweist.

[0022] Eine solche Einrichtung kann beispielsweise auch eine Überdruckkammer vorsehen, in die die Plattenanordnung gebracht wird. Die Erzeugung eines Unterdrucks im Zwischenraum zwischen den Platten kann jedoch bereits zur Erzeugung der notwendigen Kräfte ausreichen, und die Einrichtung zur Erzeugung eines Druckunterschieds kann im Rahmen einer Vakuuvorrichtung eine Absaugpumpe sowie Absaugschläuche, Ventile und Saugstutzen vorsehen, die an wenigstens eine der Platten zum Absaugen eines Fluids im Bereich einer Öffnung, beispielsweise einer Bohrung in einer Platte, ansetzbar sind. Die Absaugstutzen können beispielsweise an einer Platte mittels einer Abdichtvorrichtung, beispielsweise einer Elastomerdichtung, abgedichtet sein.

[0023] Die Platten können beispielsweise im Zuge des Herstellungsverfahrens auf einem Unterdruckträger gelagert sein, wobei der Unterdruckträger fluidicht mit den Platten verbunden bleibt, so dass die Platten problemlos mit dem Unterdruckträger gehandhabt werden können. Der Unterdruckträger kann nach Erzeugung eines Unterdrucks auch von einer Absaugpumpe getrennt und abgedichtet werden.

[0024] Zudem kann bei einer genannten Einrichtung zur Herstellung einer Plattenanordnung vorgesehen sein, dass sie eine Vorrichtung zur Steuerung der Temperatur der Plattenanordnung mittels einer Heizung aufweist. Da bei einigen Varianten des erläuterten Verfahrens der erzielte Zwischenraum und seine Maße von der eingestellten Temperatur und der Zeitdauer der Temperatureinwirkung abhängig sein können, ist für einige Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Temperaturregelung auch zeitabhängig hilfreich oder notwendig.

[0025] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen in Figuren einer Zeichnung gezeigt und nachfolgend erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 zwei Platten in einem Querschnitt vor dem Zusammenfügen,

Fig. 2 zwei Platten im Querschnitt nach dem Zusammenfügen,

Fig. 3 zwei weitere Platten im Querschnitt vor dem Zusammenfügen,

Fig. 4 die Platten aus **Fig. 3** nach dem Zusammenfügen,

Fig. 5 zwei weitere Platten im Querschnitt vor dem Zusammenfügen mit abstandhaltenden Partikeln,

Fig. 6 die beiden Platten aus **Fig. 5** nach dem Zusammenfügen mit den abstandhaltenden Partikeln,

Fig. 7 zwei Platten nach dem Zusammenfügen mit abstandhaltenden Partikeln, die Fließkanäle erzeugen,

Fig. 8 im Querschnitt zwei Platten vor dem Zusammenfügen gemeinsam mit einer Vorrichtung zur Vakuumherzeugung sowie

Fig. 9 ein Diagramm, in dem der zeitliche Temperaturverlauf beispielhaft während des Fügeverfahrens dargestellt ist.

[0026] **Fig. 1** zeigt im Querschnitt eine erste Platte **1**, die parallel zu einer zweiten Platte **2** im Abstand von dieser angeordnet ist. Wenigstens eine Platte oder beide Platten können aus einem optisch transparenten Medium, insbesondere aus Glas, bestehen und im Floatglasverfahren oder einem anderen geeigneten Verfahren in ebener, flacher Form hergestellt sein. Wenigstens eine der Platten, insbesondere jedoch, wie in **Fig. 1** dargestellt, beide Platten, kann mit einer Funktionsschicht oder mit einem Funktionswerkstoff **6, 7** an der der anderen Platte zugewandten Oberfläche wenigstens teilweise oder abschnittsweise bedeckt sein. Dabei können die Funktionsschichten als feste Schicht, als Gelschicht oder als Flüssigkeitsschicht vorliegen.

[0027] Das Ziel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, die beiden Platten **1, 2** in einen definierten und möglichst über weite Abschnitte an allen Stellen gleichen Abstand zueinander zu bringen. Ideal ist dabei ein Abstand d zwischen den Platten **1, 2**, der in der Größenordnung zwischen einigen Mikrometern und einigen zehn Mikrometern liegt und der über die Fläche, über die die beiden Platten **1, 2** parallel zueinander verlaufen, möglichst in geringem Maße, idealerweise um weniger als $5\ \mu\text{m}$, variiert.

[0028] Wenigstens eine der Platten **1, 2** oder beide Platten sind an der der anderen Platte zugewandten

Fläche mit einem Lotwerkstoff **3, 3'** bedeckt. Dabei können die jeweils mit dem Lotwerkstoff bedeckten Teilflächen der beiden Platten **1, 2** einander direkt gegenüberliegen oder auch gegeneinander verschoben sein.

[0029] In **Fig. 1** ist an der unteren, zweiten Platte **2** dargestellt, dass diese zwei Absaugöffnungen **8, 9** in Form von Bohrungen aufweist, durch die ein Fluid, insbesondere Gas, abgesaugt werden kann. Die Pfeile deuten an, dass auf die obere, erste Platte ein Gasdruck, beispielsweise der atmosphärische Luftdruck, wirkt. Werden die beiden Platten **1, 2** aufeinandergelegt, so kann begonnen werden, Gas, insbesondere Luft, durch die Absaugöffnungen **8, 9** abzusaugen. Sind die Platten **1, 2** wenigstens teilweise an ihrem Umfang abgedichtet, beispielsweise dadurch, dass die Beschichtungen aus einem Lotwerkstoff **3, 3'** aufeinander aufliegen, und spätestens dann, wenn der Lotwerkstoff schmilzt, kann der Druck im Zwischenraum **4** zwischen den Platten **1, 2** abgesenkt werden. Teilweise durch die auf die erste Platte **1** wirkende Gewichtskraft und unterstützt durch den Atmosphärendruck oder einen anderweitig erzeugten Überdruck können die Platten **1, 2** weiter zusammengedrückt werden, wobei die Abdichtung an ihrem Umfang verbessert wird und der Druck im Zwischenraum **4** weiter abgesenkt werden kann.

[0030] Üblicherweise wird die Temperatur der Platten **1, 2** und des Lotwerkstoffs **3, 3'** bereits vor der Anwendung einer Absaugvorrichtung erhöht. Die Temperatur wird einerseits über die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs **3, 3'** und andererseits auch über die Erweichungstemperatur des Werkstoffs der Platten **1, 2**, also beispielsweise die Erweichungstemperatur des verwendeten Glases, erhöht. Steigt die Temperatur beim Aufheizen über die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs **3, 3'**, so wird durch die Fließfähigkeit des Lotwerkstoffs das Abdichten des Zwischenraums **4** zwischen den Platten **1, 2** bewirkt, der Druck im Zwischenraum **4** kann sinken, und die auf die Platte **1** wirkende Kraft durch den wirkenden Druckunterschied kann weiter ansteigen.

[0031] Die Temperatur wird über die Erweichungstemperatur des Materials, beispielsweise des Glases, aus dem die Platten **1, 2** bestehen, angehoben. Dadurch werden die Platten **1, 2** plastisch verformbar, und die Platte **1** senkt sich so weit auf die Platte **2** ab, dass der Abstand zwischen den Platten **1, 2** oder zwischen den Funktionsmedien **6, 7** oder zwischen einer Platte und einem auf der gegenüberliegenden Platte angeordneten Funktionsmedium auf wenige Mikrometer verringert wird. Die Funktionsmedien **6, 7** können sich an einigen Stellen berühren, um so den Abstand von wenigen Mikrometern einzustellen.

[0032] Wird die Temperatur nach dem Zusammenfügen wieder abgesenkt, so erstarren die Platten **1,**

2, und der Abstand bleibt auch nach der Beseitigung des Druckunterschieds zwischen dem Zwischenraum 4 und dem Außenraum erhalten. Dieser Zustand ist in Fig. 2 dargestellt. Der Abstand zwischen den Platten 1, 2 ist mit d bezeichnet.

[0033] In Fig. 3 ist dieselbe Ausgangssituation dargestellt wie in Fig. 1. Die Platten 1, 2 werden durch das Eigengewicht der Platte 1 sowie einen Druckunterschied beim Absaugen von Gas durch die Öffnungen 8, 9 gegeneinandergedrückt. Im Unterschied zu dem anhand der Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen Verfahren werden hier ein Lotwerkstoff und ein Material für die Platten 1, 2 verwendet, die so beschaffen sind, dass die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs 3, 3' unterhalb der Erweichungstemperatur des Materials/Glases ist, aus dem die Platten 1, 2 bestehen. Besteht eine der Platten 1, 2 beispielsweise aus einem Einscheiben-Sicherheitsglas, dessen mechanische Eigenschaften eine Aufheizung über mehr als 350 °C nicht zulassen, so darf dieser Temperaturwert nicht überschritten werden, und der Schmelzpunkt des Lotwerkstoffs muss unter dieser Temperatur liegen.

[0034] Ausgehend von dem in Fig. 3 dargestellten Zustand werden die Platten 1, 2 aufeinandergelegt, und durch die Erzeugung von Unterdruck im Zwischenraum 4 werden die Platten 1, 2 aneinandergedrückt. Gleichzeitig wird der Lotwerkstoff 3, 3' verflüssigt und verbindet sich mit beiden Platten 1, 2, wie in Fig. 4 dargestellt ist. Ist der Lotwerkstoff 3, 3' viskos, so kann die Temperatursteuerung so betrieben werden, dass die Zeit, über die der Lotwerkstoff verflüssigt ist, ausreicht, um den Lotwerkstoff zwischen den Platten 1, 2 ausreichend zu verteilen, so dass der gewünschte Abstand d zwischen den Platten 1, 2 bzw. der gewünschte Abstand zwischen den Funktionsmedien 6, 7 eingestellt ist. Danach wird die Temperatur abgesenkt, so dass der Lotwerkstoff erstarrt und die Platten 1, 2, die bei Wegfallen des Druckunterschieds wieder elastisch voneinander wegstreben, hält. Der Abstand zwischen den Platten 1, 2 bleibt danach im Wesentlichen konstant, da diese durch den Lotwerkstoff auch nach Wegfall des Druckunterschieds gehalten werden.

[0035] In Fig. 5 ist ein Ausgangszustand mit zwei Platten 1, 2 dargestellt, zwischen denen Partikel 5, 5', beispielsweise in Form von Glaskugeln, angeordnet sind. Beispielhaft ist das Partikel 5 als freies Partikel zwischen den Platten 1, 2 dargestellt, während das Partikel 5' in den Lotwerkstoff 3' integriert ist.

[0036] Wie bereits oben erläutert, wird zwischen den Platten 1, 2 ein Druckunterschied bei gleichzeitiger Temperaturerhöhung erzeugt. Dabei kann in einem Fall der Lotwerkstoff und das Material der Platten 1, 2 derart aufeinander abgestimmt sein, dass zum Schmelzen des Lotwerkstoffs die Erweichungstemperatur

des Materials der Platten 1, 2 nicht erreicht wird, oder die Materialien können auch so gewählt werden, dass die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs 3, 3' etwa bei der Erweichungstemperatur des Materials der Platten oder oberhalb dieser Erweichungstemperatur liegt. Daher können beim Herstellen der Plattenanordnung grundsätzlich sowohl die anhand der Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Vorgänge ablaufen als auch die anhand der Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Vorgänge.

[0037] In jedem Fall wird der Abstand d zwischen den Platten 1, 2 nicht geringer als der Durchmesser oder die äußeren Abmessungen der Partikel 5, 5'. Die Partikel 5, 5' wirken somit als Abstandhalter und stellen den minimalen Abstand d ein. Dies geschieht sowohl bei der Erweichung der Platten 1, 2 als auch bei der Variante des Verfahrens, bei der die Platten 1, 2 nicht erweicht werden. Damit kann mittels der abstandhaltenden Partikel 5, 5' der Wunschabstand zwischen den Platten 1, 2 oder zwischen den Funktionsmedien 6, 7 eingestellt werden.

[0038] Anhand der Fig. 7 ist dargestellt, dass bei einer ausreichenden Aufheizung der Platten über ihre Erweichungstemperatur diese sich dennoch so weit verformen können, dass sie sich in den Bereichen, in den keine abstandhaltenden Partikel angeordnet sind, einander auf einen Abstand nähern, der kleiner als die äußeren Abmaße der Partikel ist. In diesem Fall können die Partikel 5, 5' gezielt so angeordnet werden, dass sie in Reihen oder entlang gerader oder gekrümmter Linien positioniert sind. In der unmittelbaren Umgebung von Partikeln werden die Platten 1, 2 sich einander nicht so weit annähern können wie in den Bereichen, die fern den Partikeln 5, 5" liegen.

[0039] Dies führt dazu, dass in unmittelbarer Nähe der Partikel Hohlräume gebildet werden. Sind die Partikel in einer Reihe oder Linie angeordnet, so verbinden sich die genannten Hohlräume zu Kanälen, die für einen Fluidtransport im Zwischenraum 4 zwischen den Platten 1, 2 zur Verfügung stehen und zu einem besseren Transport von Medien dienen können, die in den Zwischenraum transportiert oder aus diesem entfernt werden sollen. Dies ist beispielsweise dann besonders einfach möglich, wenn die Partikel 5" innerhalb eines Lotwerkstoffs angeordnet und durch diesen vor der Erweichung des Lotwerkstoffs an Ort und Stelle gehalten werden können. Die Partikel können jedoch auch vor dem Herstellungsprozess der Plattenanordnung auf einer der Platten durch Kleben oder in anderer Weise fixiert werden.

[0040] Fig. 8 zeigt in einem Querschnitt eine Anordnung mit zwei Platten 1, 2 vor dem Zusammenfügen, wobei unterhalb der zweiten Platte 2 eine Vakuumvorrichtung zum Absaugen eines Fluids aus dem Zwischenraum 4 angeordnet ist. Die Vakuumvorrichtung weist eine Basisplatte 13 sowie eine nicht dargestellte

te Absaugpumpe auf. Innerhalb der Basisplatte **13** ist ein zentraler Absaugkanal **10** dargestellt. An diesen sind Absaugkanäle **8'**, **9'** angeschlossen, die jeweils an Bohrungen **8**, **9** der zweiten Platten münden, durch die aus dem Zwischenraum **4** ein Fluid abgesaugt werden kann.

[0041] Die zusätzlichen Kanäle **11**, **12** enden an der unteren Platte **2** und erzeugen dort einen Unterdruck, der die Platte **2** an der Basisplatte **13** festhält. Damit kann die Plattenanordnung während der Durchführung des Verfahrens mittels der Basisplatte **13** leicht gehandhabt werden.

[0042] Nach Abdichten des Zwischenraums zwischen den Platten **1**, **2** und Erzeugen eines Unterdrucks im Zwischenraum **4** kann der Kanal **10** verschlossen werden, so dass durch den bleibenden Unterdruck sowohl ein Unterdruck im Zwischenraum **4** erhalten bleibt als auch eine Anpresskraft der Plattenanordnung **1**, **2** gegen die Basisplatte **13** erzeugt wird. In diesem Zustand kann dann die Temperaturbehandlung erfolgen.

[0043] Fig. **9** zeigt in einem Diagramm den Verlauf der Temperatur, der die Plattenanordnung **1**, **2** über eine Zeit t unterworfen wird. Die Temperatur T wird zunächst über einen Anfangszeitraum bis zum Zeitpunkt t_1 von der Raumtemperatur T_0 ausgehend angehoben. Zu diesem Zeitpunkt etwa beginnt die Anwendung von Unterdruck durch das Absaugen von Fluid durch die Öffnungen **8**, **9** in der Platte **2**. Die Temperatur kann daraufhin noch geringfügig über die Temperatur T_1 hinaus erhöht werden. Die erhöhte Temperatur wird über eine bestimmte Zeit bis etwa zum Zeitpunkt t_2 gehalten und dann abgesenkt. Der Absaugvorgang kann bereits vor dem Zeitpunkt t_2 oder auch erst zum Zeitpunkt t_2 angehalten werden. Daraufhin wird die Temperatur bis zum Zeitpunkt t_3 langsam abgesenkt. Nach dem Zeitpunkt t_3 kann die Temperatur weiter bis auf Raumtemperatur abgesenkt werden.

[0044] Mit der Temperatur T_1 ist die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs **3**, **3'** bezeichnet. Da die Temperatur über diese Schmelztemperatur hinaus erhöht wird, hängt die Tatsache, ob die Platten erweicht werden, davon ab, ob deren Erweichungstemperatur oberhalb oder unterhalb der Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs liegt und während des beschriebenen Verfahrens wenigstens zeitweise erreicht wird oder nicht.

[0045] Durch Wahl der verwendeten Materialien, mit abgestimmten Erweichungs- bzw. Verarbeitungstemperaturen, kann bei geeigneter Temperatursteuerung auch über die Zeit, d. h. bei der Einstellung eines zeitabhängigen Temperaturprofils, erreicht werden, dass durch Schmelzen des Lotwerkstoffs eine fluid-dichte Verbindung der Platten **1**, **2** miteinander ge-

schaffen wird, wobei zudem der gewünschte Abstand zwischen den Platten oder zwischen den zwischen ihnen befindlichen Funktionsmedien genau und mit geringsten ortsabhängigen Abweichungen eingestellt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Plattenanordnung mit zwei Platten (1, 2), die wenigstens abschnittsweise einen zwischen ihnen gelegenen Zwischenraum (4) und einen gleichbleibenden Abstand (d) zueinander aufweisen und/oder parallel zueinander angeordnet sind und zwischen denen ein schmelzbarer Lotwerkstoff (3, 3') angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Druckdifferenz zwischen dem Zwischenraum (4) zwischen den Platten und dem die Platten umgebenden Außenraum erzeugt wird, derart, dass der Druck im Außenraum höher ist als im Zwischenraum (4) und dass die Temperatur des Lotwerkstoffes (3, 3') zumindest zeitweise während des Bestehens der Druckdifferenz vorübergehend über seine Schmelztemperatur oder seine Verbindungstemperatur erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens eine Platte, insbesondere beide Platten (1, 2), während der Zeit, in der der Druck im Außenraum höher ist als im Zwischenraum (4), zumindest vorübergehend bis über die Erweichungstemperatur ihres Materials hinaus erhitzt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Platten (1, 2), insbesondere in dem Lotwerkstoff (3, 3'), Partikel (5, 5') angeordnet werden, deren Durchmesser dem zu erzielenden Abstand (d) zwischen den Platten entspricht und deren Erweichungstemperatur höher liegt als die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffes (3, 3'), wobei die Temperatur während der Verbindung der Platten unterhalb der Erweichungstemperatur des Partikelmaterials bleibt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel (5, 5') in dem Zwischenraum entlang zu erzeugender Kanäle (13, 14) angeordnet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur während der Zeit, in der der Druck im Außenraum der beiden Platten (1, 2) höher ist als im Zwischenraum (4), unterhalb der Erweichungstemperatur des Materials / der Materialien einer der Platten (1, 2) oder beider Platten, insbesondere unterhalb von 350 °C, bleibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Platten (1, 2), insbesondere in dem Lotwerkstoff (3, 3'), Partikel (5, 5') an-

geordnet werden, deren Durchmesser dem zu erzielenden Abstand (d) zwischen den Platten entspricht und deren Erweichungstemperatur höher liegt als die Schmelztemperatur des Lotwerkstoffs (3, 3'), wobei die Temperatur während der Verbindung der Platten (1, 2) unterhalb der Erweichungstemperatur des Partikelmaterials bleibt.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Verbindungsvorgangs der Platten (1, 2) die Druckdifferenz zwischen dem Innenraum (4) und dem Außenraum der Platten mittels einer Druckmesseinrichtung (15) gemessen wird.

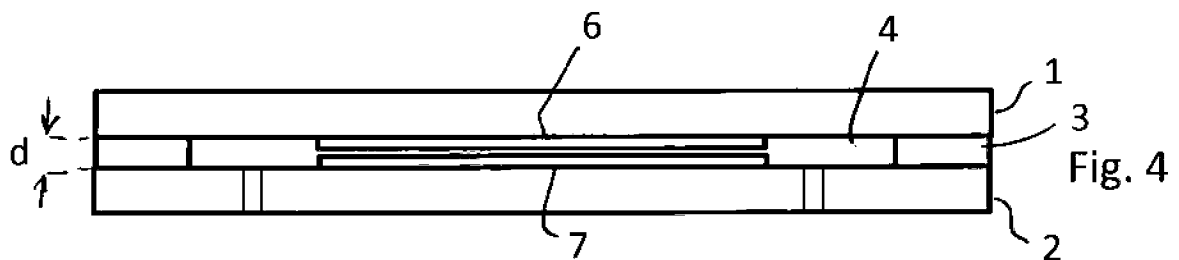
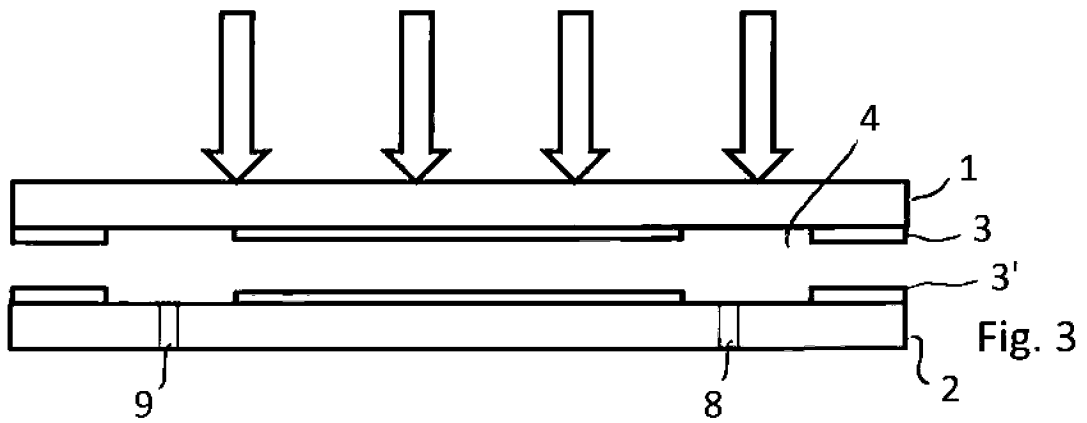
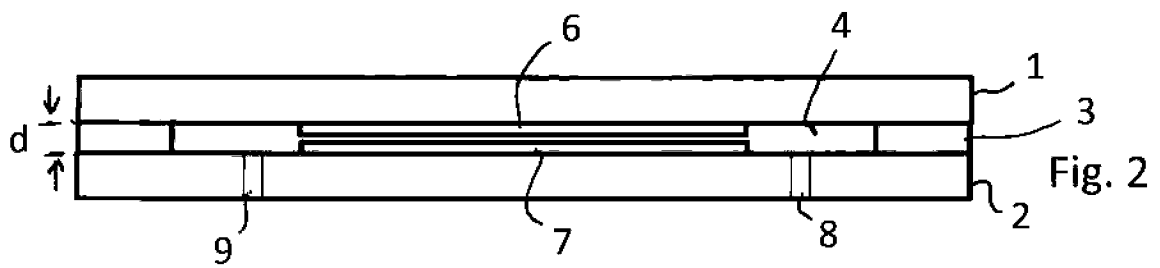
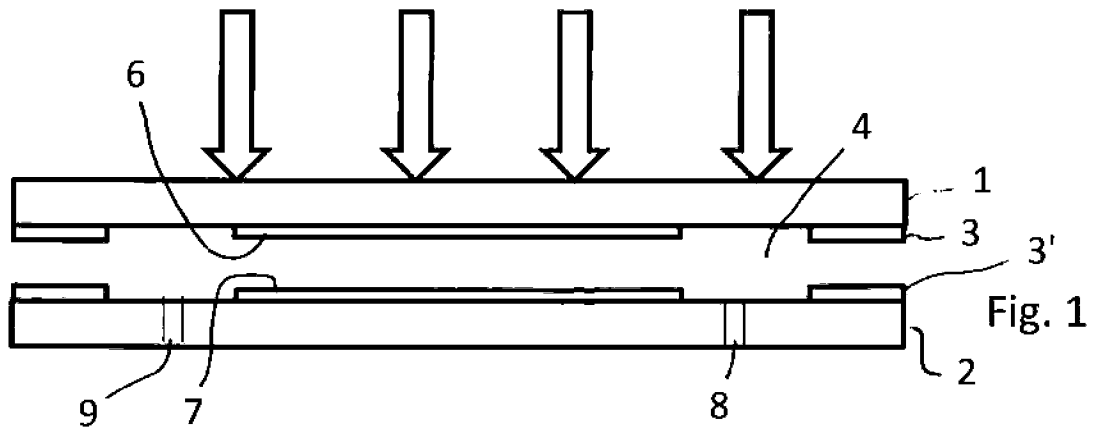
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Verbindungsvorgangs der Platten (1, 2) mittels eines Temperatursensors (16) die Temperatur gemessen wird.

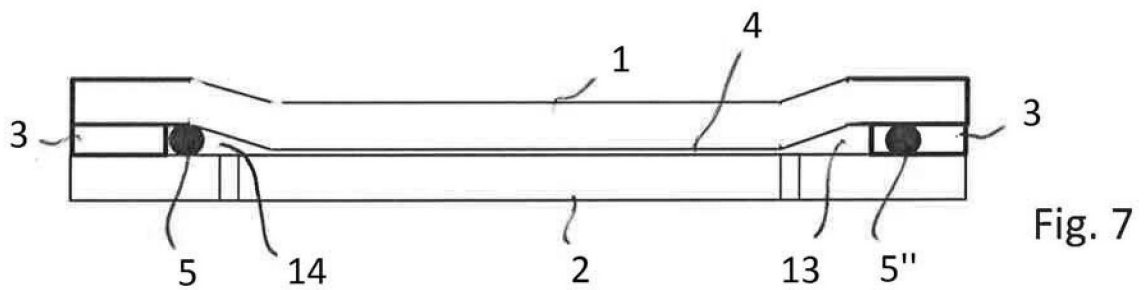
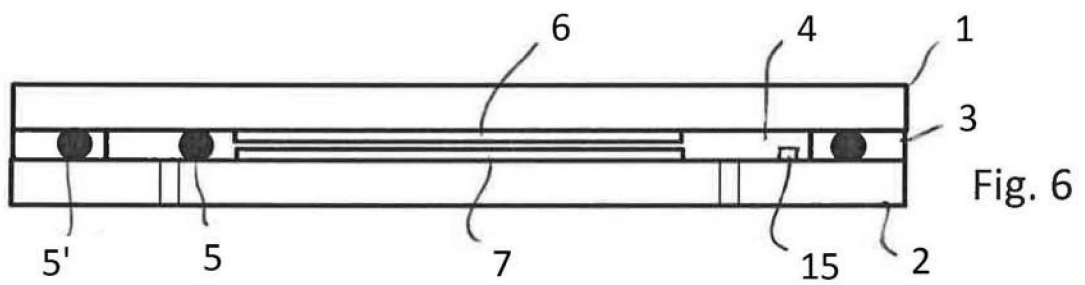
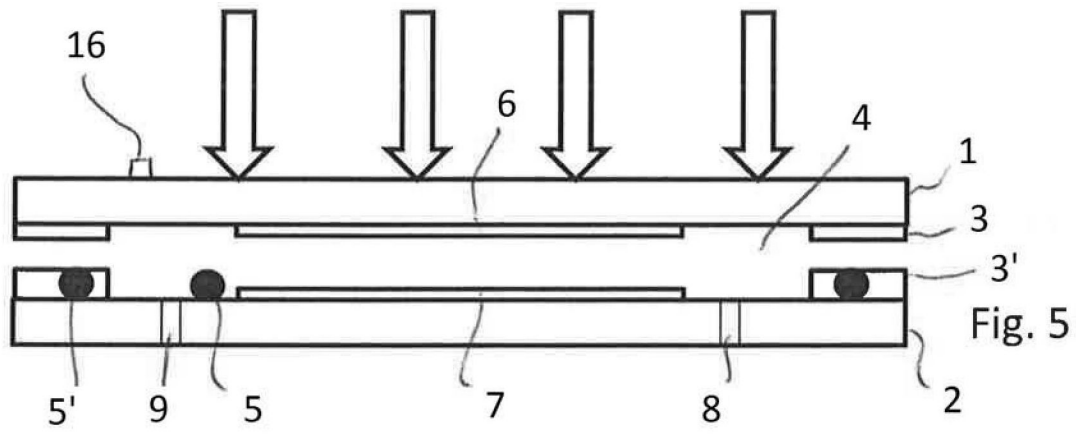
9. Einrichtung zur Herstellung einer Plattenanordnung mit zwei Platten (1, 2), die wenigstens abschnittsweise einen gleichbleibenden Abstand (d) zueinander aufweisen und/oder parallel zu einander angeordnet sind, wobei die Einrichtung eine Vakuuvorrichtung (13) zum Absaugen eines Fluids, insbesondere eines Gases, aus dem Zwischenraum (14) zwischen den Platten (1, 2) aufweist.

10. Einrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie eine Vorrichtung zur Steuerung der Temperatur der Plattenanordnung mittels einer Heizung (17) aufweist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





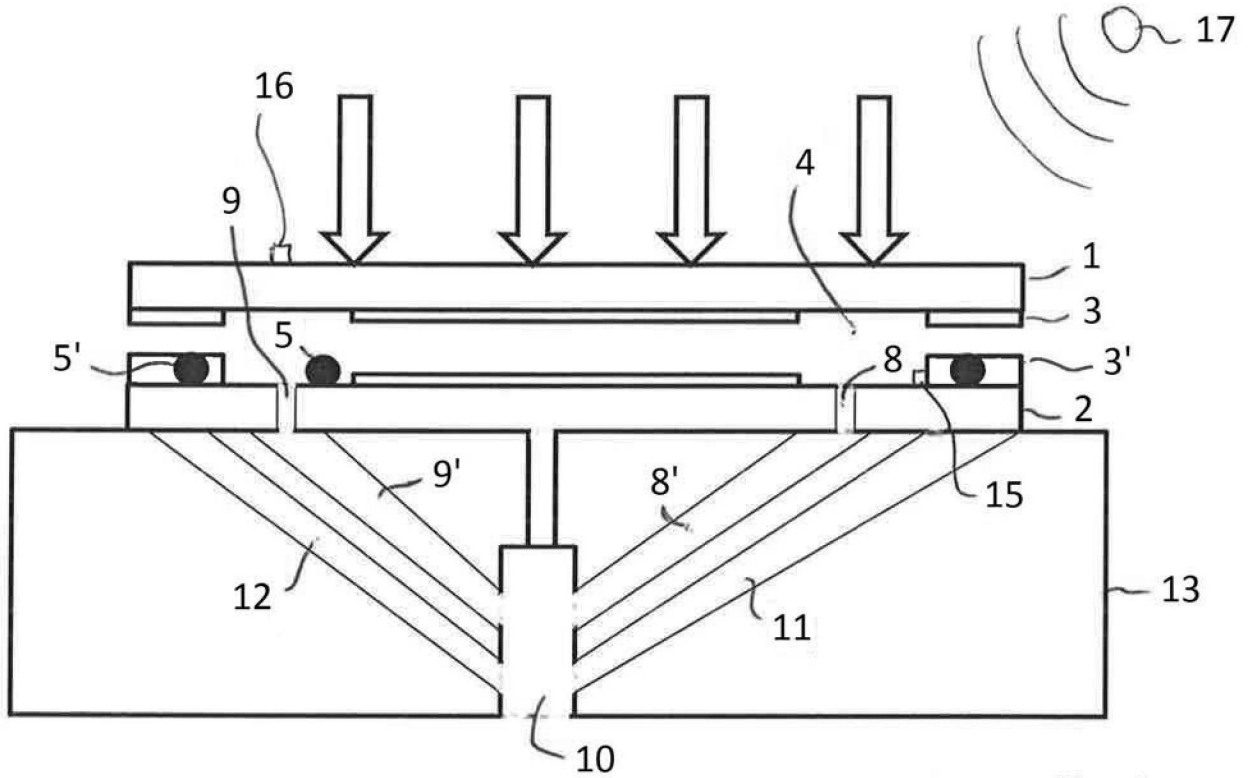


Fig. 8

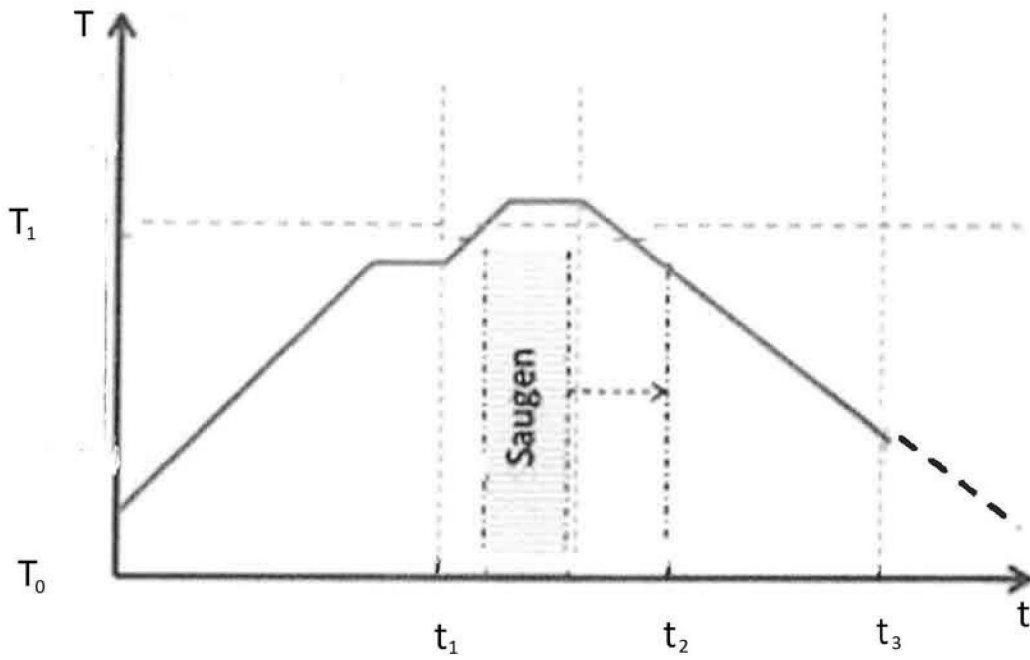


Fig. 9