



(10) **DE 11 2019 002 005 B4** 2022.03.10

(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2019 002 005.6**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2019/025930**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/204050**
(86) PCT-Anmeldetag: **05.04.2019**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.10.2019**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **25.02.2021**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.03.2022**

(51) Int Cl.: **C04B 37/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
15/955,431 **17.04.2018** **US**

(73) Patentinhaber:
**WATLOW ELECTRIC MANUFACTURING
COMPANY, St. Louis, MO, US**

(74) Vertreter:
**Geskes Patent- und Rechtsanwälte, 50968 Köln,
DE**

(72) Erfinder:
**Margavio, Patrick, Columbia, MO, US; English,
Kurt, Columbia, MO, US; Wilson, Jacob, St.
Charles, MO, US; Pizzella, Miranda, St. Louis, MO,
US; Brooke, Todd, St. Louis, MO, US**

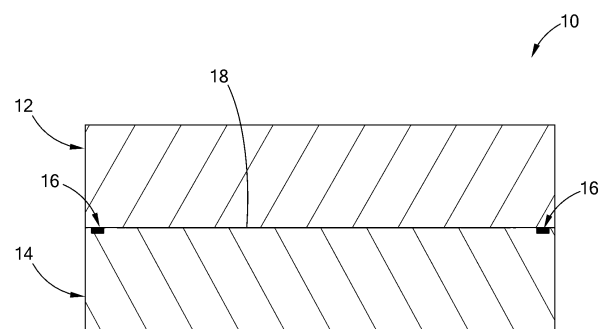
(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	2006 / 0 156 528	A1
US	2013 / 0 180 976	A1
US	2015 / 0 108 203	A1
US	5 240 671	A
US	5 985 464	A

(54) Bezeichnung: **KERAMIK-ALUMINIUM-ANORDNUNG MIT VERBINDENDEN GRÄBEN**

(57) Hauptanspruch: Anordnung (10, 90) bestehend aus:

- einem ersten Element (12, 92);
- einem zweiten Element (14, 94), das angrenzend an das erste Element (12, 92) angeordnet ist, wobei mindestens eines von dem ersten Element (12, 92) und dem zweiten Element (14, 94) mindestens einen Graben (22) aufweist, wobei der mindestens eine Graben (22) eine Tiefe und eine Breite aufweist; und
- ein Aluminiummaterial (16, 96), das innerhalb des Grabens (22) angeordnet ist und das erste Element (12, 92) mit dem zweiten Element (14, 94) entlang benachbarter Flächen (18) verbindet, wobei ein Abstand zwischen dem ersten Element (12, 92) und dem zweiten Element (14, 94) entlang der benachbarten Flächen weniger als 5 µm beträgt, und die Breite des mindestens einen Grabens (22) zwischen dem 5- und 20-fachen der Tiefe des mindestens einen Grabens (22) beträgt.



Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität und den Nutzen der am 17. April 2018 eingereichten US-Anmeldung Nr. 15/955431. Die Offenlegung der obigen Anmeldung wird hiermit durch Verweis aufgenommen.

[0002] Die vorliegende Offenlegung bezieht sich im Allgemeinen auf Methoden zum Verbinden von Objekten und im Besonderen auf Methoden zum Verbinden von keramischen Materialien und den daraus resultierenden verbundenen Anordnungen.

[0003] In der Halbleiterverarbeitung werden häufig Stützsockel verwendet. Ein Stützsockel umfasst typischerweise ein Plattenelement zum Abstützen eines Wafers darauf und eine rohrförmige Welle, die unter dem Plattenelement angeordnet ist. Das Plattenelement kann ein Keramiksubstrat und mehrere Funktionselemente, wie z.B. ein Heizelement, enthalten, die in das Keramiksubstrat eingebettet sind. US 2003/0228772 A1 und US 2018/0374737 A1 offenbaren jeweils einen Stützsockel für die Verwendung in der Halbleiterverarbeitung, wobei der Stützsockel keramische Substrateile und eingebettete Funktionselemente umfasst.

[0004] AKSELSSEN, O. M. „Advances in Brazing of Ceramics“ Journal of Materials Science, 27.8 (1992): S. 1989-2000, offenbart, dass das Keramiksubstrat durch Heißpressen geformt wird. Heißpressen ist ein Prozess mit hohem Druck und geringer Dehnung, um die Verdichtung des Pulvers oder der verdichteten Vorform bei hoher Temperatur zu verbessern. Typischerweise wird das Pulver oder der verdichtete Vorformling in eine Form gelegt, und zur Verdichtung und Sinterung werden hohe Temperaturen und Druck angewendet.

[0005] Die Funktionselemente, die in das Keramiksubstrat eingebettet sind, müssen beim Heißpressverfahren hoher Hitze und hohem Druck standhalten. Daher sind die Materialien für die Formung der Funktionselemente begrenzt. Darüber hinaus erfordert das Heißpressen Hochtemperatur- und Hochdruck-ausrüstung, was die Herstellungskosten erhöht.

[0006] HU F. et al „Developments in Hot Pressing (HP) and hot isostatic pressing (HIP) of ceramic matrix composites“ Advances in Ceramic Matrix Composites, 2. Auflage (2014): S. 177-202, offenbart, dass zwei oder mehr Keramiksubstrate durch Hartlötverbindungen miteinander verbunden werden. Die Hartlötverbindung ist jedoch aufgrund der schlechten Benetzbarkeit der keramischen Werkstoffe sowie des inkompatiblen Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) zwischen den Hartlötmetallen und den keramischen Werkstoffen nicht unproblematisch. Zwischen den Hartlötmetallen und den keramischen Substraten

können bei erhöhten Temperaturen aufgrund ihrer deutlich unterschiedlichen Wärmeausdehnungen Risse oder Delaminationen auftreten.

[0007] US 5,240,671 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Keramik-Keramik-Substrats und ein entsprechendes Substrat. Zur Verbesserung der Anbindung werden die zu verbindenden Oberflächen mit Gräben versehen, als metallisches Verbindungsmaterial werden bevorzugt Molybdän, Wolfram, Gold und Kupfer verwendet.

[0008] US 2006/0156528 A1 offenbart die Verbindung zweier keramischer Komponenten aus AlN mittels eines Aluminiummaterials, wobei eine Komponente eine flache Platte und die andere eine Hohlwelle ist.

[0009] US 5,985,464 A, US 2013/0180976 A1 und US 2006/0156528 A1 offenbaren jeweils Keramik-Keramik-Substrate, welche mit metallischen Materialien, z.B. Aluminiummaterialien, verbunden werden.

[0010] US 5,985,464 A offenbart die Verbindung jeweils eines dichten und eines porösen Keramikelements. Zur Verbesserung der Anbindung werden die zu verbindenden Oberflächen angeraut und mit Gräben versehen.

[0011] US 2013/0180976 A1 offenbart ein Keramik-Keramik-Substrat, bei welchem die Anbindung unter Verwendung von Gräben erfolgt.

[0012] US 2006/0156528 A1 offenbart ein AlN-AlN-Substrat mit Gräben, die frei von metallischem Verbindungsmaterial bleiben.

[0013] Diese Herausforderungen, neben anderen Herausforderungen bei der Herstellung von Keramikstützsockeln, werden in der vorliegenden Offenlegung behandelt.

[0014] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist eine Anordnung vorgesehen. Die Anordnung umfasst ein erstes Element und ein zweites Element, das angrenzend an das erste Element angeordnet ist, wobei mindestens eines von dem ersten Element und dem zweiten Element mindestens einen Graben (Trench) aufweist, wobei der mindestens eine Graben eine Tiefe und eine Breite aufweist. Die Anordnung umfasst auch ein Aluminiummaterial, das innerhalb des Grabens angeordnet ist und das erste Element mit dem zweiten Element entlang benachbarter Flächen verbindet, wobei ein Abstand zwischen dem ersten Element und dem zweiten Element entlang der benachbarten Flächen weniger als 5 µm beträgt, und die Breite des mindestens einen Grabens zwischen dem 5- und 20-fachen der Tiefe des mindestens einen Grabens beträgt.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung liegt die Oberflächenrauheit der aneinander angrenzenden Flächen des ersten und zweiten Elements zwischen 5 µm und 100 µm.

[0016] In einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weist der Graben mindestens eine quadratische, rechteckige, bogenförmige oder polygonale Geometrie auf. Alternative Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung umfassen weiterhin mehrere Gräben, die in einem Abstand von weniger als 2 mm voneinander angeordnet sind. Alternativ dazu verlaufen bei anderen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung die Vielzahl der Gräben parallel zueinander.

[0017] In zahlreichen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden das erste Element und das zweite Element aus der Gruppe ausgewählt bestehend aus einer Keramik, Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumoxid, Zirkoniumdioxid und Siliziumkarbid (SiC).

[0018] In einer anderen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung sind das erste Element und das zweite Element jeweils Aluminiumnitrid (AlN).

[0019] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist sowohl das erste Element als auch das zweite Element eine flache Platte.

[0020] In einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist das erste Element eine flache Platte und ist das zweite Element eine Hohlwelle.

[0021] In einigen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung besteht der mindestens eine Graben aus mindestens drei Gräben oder mindestens fünf Gräben.

[0022] In mindestens einer Ausgestaltung der vorliegenden Offenlegung ist das Aluminiummaterial eine Aluminiumfolie.

[0023] In einer Ausgestaltung ist ein Verfahren zum Verbinden einer Anordnung vorgesehen. Das Verfahren umfasst das Vorbereiten eines ersten Elements und eines zweiten Elements; das Bilden mindestens eines Grabens in mindestens einem des ersten Elements oder des zweiten Elements; das Anordnen eines Streifens aus festem Aluminiummaterial zwischen dem ersten Element und dem zweiten Element quer über dem Graben; das Zusammenbringen des ersten Elements und des zweiten Elements, um das feste Aluminiummaterial zu kontaktieren und die Anordnung zu bilden; Aufbringen einer Kraft und Wärme auf die Anordnung oberhalb eines Schmelzpunkts des festen Aluminiummaterials, so dass das feste Aluminiummaterial in den Graben fließt; Aufbringen zusätzlicher Wärme auf die Anordnung bei

oder oberhalb einer Benetzungstemperatur des Elements, in dem der Graben gebildet wird, um das erste Element mit dem zweiten Element entlang benachbarter Flächen zu verbinden; und Kühlen der Anordnung, wobei ein Abstand zwischen dem ersten Element und dem zweiten Element entlang der benachbarten Flächen weniger als 5 µm beträgt.

[0024] In mindestens einer Ausgestaltung des Verfahrens umfasst die Vorbereitung des ersten und zweiten Elements die Erzeugung einer Oberflächenrauheit der benachbarten Flächen des ersten und zweiten Elements zwischen 5 µm und 100 Nanometer. In einigen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung wird das feste Aluminiummaterial durch einen physikalischen Gasphasenabscheidungsprozess (PVD) aufgebracht.

[0025] Weitere Anwendungsbereiche werden sich aus der vorliegenden Beschreibung ergeben. Es wird darauf hingewiesen, dass die Beschreibung und die spezifischen Beispiele nur der Veranschaulichung dienen und den Umfang der vorliegenden Erfindung nicht einschränken sollen.

[0026] Die vorliegende Erfindung wird durch die detaillierte Beschreibung und die begleitenden Zeichnungen besser verständlich, wobei:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer verbundenen Anordnung ist, die gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung konstruiert wurde;

Fig. 2 eine Seitenansicht eines zweiten Elements der verbundenen Anordnung von **Fig. 1** ist;

Fig. 3 eine vergrößerte Ansicht von Teil A von **Fig. 2** ist;

Fig. 4 ein Flussdiagramm einer Methode zum Bonding von Materialien ist;

Fig. 5A bis **Fig. 5E** die Schritte des Verbindens (Bondings) von Materialien unter Verwendung der Methode von **Fig. 4** darstellen, wobei:

Fig. 5A einen Schritt des Anbringens eines massiven Aluminiummaterials zwischen einem ersten Element und einem zweiten Element darstellt;

Fig. 5B einen Schritt des Schmelzens von festem Aluminiummaterial und des Bewirkens des Fließens des geschmolzenen Aluminiummaterials in Gräben (trenches) des zweiten Elements darstellt;

Fig. 5C einen Schritt darstellt, bei dem das erste Element und das zweite Element gegeneinander gepresst werden, um den Abstand zwischen ihnen zu verringern;

Fig. 5D einen Schritt des Erhitzens der Baugruppe auf eine Temperatur oberhalb einer

Benetzungstemperatur zeigt, so dass das geschmolzene Aluminiummaterial sich an die Geometrie der Gräben anpasst;

Fig. 5E eine vergrößerte Ansicht von Teil B von **Fig. 5D** ist;

Fig. 6 eine schematische Ansicht einer Variante einer verbundenen Anordnung ist; und

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer anderen Variante einer verbundenen Anordnung ist, die in Übereinstimmung mit den Lehren der vorliegenden Erfindung konstruiert wurde.

[0027] Entsprechende Bezugszeichen kennzeichnen entsprechende Teile in den verschiedenen Ansichten der Zeichnungen.

[0028] Die folgende Beschreibung hat lediglich exemplarischen Charakter und soll die vorliegende Erfindung, Anwendung oder Verwendung nicht einschränken.

[0029] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** enthält eine verbundene Anordnung 10, die in Übereinstimmung mit den Lehren der vorliegenden Offenbarung konstruiert wurde, ein erstes Element 12 und ein zweites Element 14, die durch Aluminiummaterial 16 entlang einer Peripherie des ersten und zweiten Elements 12 und 14 verbunden sind. Das erste Element 12 und das zweite Element 14 können aus keramischen Materialien wie Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumoxid, Zirkondioxid und Siliziumkarbid (SiC) bestehen. Wenn die verbundene Anordnung 10 verwendet wird, um einen Stützsockel in der Halbleiterverarbeitung zu bilden, können sowohl das erste Element 12 als auch das zweite Element 14 aus Aluminiumnitrid (AlN) bestehen, und Funktionsschichten (nicht abgebildet) können an der Grenzfläche zwischen dem ersten und dem zweiten Element 12, 14 angeordnet werden.

[0030] Das erste und zweite Element 12, 14 in dieser Ausgestaltung haben jeweils eine Plattenkonfiguration und weisen benachbarte Flächen 18 auf, die einander gegenüberliegen. In einer Ausgestaltung haben die benachbarten Flächen 18 eine Oberflächenebenheit von weniger als 5 µm und eine Oberflächenrauheit von weniger als 3 µm. In einer Anwendung kann die Oberflächenrauheit der benachbarten Flächen 18 im Bereich zwischen 100 nm und 5 µm liegen. Der Abstand zwischen dem ersten Element 12 und dem zweiten Element 14 entlang der benachbarten Flächen beträgt in einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung weniger als 5 µm.

[0031] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** und **Fig. 3** weist mindestens eines der ersten und zweiten Elemente 12 und 14 ein Verbindungs(Bonding)mittel 20 entlang seiner Peripherie und auf der angrenzenden Fläche 18 auf. Das Verbindungsmittel 20 kann, wie

dargestellt, die Form eines oder mehrerer Gräben (trenches) 22 haben. Das Aluminiummaterial 16 wird in die Gräben 22 eingefüllt, wie nachstehend näher beschrieben. Einer der Gräben 22, der näher zur Mitte des zweiten Elements 14 liegt, kann tiefer sein als die anderen Gräben 22. Während im zweiten Element 14 insgesamt vier Gräben 22 in der abgebildeten Ausführungsform dargestellt sind, kann das Bondingmerkmal 20 eine beliebige Anzahl von Gräben haben und im ersten Element 12 und/oder im zweiten Element 14 ausgebildet werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Darüber hinaus können die Gräben 22 je nach Anforderungserfordernissen eine beliebige Bahn entlang jedes der ersten und/oder zweiten Elemente 12/14 nehmen, der u.a. kreisförmig, gewunden oder linear sein kann.

[0032] In **Fig. 3** ist das feste Aluminiummaterial 16 dargestellt, um die Position des festen Aluminiummaterials 16 relativ zu den Gräben 22 zu zeigen, wenn das feste Aluminiummaterial 16 zwischen dem ersten Element 12 und dem zweiten Element 14 angeordnet wird. In dieser Ausgestaltung wird das feste Aluminiummaterial 16 so angeordnet, dass es die beiden äußersten Gräben 22 überlappt. In dieser Form hat der tiefste Graben, der sich näher zur Mitte des zweiten Elements 12 befindet, die Funktion, das Fließen des geschmolzenen Aluminiummaterials in Richtung der Mitte und außerhalb des Verbindungsbereichs zu begrenzen.

[0033] Wenn mehrere Gräben 22 gebildet werden, können die mehreren Gräben 22 parallel zueinander konfiguriert werden und in einem Abstand von weniger als 2 mm voneinander angeordnet sein. Durch Annäherung der Gräben 22 aneinander kann die Größe des Verbindungsbereichs auf weniger als 2 mm reduziert werden. Eine kleinere Verbindungsfläche hat den Vorteil, dass die Fläche, die auf die Benetzungstemperatur erwärmt werden muss, reduziert ist und eine gleichmäßige Erwärmung im Verbindungsbereich während des Verbindungsprozesses erreicht wird, was im Folgenden näher beschrieben wird. Darüber hinaus verringert die kleinere Verbindungsfläche das Risiko, dass Aluminium in angrenzende Bereiche fließt, in denen Funktionselemente wie Durchkontaktierungen, Leiterbahnen, Abschlüsse u.a. angeordnet sind. Die Gräben 22 sind auch so konfiguriert, dass sie den Fluss von Aluminium oder anderem Verbindungsmaterial, das neben Aluminium verwendet werden kann, im Verbindungsbereich begrenzen.

[0034] In einer Ausgestaltung beträgt die Anzahl der Gräben 22 mindestens drei oder mindestens fünf. Das Seitenverhältnis (d.h. die Breite/Tiefe) jedes der Gräben 22 liegt zwischen 5 und 20. Mit anderen Worten, die Breite jedes Grabens liegt zwischen dem 5- und 20-fachen der Tiefe eines jeden Grabens 20.

Ein flacherer Graben 22 trägt zu einer erwünschten Hermetizität von weniger als 10^{-9} mbar l/sec bei. Die Breite des Verbindungsbereichs kann weniger als 3 mm betragen. Die Tiefe der Gräben 22 beträgt weniger als 50 μm , und in einer Ausgestaltung weniger als 20 μm , um die thermische Belastung aufgrund von Unterschieden in der Wärmeausdehnung zwischen dem Verbindungsmaterial (d.h. Aluminium) und dem Keramikteil (d.h. AlN) zu reduzieren. Wenn ein tieferer Graben (z.B. größer als 100 μm) verwendet wird, sollte der Graben 22 breiter gemacht werden, um die erforderliche Hermetizität zu erreichen.

[0035] Wenn das erste und das zweite Element 12, 14 kreisförmige Elemente sind, sind die mehreren Gräben 22 so konfiguriert, dass sie eine ringförmige Form entlang des Umfangs des ersten und des zweiten Elements 12, 14 aufweisen. Die Form (oder die Bahn) der Gräben 22 kann jedoch je nach Anwendungsanforderungen variieren und kann weiterhin eine variierende Breite (statt einer konstanten Breite, wie hier dargestellt) aufweisen, womit sie innerhalb des Umfangs der vorliegenden Offenbarung bleibt.

[0036] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beginnt nun ein Verfahren 50 zur Verbindung von Materialien, insbesondere Keramikmaterialien, zur Herstellung ein verbundenen Anordnung 10 mit der Herstellung eines ersten Elementes 12 und eines zweiten Elementes 14 mit einer vorherbestimmten Oberflächenrauheit der angrenzenden Flächen 18 in Schritt 52. Das erste Element 12 und das zweite Element 14 können aus Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumoxid, Zirkondioxid und Siliziumkarbid (SiC) hergestellt werden. Die angrenzenden Flächen 18 des ersten und zweiten Elements haben jeweils eine Oberflächenrauheit zwischen 100 nm und 5 μm .

[0037] Als nächstes wird mindestens ein Graben 22 in der angrenzenden Fläche 18 von mindestens einem der ersten und zweiten Elemente 12, 14 in Schritt 54 gebildet. Unter Bezugnahme auf **Fig. 5A** werden das erste Element 12 und das zweite Element 14 angrenzend aneinander angeordnet, wobei in Schritt 56 ein festes Aluminiummaterial dazwischen angeordnet wird. Das feste Aluminiummaterial kann eine Aluminiumfolie sein und angrenzend an den mindestens einen Graben 22 angeordnet werden. Dieser Schritt wird bei Raumtemperatur durchgeführt. Alternativ kann das Aluminiummaterial in den mindestens einen Graben 22 gesputtert werden, z.B. durch physikalische Abscheidung aus der Gasphase (PVD).

[0038] Danach werden Kraft und Wärme auf die Baugruppe aus dem ersten und zweiten Element 12, 14 und dem festen Aluminiummaterial oberhalb eines Schmelzpunktes des festen Aluminiummaterials in Schritt 58 aufgebracht. Der Schmelzpunkt des massiven Aluminiummaterials liegt bei etwa

660 °C. Die Kraft wird auf das erste und zweite Element 12, 14 ausgeübt, um das erste und zweite Element gegeneinander zu drücken. In diesem Schritt wird das feste Aluminiummaterial geschmolzen und das geschmolzene Aluminiummaterial fließt in die Gräben 22, wie in **Fig. 5B** dargestellt. Während weiterhin Kraft auf das erste und zweite Element 12 und 14 ausgeübt wird, wird der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Element 12 und 14 verringert, bis der größte Teil des geschmolzenen Aluminiummaterials in die Gräben 22 geflossen ist. Wie in **Fig. 5C** gezeigt, ballt das geschmolzene Aluminiummaterial jedoch auf und passt sich aufgrund der schlechten Benetzbarkeit des Keramikmaterials des ersten oder zweiten Elements 12, 14 nicht an die Geometrie der Grabenwand an. In einer Ausführungsform beträgt der Abstand zwischen dem ersten Element 12 und dem zweiten Element 14 entlang der angrenzenden Flächen 18 weniger als 5 μm .

[0039] Die Wärme kann lokal in den Verbindungsbereich des ersten und zweiten Elements 12, 14 eingebracht werden, um die Risiken einer Beschädigung der Funktionselemente zu verringern, die in anderen Bereichen des ersten und zweiten Elements 12, 14 angeordnet sind.

[0040] Als nächstes wird zusätzliche Wärme auf die Anordnung bei oder oberhalb einer Benetzungstemperatur des ersten Elements 12 oder des zweiten Elements 14 aufgebracht, wo der Graben 22 gebildet ist, um das erste Element 12 mit dem zweiten Element 14 entlang der benachbarten Flächen 18 in Schritt 60 zu verbinden. Bei Aluminiumnitrid liegt die Benetzungstemperatur über 850 °C. In diesem Schritt wird das native Aluminiumoxid gebrochen, um eine Benetzbarkeit des Keramikmaterials zu erreichen. Die Benetzbarkeit der Keramiken kann erreicht werden, wenn die Reinheit des Aluminiums größer oder gleich etwa 97% ist, die Temperatur über etwa 800 °C liegt, der Druck etwa 0,1 MPa bis 6,5 MPa beträgt und ein Vakuum etwa 10^{-3} Torr beträgt und unter einem Vakuumniveau liegt. Vakuumniveau und Temperatur werden aufeinander abgestimmt, um eine Benetzbarkeit gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung zu erreichen. Eine Benetzbarkeit kann bei 10^{-3} Torr und einer Temperatur von 1100 °C oder bei 10^{-6} Torr und einer Temperatur von 800 °C erreicht werden. Wenn der thermische Prozess zwischen 1 bis 10 Stunden durchgeführt wird, beginnt das Aluminium in das Aluminiumnitrid zu diffundieren und passt sich an die Geometrie des Aluminiumnitrids an. Daher wird das geschmolzene Aluminiummaterial so geformt, dass es der Geometrie der Gräben 22, wie in **Fig. 5D** gezeigt, entspricht, sogar im Mikromaßstab, aufgrund der Benetzung zwischen dem geschmolzenen Aluminiummaterial und der Grabenwand des ersten Elements 12 oder des zweiten Elements 14.

[0041] In ähnlicher Weise kann die zusätzliche Wärme lokal auf den Verbindungsbereich und nicht auf die gesamte Anordnung aufgebracht werden, um das Risiko einer Beschädigung der Funktionselemente zu verringern, die in anderen Bereichen des ersten und zweiten Elements 12, 14 angeordnet sind.

[0042] Wie in **Fig. 5E** gezeigt, weist geschmolzenes Aluminiummaterial eine gute Benetzbarkeit auf, so dass Aluminium verwendet werden kann, um zwei keramische Materialien, insbesondere Aluminiumnitrid (AlN), miteinander zu verbinden, um eine hermetische Verbindung zwischen ihnen zu erzeugen.

[0043] Nachdem das erste Element 12 mit dem zweiten Element 14 verbunden wurde, wird die Baugruppe in Schritt 62 abgekühlt.

[0044] Unter Bezugnahme auf **Fig. 6** kann eine Variante einer verbundenen Anordnung 70 ein erstes Element 72 und ein zweites Element 74 aufweisen, die durch ein Aluminiummaterial 76 durch ein direktes Verbinden (Bonden) von Oberfläche zu Oberfläche verbunden sind, ohne einen Graben im ersten Element 72 oder im zweiten Element 74 zu bilden. Das erste und das zweite Element 72, 74 werden vor dem Verbinden vorübergehend durch Distanzmittel 78 in dieser Ausführungsform voneinander beabstandet, und das Aluminiummaterial 76 weist eine Breite von mehr als 2 mm auf, um Hermetizität zu erreichen.

[0045] Unter Bezugnahme auf **Fig. 7** kann eine Variante einer verbundenen Anordnung 90, die in Übereinstimmung mit den Lehren der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, ein erstes Element 92, ein zweites Element 94 und ein Aluminiummaterial 96 enthalten, das in einen einzelnen Graben eines der ersten und zweiten Elemente 92, 94 gefüllt wird. Wenn ein einziger Graben verwendet wird, der in dieser Ausführungsform bogenförmig ist, sollte der Graben eine Breite von mehr als 6 mm und eine Tiefe von mehr als 20 μm haben, um Hermetizität zu erreichen.

[0046] Es versteht sich von selbst, dass die Gräben jede andere als die hierin abgebildeten Formen annehmen können, einschließlich - beispielhaft - konisch (nach innen oder außen), schwalbenschwanzförmig oder polygonal und anderer Formen. Außerdem bezieht sich die „Breite“ des Grabens, wie sie hierin verwendet und beansprucht wird, auf die maximale Abmessung über den Graben für jede beliebige geometrische Form des Grabens, wie z.B. die Bogenform in **Fig. 7**. Des Weiteren können die Gräben an einem Schnittpunkt mit einer Oberfläche des Elements, in dem der Graben gebildet wird, Eckradien enthalten, wobei dies von dem Umfang der vorliegenden Offenbarung abgedeckt ist.

[0047] Mit dem vorgeschlagenen Verbindungs(Bonding)verfahren lassen sich keramische Materialien relativ einfach verbinden. Dieses Verfahren kann zur Herstellung eines Keramiksockels in der Halbleiterverarbeitung verwendet werden, jedoch werden auch andere Anwendungen in Betracht gezogen. Daher können die verschiedenen Funktionsschichten auf einer Vielzahl von keramischen Elementen gebildet und dann durch Aluminiummaterialien miteinander verbunden werden, um das Flächenheizelement zu bilden. Dementsprechend sind Hochtemperatur- und Hochdruckausrüstung für einen Heißpressvorgang möglicherweise nicht erforderlich, um ein monolithisches Substrat zu bilden, wodurch die Herstellungskosten gesenkt werden.

[0048] Darüber hinaus erfordern die Bonding-Verfahren relativ niedrigere Temperaturen und relativ niedrigere Drücke. Dadurch steht für die Ausbildung der verschiedenen Funktionsschichten im Keramiksubstrat eine größere Auswahl an Materialien zur Verfügung. Zum Beispiel kann eine durch Dickschicht-, Dünnschicht-, thermisches Spritzen oder Sol-Gel-Verfahren gebildete Heizschicht auf eines der ersten und zweiten Elemente aufgetragen werden, bevor die ersten und zweiten Elemente nach dem Bonding-Verfahren der vorliegenden Offenlegung miteinander verbunden werden. TiNiHf-Abschluss Hartlot, Nickel-Abschlussbeschichtung oder Aremco®-Ankerpaste kann auf das erste und/oder das zweite Element aufgetragen werden, bevor das erste und das zweite Element unter Verwendung des Bonding-Verfahrens miteinander verbunden werden.

[0049] Die Bonding-Verfahren können auch verwendet werden, um ein Flächenheizelement mit einer rohrförmigen Welle des Stützsockels zu verbinden, um eine Isolierung der Thermoelement-Taschen zu erreichen. Das Bonding-Verfahren kann zur Herstellung einer dünnen (Dicke zwischen 10 und 50 μm) flachen (Oberflächenrauheit weniger als 10 μm) AlN-Heizeinheit in einer Vielzahl von Anwendungen einschließlich elektrostatischer AlN-Spannvorrichtung verwendet werden.

[0050] Darüber hinaus ermöglicht ein mit den Bonding-Verfahren hergestellter Stützsockel die Reparatur und den Austausch des Flächenheizelementes, wodurch die Lebensdauer des Stützsockels verlängert wird.

[0051] Es ist zu beachten, dass sich die Offenbarung nicht auf die beschriebenen und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Es wurde eine Vielzahl von Modifikationen beschrieben, und weitere sind Teil des Wissens des Fachmanns. Diese und weitere Modifikationen sowie jede Ersetzung durch technische Äquivalente können der Beschreibung und den Abbildungen hinzugefügt werden,

ohne den Schutzbereich der Erfindung und des vorliegenden Patents zu verlassen.

Patentansprüche

1. Anordnung (10, 90) bestehend aus:

- einem ersten Element (12, 92);
- einem zweiten Element (14, 94), das angrenzend an das erste Element (12, 92) angeordnet ist, wobei mindestens eines von dem ersten Element (12, 92) und dem zweiten Element (14, 94) mindestens einen Graben (22) aufweist, wobei der mindestens eine Graben (22) eine Tiefe und eine Breite aufweist; und
- ein Aluminiummaterial (16, 96), das innerhalb des Grabens (22) angeordnet ist und das erste Element (12, 92) mit dem zweiten Element (14, 94) entlang benachbarter Flächen (18) verbindet, wobei ein Abstand zwischen dem ersten Element (12, 92) und dem zweiten Element (14, 94) entlang der benachbarten Flächen weniger als 5 µm beträgt, und die Breite des mindestens einen Grabens (22) zwischen dem 5- und 20-fachen der Tiefe des mindestens einen Grabens (22) beträgt.

2. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, bei der eine Oberflächenrauheit der aneinander angrenzenden Flächen des ersten (12, 92) und zweiten Elements (14, 94) zwischen 5 µm und 100 Nanometer liegt.

3. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, bei der der Graben (22) mindestens eine quadratische, rechteckige, bogenförmige oder polygonale Geometrie aufweist.

4. Anordnung (10) gemäß Anspruch 1, weiterhin umfassend mehrere Gräben (22), die einen Abstand von weniger als 2 mm voneinander haben.

5. Anordnung (10) gemäß Anspruch 4, wobei die Vielzahl von Gräben (22) parallel zueinander verlaufen.

6. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, wobei das erste Element (12, 92) und das zweite Element (14, 94) aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumoxid, Zirkoniumdioxid und Siliziumkarbid (SiC) ausgewählt sind.

7. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, wobei sowohl das erste (12, 92) als auch das zweite Element (14, 94) jeweils Aluminiumnitrid (AlN) ist.

8. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, wobei sowohl das erste Element (12, 92) als auch das zweite Element (14, 94) jeweils eine flache Platte ist.

9. Anordnung (10, 90) gemäß Anspruch 1, wobei das erste Element (12, 92) eine flache Platte ist und das zweite Element (14, 94) eine Hohlwelle ist.

10. Anordnung (10) gemäß Anspruch 2, wobei

- das erste Element (12) ein erstes keramisches Element (12) ist;
- das zweite Element (14) ein zweites keramisches Element (14) ist;
- mindestens eines von dem ersten keramischen Element (12) und dem zweiten keramischen Element (14) eine Vielzahl von Gräben (22) aufweist, die einen Abstand von weniger als 2 mm voneinander haben;
- das Aluminiummaterial (16) innerhalb der Vielzahl von Gräben (22) angeordnet ist.

11. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei die ersten (12) und zweiten keramischen Elemente (14) jeweils Aluminiumnitrid (AlN) sind.

12. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei die Vielzahl von Gräben (22) parallel zueinander verlaufen.

13. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei die Vielzahl von Gräben (22) wenigstens drei beträgt.

14. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei die Vielzahl von Gräben (22) fünf beträgt.

15. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei wenigstens ein Graben (22) aus der Vielzahl von Gräben (22) mindestens eine quadratische, rechteckige, bogenförmige oder polygonale Geometrie definiert.

16. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei das erste keramische Element (12) und das zweite keramische Element (14) aus der Gruppe bestehend aus Aluminiumnitrid (AlN), Aluminiumoxid, Zirkoniumdioxid und Siliziumkarbid (SiC) ausgewählt sind.

17. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei sowohl das erste keramische Element (12) als auch das zweite keramische Element (14) jeweils eine flache Platte ist.

18. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei das erste keramische Element (12) eine flache Platte ist und das zweite keramische Element (14) eine Hohlwelle ist.

19. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei das Aluminiummaterial (16) ein durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD) aufgebracht Aluminiummaterial (16) ist.

20. Anordnung (10) gemäß Anspruch 10, wobei
das Aluminiummaterial (16) Aluminiumfolie ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

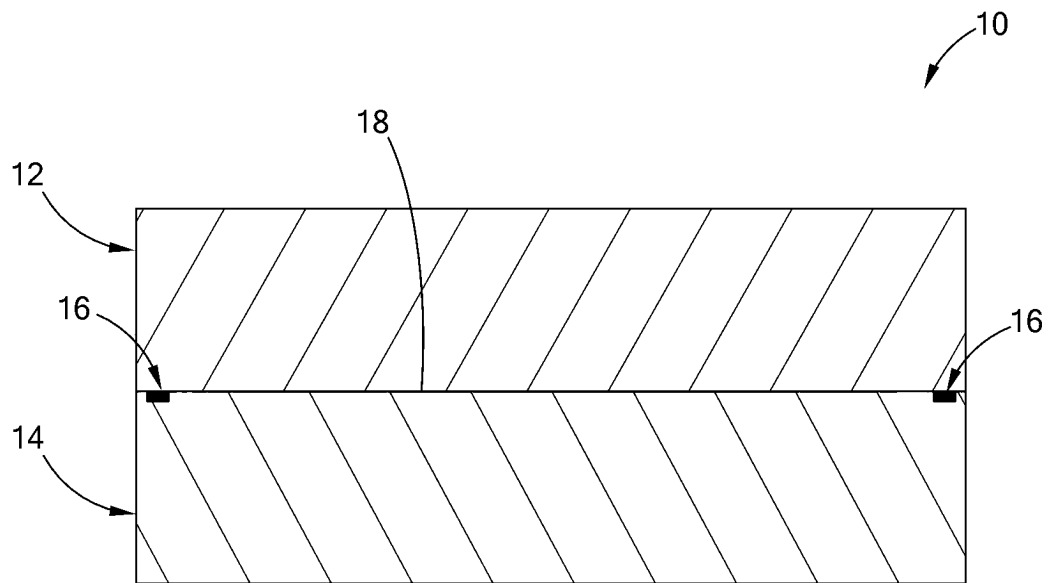


FIG. 1

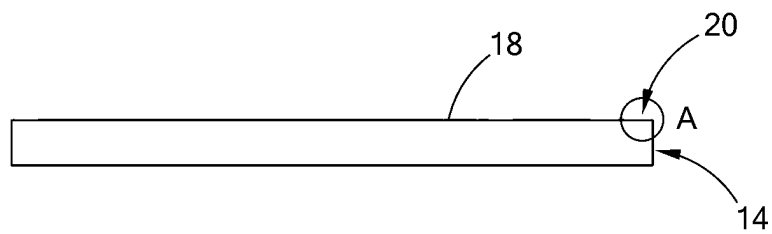


FIG. 2

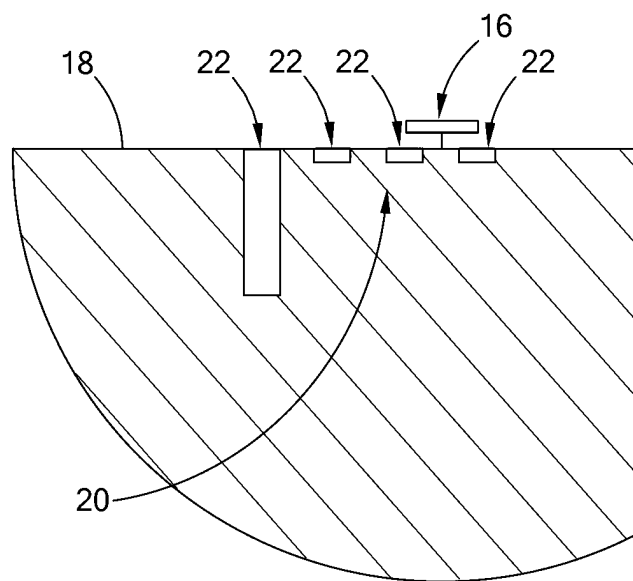


FIG. 3

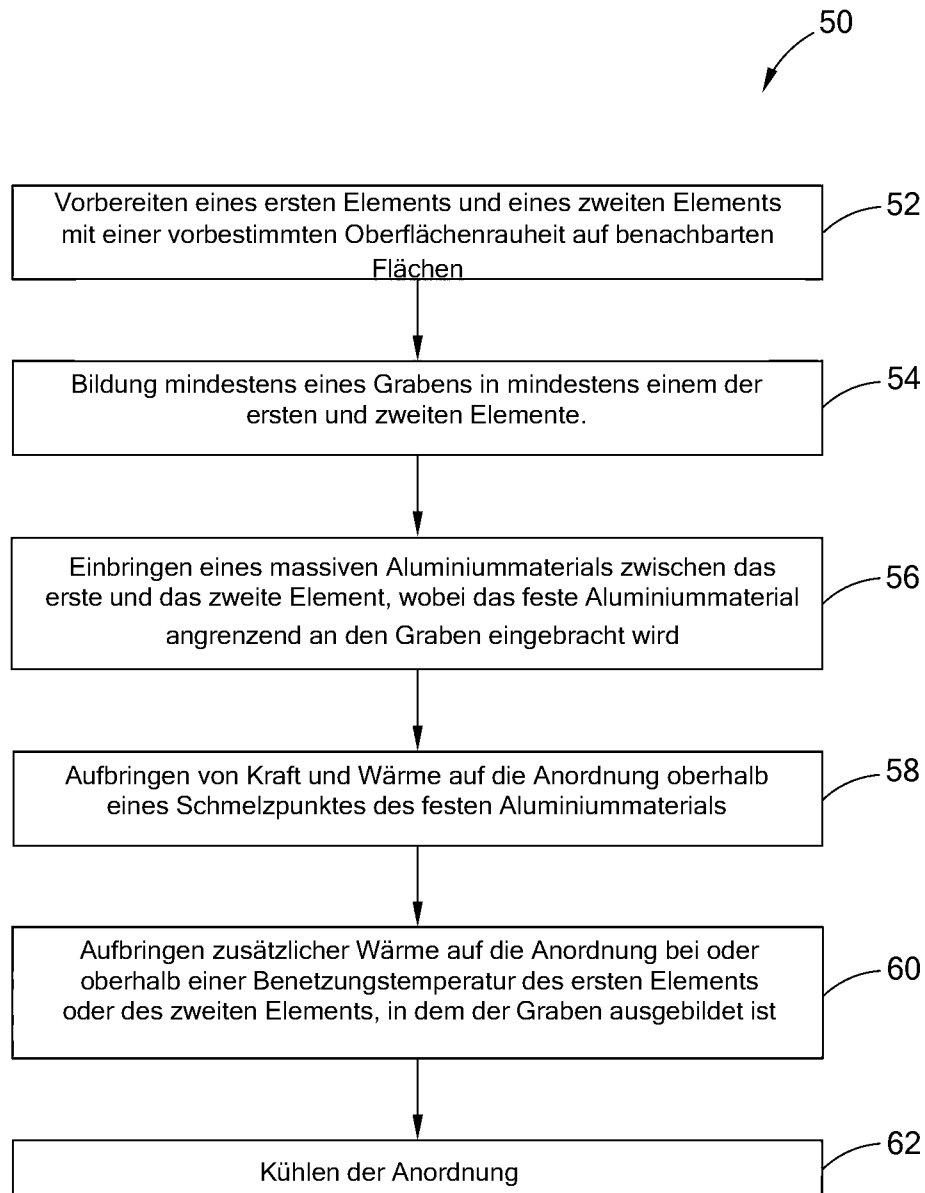


FIG. 4

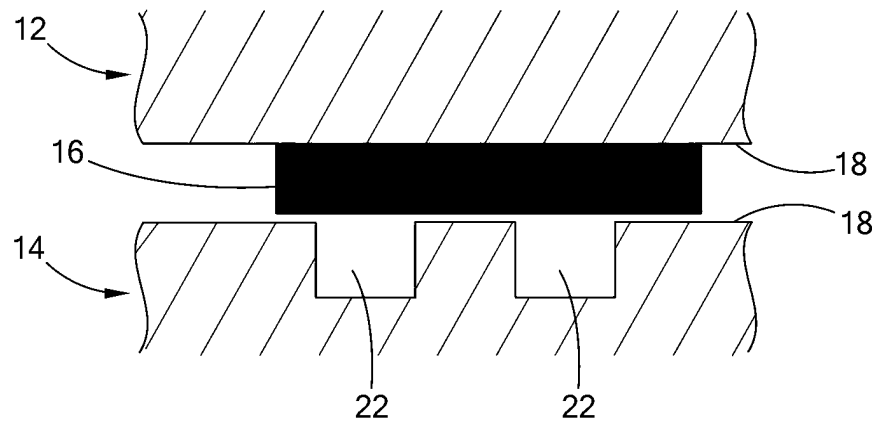


FIG. 5A

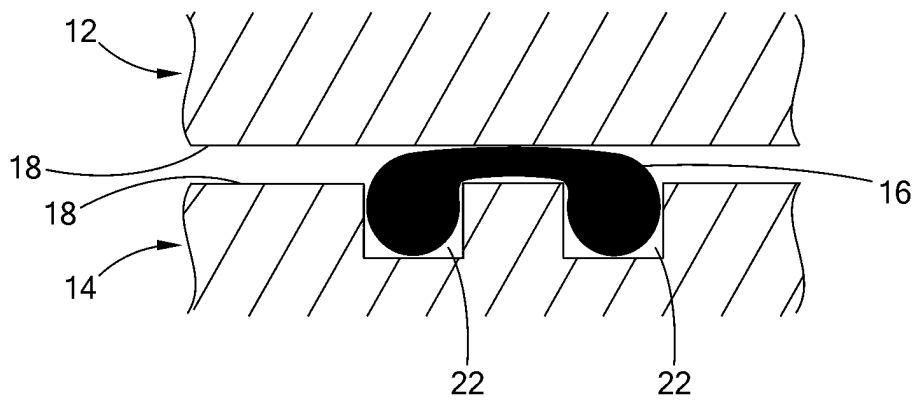


FIG. 5B

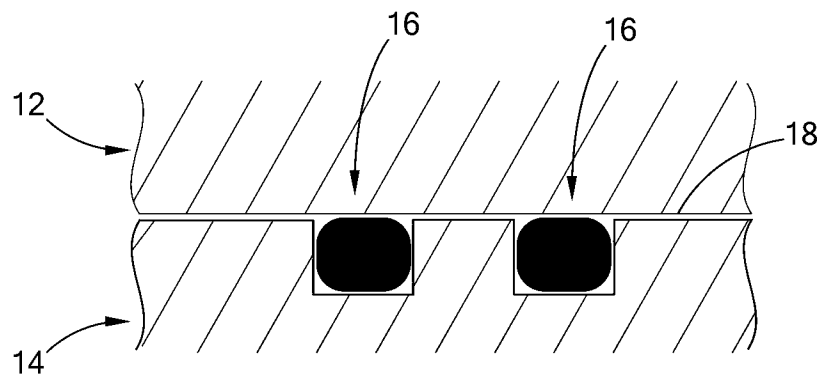


FIG. 5C

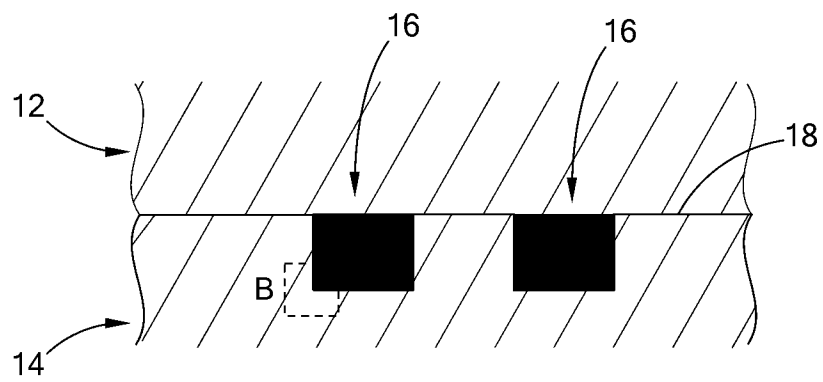


FIG. 5D

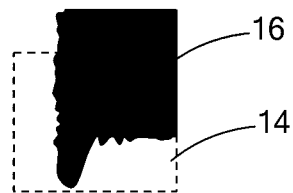


FIG. 5E

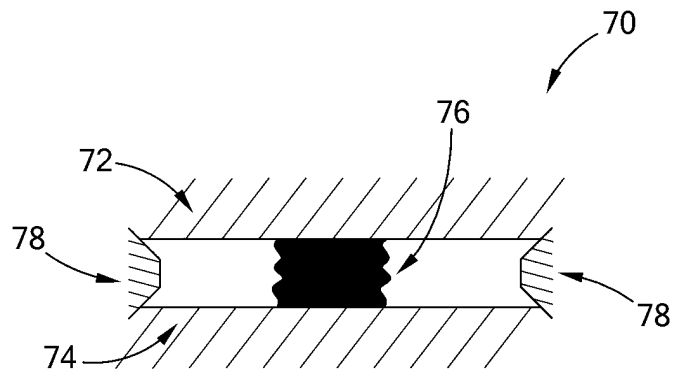


FIG. 6

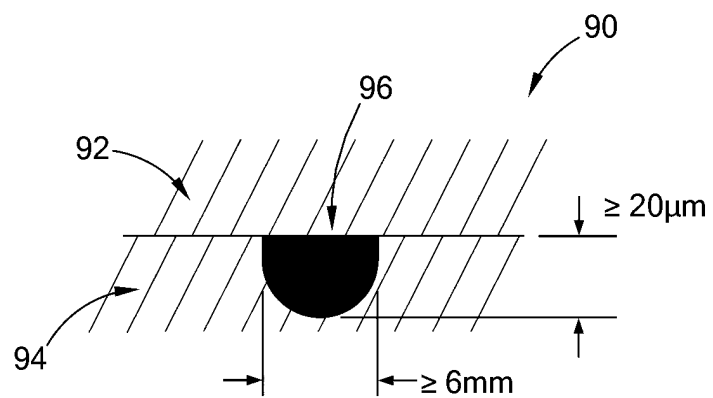


FIG. 7