



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 08 217 T2 2005.12.29**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 244 900 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G01L 9/12**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 08 217.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/00304**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 900 885.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/050106**

(86) PCT-Anmeldetag: **05.01.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **12.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.12.2005**

(30) Unionspriorität:

174798 P 06.01.2000 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB

(73) Patentinhaber:

Rosemount Inc., Eden Prairie, Minn., US

(72) Erfinder:

**ROMO, G., Mark, Eden Prairie, US; RUD, E.,
Stanley, Victoria, US; LUTZ, A., Mark, Minneapolis,
US; SITTler, C., Fred, Excelsior, US; TOY, C.,
Adrian, Eden Prairie, US**

(74) Vertreter:

**PAe Splanemann Reitzner Baronetzky
Westendorp, 80469 München**

(54) Bezeichnung: **KORNWACHSTUMSVERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ELEKTRISCHEN VERBINDUNG
FÜR MIKROELEKTROMECHANISCHE SYSTEME (MEMS)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Konflikt untereinander.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft mikroelektromechanische Systeme. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung die Bereitstellung elektrischer Verbindungen in derartigen Systemen. Mikroelektromechanische Systeme (MEMS) sind kleine Vorrichtungen, die gewisse elektrische und mechanische Funktionen bereitstellen und werden in der Regel seriengefertigt. MEMS finden in vielen elektrischen Vorrichtungen Anwendung. Beispiele für MEMS sind Beschleunigungs-, Druck-, Durchfluss-, Verschiebungs-, Abstands-Sensoren sowie Ventile, Pumpen und Optiktteile-Stellglieder. Eine spezifische Anwendung für MEMS-Wandler ist in Anwendungen zur Druckmessung.

[0002] In der Luftfahrt oder in industriellen Fluidsensor-Anwendungen können Fluide (Mittel) eine Korrosion der Sensorelemente, der Metallschichten und der Verbindungen, die bei der Fertigung des Sensors verwendet werden, bewirken. Korrosive Prozessfluide können Gase in einem Luftfahrt oder feststehenden Turbinenmotor, Säuren, Beizmittel, Öle, Petrochemikalien, Lebensmittel und dergleichen umfassen.

[0003] Sensorelemente werden vorzugsweise zwischen Schichten eines Sensorkörpers angeordnet, und Zwischenverbindungen sind ebenfalls vorzugsweise zwischen den Schichten angeordnet und so abgedichtet, dass korrosive Prozessfluide nicht mit den Sensorelementen und Zwischenverbindungen in Kontakt kommen.

[0004] In Miniaturvorrichtungen, die unter Verwendung von MEMS(mikroelektromechanischen Systemen)-Verfahren hergestellt werden, ist es schwierig; elektrische Verknüpfungen zwischen Schichten des Sensorkörpers zu schaffen. Dies gilt insbesondere für Sensoren, die mit MEMS-Verfahren hergestellt werden. Bei MEMS-Bindeverfahren ist es erforderlich, dass die flachen Schichten des Sensorkörpers in präziser axialer Ausrichtung und extrem kleinen Abständen zusammengebracht werden, ohne dass Unregelmäßigkeiten oder Wölbungen zwischen den Schichten entstehen. Zwischenverbindungen, die sich mechanisch wölben, kommen abgesehen während des Bindevorgangs mit der flachen Oberfläche in Kontakt und halten diese. Daraus können fehlerhafte Bindungen oder Lecke resultieren.

[0005] Mechanischer Kontakt zwischen Verknüpfungen sollte während des Bindevorgangs der Schichten vermieden werden. Mechanischer Kontakt der Verknüpfungen ist jedoch erforderlich, um einen elektrischen Schaltkreis an der Verknüpfung fertigzustellen. Die beiden MEMS-Vorgänge benötigen einen

[0006] Die vorliegende Erfindung liefert einen mikroelektromechanischen System-Sensor (MEMS-Sensor), der Folgendes aufweist: eine erste und eine zweite Schicht, die miteinander verbunden sind und einen Hohlraum zwischen den Schichten bilden; einen ersten und einen zweiten auf der ersten bzw. der zweiten Schicht angeordneten elektrisch leitenden Film, wobei jeder Film eine erste bzw. eine zweite Verbindungszone aufweist, die sich am Hohlraum gegenüberliegen; ein in dem Hohlraum angeordnetes und mit dem ersten elektrisch leitenden Film elektrisch verbundenes Sensorelement; und einen elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoff, der selektiv auf mindestens eine der Verbindungszone aufgebracht ist, und bei vorbestimmten Voraussetzungen zur Bildung einer elektrischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Verbindungszone ausgebildet wird.

[0007] Die vorliegende Erfindung liefert zudem einen Drucksender, der einen erfindungsgemäßen Sensor aufweist.

[0008] Die vorliegende Erfindung liefert weiter ein Verfahren zur Herstellung eines Sensors, welches die folgenden Schritte aufweist: Ausbilden einer ersten und einer zweiten Schicht eines Messkörpers, wobei zumindest die erste oder die zweite Schicht einen Vertiefungsabschnitt aufweist; Aufbringen eines elektrisch leitenden Films auf zumindest die erste Schicht; Anordnen einer Leitung auf der zweiten Schicht; Aufbringen eines elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs auf zumindest die Leitung oder den elektrisch leitenden Film; Binden der ersten mit der zweiten Schicht, wobei ein Abschnitt der Leitung axial zu und beabstandet von einem Abschnitt des elektrisch leitenden Films bei der Aufbringung des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs ausgerichtet ist; und Erwärmen des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs zur Ausbildung einer Verbindung in dem Raum zwischen dem elektrisch leitenden Film und der Leitung.

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt weiter ein mikroelektromechanisches System (MEMS-System) bereit, welches Folgendes aufweist: einen Körper, der sich aus mindestens der miteinander verbundenen ersten und zweiten Schicht zusammensetzt, wobei der Körper einen Hohlraum zwischen gegenüberliegenden Flächen der ersten und zweiten Schicht bildet; einen ersten elektrischen Leiter, der auf einer der gegenüberliegenden Flächen angeordnet ist; einen zweiten elektrischen Leiter, der auf der anderen der gegenüberliegenden Flächen angeordnet ist; und eine elektrisch leitende Kornwachstumswerkstoff-Auflage, die auf mindestens einem der Leiter

angeordnet ist, welche unter bestimmten Voraussetzungen Körner zur Ausbildung einer Verbindung zwischen den Leitern erzeugt.

[0010] Eine isolierte Verbindung wird durch wachsende Verknüpfungen aus dem Kornwachstum eines elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs im Inneren einer MEMS-Vorrichtung nach dem Binden der Vorrichtung gebildet. Der für das Kornwachstum elektrischer Kontakte verwendete Werkstoff wird in einem Hohlraum angeordnet, der zwischen der ersten und der zweiten Schicht der Vorrichtung ausgebildet ist. In einer Ausführungsform ist die Werkstoffauflage zum Zeitpunkt des Zusammenbaus relativ flach und hat keinen störenden Einfluss auf den Bindevorgang zwischen dem Umfangskanten des Hohlraums. Nach dem Zusammenbau der ersten und zweiten Schicht wird die Anordnung erwärmt und es wächst eine elektrische Verknüpfung durch Kornwachstum der leitenden Filme oder Leitungen, die selektiv im Inneren des Hohlraums aufgebracht sind.

[0011] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Kurzbeschreibung der Erfindung anhand der Zeichnungen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0012] Es zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) ein Querschnittsdiagramm einer erfindungsgemäßen MEMS-Vorrichtung;

[0014] [Fig. 2](#) eine typische instruierte Umgebung für einen schleifenbetriebenen industriellen Sender;

[0015] [Fig. 3](#) eine Teilquerschnitts-Vorderansicht einer Ausführungsform eines Sensors mit einer Kornwachstums-Verknüpfung;

[0016] [Fig. 4](#) eine Teil-Draufsicht des in [Fig. 3](#) entlang der Linie 4-4 in [Fig. 3](#) aufgenommenen Sensor;

[0017] [Fig. 5](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Bindung zwischen zwei Vertiefungsschichten;

[0018] [Fig. 6](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Bindung zwischen einer Vertiefungsschicht und einer flachen Schicht;

[0019] [Fig. 7](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Abstandsschicht aufweisenden Bindung;

[0020] [Fig. 8](#) eine Querschnittsansicht einer Ausführungsform einer Bindung zwischen Schichten, die mit unterschiedlichen Vertiefungstiefen ausgebildet sind;

[0021] [Fig. 9](#) eine Ausführungsform einer Kornwachstums-Verknüpfung, in welcher Kornwachstumswerkstoff auf zwei gegenüberliegenden Verbindungszonen angeordnet ist;

[0022] [Fig. 10](#) eine Ausführungsform einer Kornwachstums-Verknüpfung, in der Kornwachstumswerkstoff auf einer von zwei gegenüberliegenden Verbindungszonen angeordnet ist, und eine Mesa mit den Verbindungszonen fluchtet;

[0023] [Fig. 11](#) eine Ausführungsform einer Kornwachstums-Verknüpfung, in welcher Kornwachstumswerkstoff auf zwei gegenüberliegenden Verbindungszonen angeordnet ist und zwei Mesaschichten mit den Verbindungszonen fluchten;

[0024] [Fig. 12](#) eine Ausführungsform einer Kornwachstums-Verknüpfung, in der eine Versorgung mit Kornwachstumswerkstoff in einer Vertiefung in einer Schicht bereitgestellt ist;

[0025] [Fig. 13](#) eine Ausführungsform einer Verbindung zwischen Schichten aus ähnlichem Werkstoff, ohne irgendeinen dazwischenliegenden Bindewerkstoff;

[0026] [Fig. 14](#) eine Ausführungsform einer Reaktionsbindung zwischen Schichten aus ähnlichem Werkstoff;

[0027] [Fig. 15](#) eine Ausführungsform eines Dünnschichtfilms oder einer gesinterten Lötbindung;

[0028] [Fig. 16](#) eine Ausführungsform einer anodischen Bindung;

[0029] [Fig. 17](#) eine Draufsicht auf eine Ausführungsform eines kapazitiven Drucksensors;

[0030] [Fig. 18](#) eine Seitenansicht des kapazitiven Drucksensors von [Fig. 17](#);

[0031] [Fig. 19](#) eine Querschnittsansicht des Sensors in [Fig. 17](#), die entlang der Linie 19-19 in [Fig. 17](#) genommen wurde;

[0032] [Fig. 20](#) ein Drucksensormodul für einen Drucksender; und

[0033] [Fig. 21](#) eine Querschnittsansicht eines Drucksensormoduls für einen Drucksender,

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0034] [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Querschnittsansicht eines Abschnitts der MEMS-Vorrichtung **10** gemäß der vorliegenden Erfindung. Die MEMS-Vorrichtung **10** weist eine obere Schicht **12** und eine untere

Schicht **14** auf. Die Schichten **12** und **14** sind durch eine erfindungsgemäße elektrische Verbindung **16** elektrisch miteinander verbunden. Wie nachfolgend noch ausführlicher beschrieben wird, wird ist elektrische Verbindung **16** durch einen Kornwachstumsvorgang gebildet, um die Schichten **12** und **16** elektrisch miteinander zu verbinden. Im Allgemeinen kann die vorliegende Erfindung verwendet werden, um eine Verbindung zwischen zwei planaren Substraten zu schaffen, wo sich die Verbindung in eine Richtung erstreckt, die senkrecht (d.h. in einer dritte Dimension zu den Substraten) verläuft. Beispielsweise kann die elektrische Verbindung **16** einen Spalt **18** zwischen den beiden Schichten **12** und **14** überbrücken. Dieses Verfahren kann in allen Arten von MEMS-Vorrichtungen verwendet werden, beispielsweise in Druck-, Beschleunigungs-, Durchflusssensoren usw. Ein Großteil der nachfolgenden Beschreibung ist spezifisch auf einen Drucksensor ausgerichtet, der einen Verbinder wie die in [Fig. 1](#) gezeigte Verbindung **16** verwendet. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diese spezifische Anwendung beschränkt. Derartige Drucksensoren finden viele Anwendungen, wie z.B. bei der Überwachung industrieller Prozesse oder anderer Drücke in anderen Installationen.

[0035] In [Fig. 2](#) ist eine typische Umgebung für einen industriellen Drucksensor bei **20** veranschaulicht. In [Fig. 1](#) sind Prozessvariablensender, wie z.B. der Durchflussmesser **22** in der Prozessfluidleitung **23**, Sender **24**, **26**, **36** in der Nähe des Tanks **28** und ein integraler Blendenströmungsmesser **30** in der Prozessleitung **31** mit einem Steuersystem **32** elektrisch verbunden gezeigt. Das Steuersystem **32** steuert einen Strom an den Druckwandler **38**, der das Steuerventil **40** steuert. Prozessvariablensender können so konfiguriert sein, dass sie einen oder mehrere Prozessvariablen überwachen, die mit Fluiden in einer Prozessanlage, wie z.B. Aufschlämmungen, Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase in Chemie-, Trüben-, Erdöl-, Gas-, pharmazeutischen, Lebensmittel- und anderen fluidverarbeitenden Anlagen verbunden sind. Bei den überwachten Prozessvariablen kann es sich um Druck, Temperatur, Durchfluss, Pegel, pH-Wert, Leitfähigkeit, Trübung, Dichte, Konzentration, chemische Zusammensetzung oder andere Eigenschaften von Fluiden handeln. Ein Prozessvariablensender weist einen oder mehrere Sensoren auf, die entweder im Inneren des Senders oder außerhalb des Senders angeordnet sind, abhängig von den Installationsanforderungen der Verarbeitungsanlage.

[0036] Prozessvariablensender erzeugen ein oder mehrere Sender-Ausgangssignale, die die gemessene Prozessvariable wiedergeben. Sender-Ausgangssignale sind zur Übertragung über lange Entfernungen an einen Regler oder eine Anzeigevorrichtung über Kommunikationsbusse **34** ausgelegt. In typischen Fluid-Verarbeitungsanlagen kann es sich bei einem Kommunikationsbus **34** um eine 4–20 mA

Stromschleife handeln, die den Sender betreibt, oder eine Feldbus-Verbindung, eine HART-Protokoll-Kommunikation oder eine faseroptische Verbindung mit einem Regler, einem Regelsystem oder einer Ablesevorrichtung. In Sendern, die von einer Zweidrahtschleife betrieben werden, muss Strom niedrig gehalten werden, um Eigensicherheit in explosiven Umgebungen zu schaffen.

[0037] In den [Fig. 3](#) bis [Fig. 4](#) ist ein Sensor **300** dargestellt. Der Sensor **300** ist ein Mikrominiatur- oder MEMS-Sensor, der unter Verwendung von Verfahren hergestellt wird, die für gewöhnlich aus der Halbleiterfertigung übernommen worden sind, wie z.B. Maskieren, Ätzen, Plattieren und Binden. Der Sensor **300** weist eine erste Schicht **302** auf, die an der Verknüpfung **306** an eine zweite Schicht **304** gebunden ist. Die Schichten **302** und **304** sind aus elektrisch isolierenden Werkstoffen gebildet, wie beispielsweise Saphir, Spinell, unterschiedlichen Keramikwerkstoffen, Glasen, aus Nanopartikeln hergestellte Werkstoffe, isoliertes Silizium und anderen Werkstoffen, die eine geringe Hysterese aufweisen und mit dem gewünschten Prozessfluid oder Isolatorfluid kompatibel sind, mit welchem die Außenseite des Sensors **300** in Kontakt kommt. Ein zwischen den Schichten **302**, **304** gebildeter Hohlraum **308** ist von dem Prozessfluid oder dem Isolatorfluid, welches sich außerhalb des Sensors befindet, isoliert. Bei dem Sensor **300** kann es sich um jede beliebige Art von Sensor handeln. In einem spezifischen Beispiel weist der Sensor **300** einen Drucksensor auf, der mit Hilfe von elektrisch leitenden Schichten gebildete kapazitive Elektroden aufweist.

[0038] Ein erster elektrisch leitender Film **310** wird zur Bestimmung einer oder mehrerer elektrischer Leiterkurven für den Sensor **300** selektiv auf die erste Schicht **302** in dem Hohlraum **308** aufgebracht. Ein zweiter elektrisch leitender Film **312** wird zur Bestimmung einer oder mehrerer elektrischer Leiterkurven für den Sensor **300** selektiv auf die zweite Schicht **304** in dem Hohlraum **308** aufgebracht. Der erste elektrisch leitende Film **310** umfasst mindestens eine erste Verbindungszone **314**. Der zweite elektrisch leitende Film **312** weist mindestens eine zweite Verbindungszone **316** auf. Die erste und die zweite Verbindungszone **314**, **316** liegen einander am Hohlraum **308** gegenüber.

[0039] Der Sensor **300** weist ein Sensorelement **318** auf, das im Hohlraum **308** angeordnet und mit dem ersten elektrisch leitenden Film **310** elektrisch verbunden ist. Das Sensorelement **318** kann eine Vielzahl von Formen annehmen, abhängig von der Art der gemessenen Fluidparameter, und kann in einigen Fällen aus dem selben Werkstoff gebildet sein wie der erste elektrisch leitende Film **310**, oder er kann ein integraler Bestandteil des ersten elektrisch leitenden Films **310** sein. Das Sensorelement **318**

kann auch Abschnitte aufweisen, die auf der zweiten Schicht **304** oder auf dem zweiten elektrisch leitenden Film **312** angeordnet sind.

[0040] Im Sensor **300** wird ein elektrisch leitender Kornwachstumswerkstoff **320** selektiv auf eine oder auf beide Verbindungszonen **314**, **316** aufgebracht. Der Kornwachstumswerkstoff **320** wird in einer oder mehreren Schichten angeordnet, die dünn genug ist/sind, damit sie keinen mechanischen Kontakt über den Verbindungsspalt herstellt/en. Die Schichten **302**, **304** können so bei **306** miteinander verbunden werden, ohne dass eine mechanische Störung durch den Kornwachstumswerkstoff **320** auftritt. Nach Fertigstellung der Verbindung **306** wächst der Kornwachstumswerkstoff **320** unter vorbestimmten Bedingungen, um eine elektrische Verknüpfung **322** zwischen der ersten und der zweiten Verbindungszone **314**, **316** zu bilden. Bei dem Kornwachstumswerkstoff handelt es sich für gewöhnlich um Tantal, oder einer Legierung von Tantal, das metallische Körner bildet, wenn es nach dem Bindschritt auf eine vorgegebene Temperatur erwärmt wird. Das Wachstum der metallischen Körner überbrückt den Verbindungsspalt und bildet die elektrische Verknüpfung **322**, wie es in [Fig. 3](#) dargestellt ist.

[0041] [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) zeigen alternative Formen für die Schichten **302**, **304**, die dazu verwendet werden können, die Schichten voneinander zu beabstanden und den gewünschten Hohlraum **308** im Sensor **300** zu bilden.

[0042] In [Fig. 5](#) weisen die erste Schicht **302** und die zweite Schicht **304** jeweils eine Vertiefung auf, die zusammen den Hohlraum **308** bilden. Die Schichten **302** und **304** werden entlang der zentralen Oberfläche **350** miteinander verbunden. Die in [Fig. 5](#) gezeigte Anordnung weist den Vorteil auf, dass die Schichten **302** und **304** identisch für einige Anwendungen aufgebaut werden können.

[0043] In [Fig. 6](#) weist die erste Schicht **302** eine Vertiefung auf, wobei die zweite Schicht **304** jedoch im Wesentlichen eine flache Platte ist. In [Fig. 6](#) sind die Schichten **302** und **304** entlang einer Oberfläche **352** miteinander verbunden, die mit einer Seite des Hohlraums fluchtet. Die in [Fig. 6](#) gezeigte Anordnung weist den Vorteil auf, dass nur eine der beiden Schichten eine Vertiefung erfordert und dass diese Vertiefung den Hohlraum **308** bildet, wodurch Bearbeitungsschritte verringert werden.

[0044] In [Fig. 7](#) weist der Sensor eine Abstandsschicht **303** auf, die zwischen der ersten und der zweiten Schicht **302**, **304** entlang der Oberflächen **354** bzw. **356** gebunden ist. Die Abstandsschicht **303** liefert die Dicke zur Bildung von zumindest einem Teil des Hohlraums **308**. Die in [Fig. 7](#) gezeigte Anordnung weist den Vorteil auf, dass die Dicke des Hohl-

raums **308**, mit anderen Worten der Abstand zwischen den im Wesentlichen flachen Schichten **302**, **304**, leicht angepasst werden kann, indem eine Abstandsschicht mit der gewünschten Dicke gewählt wird.

[0045] Während die flache Schicht oder Schicht mit geringem Profil aus Kornwachstumsmetall erwärmt wird, erfährt sie ein Kornwachstum, wodurch sie ihre Form verändert und in eine Richtung wächst, die diagonal zur Oberfläche der Kontaktanschlussfläche liegt. Es wird ein Kornwachstumswerkstoff für den Sensor ausgewählt, so dass der Kornwachstumswerkstoff bei einer Temperatur wächst, die den zusammengebauten Sensor nicht schmilzt oder ansonsten beschädigt. Der Werkstoff ist vorzugsweise ein Metall, eine Metalllegierung, ein nichtmetallischer elektrisch leitender Werkstoff, oder ein anderer Werkstoff, der Kornwachstum bereitstellt, einschließlich Polysilizium. Auflagen von Tantal, die auch geringe Mengen anderer Elemente aufweisen können, werden ebenfalls in Erwägung gezogen, vorausgesetzt, die Auflage kann zum Wachstum angeregt werden.

[0046] Bei dem elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoff kann es sich um Tantal oder eine Tantallegierung handeln. Im Falle von Tantal wird davon ausgegangen, dass das Wachstum auftritt, da Tantal Körner oder Kristalle bildet, die von der Kontaktanschlussfläche nach außen vorstehen. Nach ausreichendem Wachstum wird eine Brücke aus Tantal zwischen den Kontaktanschlussflächen gebildet, wodurch eine leitende Verbindung von Tantal zwischen den Kontaktanschlussflächen gebildet wird. Falls die Hohlraum-Beabstandung zu groß ist, kann der Spalt klein genug gehalten werden, damit er durch das Wachstum des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs durch die Verwendung einer oder mehrerer sich in den Hohlraum erstreckender gegenüberliegender Mesagefüge (siehe [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#)) überbrückt wird (Mesa bezieht sich auf ein Merkmal, das sich von einer Oberfläche abhebt und eine flache Oberfläche aufweisen kann). Mindestens ein Teil des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs wird auf einer Schicht oder Mesa angeordnet. Elektrisch leitender Kornwachstumswerkstoff kann auf einer oder beiden Schichten angeordnet sein, mit oder ohne Verwendung von Mesagefügen, abhängig von dem Spalt im Hohlraum. Nach dem Zusammensetzen der Schichten, und nachdem die Bindung zwischen den Schichten zumindest teilweise gebildet worden ist, wird der Drucksensor erwärmt, um ein Wachstum des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoff zur Bildung der Verknüpfung zu bewirken.

[0047] Der Sensor wird gekühlt und es entsteht dann ein festes Metall mit einem leitenden Kontakt im Inneren des Sensorkanals, der nach dem Zusammenbau und der Bindung der Sensorsubstrate gebildet worden ist. Dieser verzögerte elektrische Ver-

knüpfungsvorgang vermeidet unerwünschten mechanischen Kontakt, der ansonsten den engen Kontakt der Substrate störend beeinträchtigen könnte, wenn die Substrate direkt miteinander verbunden werden.

[0048] In [Fig. 8](#) wird in jeder der Schichten **302**, **304** eine Vertiefung gebildet, wobei die Vertiefungen jedoch unterschiedliche Tiefen aufweisen. Die Schichten sind entlang einer Oberfläche **358** zusammengefügt, die von der Mittellinie des Hohlraums **308** versetzt ist. Die in [Fig. 8](#) gezeigte Anordnung weist den Vorteil auf, dass feine Anpassungen der Hohlraumtiefe durch Einstellung des Ätzens der Vertiefung in der Schicht **302** durchgeführt werden können, während die Vertiefung in der Schicht **304** auf eine gewünschte Standard-Tiefe geätzt werden kann.

[0049] [Fig. 9](#) bis [Fig. 12](#) zeigen Beispielsanordnungen zur Bereitstellung der erforderlichen Menge an Kornwachstumswerkstoff und zur Bereitstellung der erforderlichen Beabstandung für das Wachstum der Körner für die Überbrückung des Spalts.

[0050] In [Fig. 9](#) ist ein erster leitender Film **370** auf einer ersten Schicht **372** angeordnet, und ein zweiter leitender Film **374** ist auf einer zweiten Schicht **376** angeordnet. Der erste leitende Film **370** liegt dem zweiten leitenden Film **374** an einem Hohlraum **375** gegenüber. Eine erste Auflage **380** Kornwachstumswerkstoff wird auf einem ersten leitenden Film **370** aufgebracht. Eine zweite Auflage **382** Kornwachstumswerkstoff wird auf dem zweiten leitenden Film **374** aufgebracht. Wenn die Schichten **372**, **376** miteinander verbunden werden, kommen die Auflagen **380**, **382** nicht in mechanischen Kontakt miteinander. Nach der Verbindung der Schichten **372**, **376** miteinander werden dann Bedingungen eingesetzt, um die Kornwachstumsauflagen **380**, **382** zum Wachsen der Körner zu veranlassen, die eine mechanische Verbindung und einen leitenden Kontakt herstellen und eine elektrische Verknüpfung **384** vervollständigen.

[0051] In [Fig. 10](#) wird ein erster leitender Film **390** auf eine erste Schicht **392** aufgebracht, und ein zweiter leitender Film **394** wird auf eine zweite Schicht **396** aufgebracht. Der erste leitende Film **390** liegt dem zweiten leitenden Film **394** am Hohlraum **398** gegenüber. Die erste Schicht **392** weist eine Mesastruktur **395** auf, die mit dem ersten leitenden Film **390** fluchtet. Die Mesa **395** bewirkt, dass der erste leitende Film **390** in den Hohlraum **398** hineinragt, wodurch der Spalt zwischen den leitenden Filmen **390**, **394** verringert wird. Eine Auflage **399** aus Kornwachstumswerkstoff wird auf dem ersten leitenden Film **390** aufgebracht. Wenn die Schichten **392**, **396** miteinander verbunden werden, kommt die Auflage **399** mit dem leitenden Film **394** nicht in mechanischen Kontakt. Nachdem die Schichten **392**, **396** miteinander verbunden sind werden Bedingungen ein-

gesetzt, um den Kornwachstumswerkstoff **399** zum Wachsen der Körner zu veranlassen, welche die mechanische Verbindung und den leitenden Kontakt herstellen und eine elektrische Verknüpfung zwischen den leitenden Filmen **390**, **394** vollenden.

[0052] In [Fig. 11](#) wird ein erster leitender Film **400** auf eine erste Schicht **402** aufgebracht, und ein zweiter leitender Film **404** wird auf eine zweite Schicht **406** aufgebracht. Der erste leitende Film **400** liegt dem zweiten leitenden Film **404** an einem Hohlraum **408** gegenüber. Die erste Schicht **402** schließt eine Mesa **405** über einem Teil des ersten leitenden Films **400** ein. Die Mesa **405** bewirkt, dass die erste Verbindungszone **405** in den Hohlraum **408** hineinragt, wodurch der Spalt zwischen den leitenden Filmen **400**, **404** verringert wird. Die zweite Schicht **406** schließt auch eine Mesa **407** über dem zweiten leitenden Film **404** ein. Eine erste Auflage **412** aus Kornwachstumswerkstoff wird auf einen ersten leitenden Film **400** aufgebracht. Eine zweite Auflage **414** von Kornwachstumswerkstoff wird auf dem zweiten leitenden Film **404** aufgebracht. Wenn die Schichten **402**, **406** miteinander verbunden werden, sind die Auflagen **412**, **414** nicht in mechanischem Kontakt miteinander. Nach der Verbindung der Schichten **402**, **406** werden dann Bedingungen eingesetzt, um die Auflagen aus Kornwachstumswerkstoff zum Wachsen der Körner anzuregen, die dann eine mechanische Verbindung und einen leitenden Kontakt herstellen und eine elektrische Verknüpfung zwischen den leitenden Filmen **400**, **404** fertigstellen.

[0053] In [Fig. 12](#) wird ein erster leitender Film **420** auf eine erste Schicht **422** aufgebracht, und ein zweiter leitender Film **424** wird auf eine zweite Schicht **426** aufgebracht. Der erste leitende Film **420** liegt dem zweiten leitenden Film **424** am Hohlraum **428** gegenüber. Der zweite leitende Film **424** umgibt eine Vertiefung **430** in der Schicht **426**. Eine erste Auflage **432** aus Kornwachstumswerkstoff wird in der Vertiefung angeordnet. Wenn die Schichten **422**, **426** miteinander verbunden werden, ist die Auflage **432** mit dem ersten leitenden Film **420** nicht in mechanischem Kontakt. Nach der Verbindung der Schichten **422**, **426** werden dann Bedingungen eingesetzt, um die Auflage **432** aus Kornwachstumswerkstoff zum Wachsen der Körner anzuregen, die dann eine mechanische Verbindung und einen leitenden Kontakt herstellen und eine elektrische Verknüpfung zwischen den leitenden Filmen **420**, **424** herstellen. Der zweite leitende Film **424** kann über der Vertiefung **430** wie dargestellt offen sein, oder er kann alternativ auf den Wänden der Vertiefung **430** aufgebracht sein. Eine zusätzliche Menge einer Auflage **432** aus Kornwachstumswerkstoff wird der Vertiefung **430** zugeführt, wodurch die Größe der Körner, die wachsen können, und die Größe des Spalts, der mit Hilfe des Kornwachstumswerkstoffs überbrückt werden kann, zunimmt.

[0054] [Fig. 13](#) bis [Fig. 16](#) zeigen unterschiedliche Bindungen, die bei **306** zwischen den Schichten **302**, **304** in [Fig. 3](#) hergestellt werden können.

[0055] In [Fig. 13](#) wird eine erste Schicht **440** mit einer zweiten Schicht **442** aus dem selben oder einem ähnlichen Werkstoff entlang einer Oberfläche **444** verbunden, ohne dass ein Bindewerkstoff verwendet wird. Die Verbindung an der Oberfläche **444** kann eine Schmelzverbindung sein, oder es kann sich um eine Direkt- oder Kontaktverbindung mit Hilfe von Hochglanz-Oberflächen handeln. Diese Verbindungen können mit Werkstoffen wie z.B. Saphir, Spinell, Korund, Quarzglas, Silizium und anderen spröden Isolierwerkstoffen mit Hilfe von bekannten Bindeverfahren hergestellt werden.

[0056] In [Fig. 14](#) ist eine erste Schicht **446** mit einer zweiten Schicht **448** verbunden, indem eine dazwischenliegende Bindschicht **450** zur Schaffung einer Reaktionsbindung eingesetzt wird. Die Schicht **450** kann aus jedem beliebigen Bindewerkstoff sein, wobei die Schichten **446**, **448** jedoch aus Aluminiumkeramik gebildet sein können, und die Bindschicht **450** kann aus Platin gebildet sein. Dies kann die Verwendung einer dazwischenliegenden Haftschrift auf den Schichten **446** und **448** erfordern.

[0057] In [Fig. 15](#) wird eine erste Schicht **454** mit einer zweiten Schicht **456** mit Hilfe einer dazwischenliegenden Bindschicht **458** verbunden. Die Schichten **454**, **456** können aus einem Einkristall-Saphir gebildet sein, und die dazwischenliegende Bindschicht **458** kann eine Dünnschicht-Löt- oder Sinterverbindung zwischen den Schichten **454**, **456** sein.

[0058] In [Fig. 16](#) ist eine erste Schicht **464** mit Hilfe einer anodischen Verbindung **468** mit einer zweiten Schicht **466** verbunden. Die Schicht **464** ist vorzugsweise aus Borsilikatglas ("Pyrex") gebildet und die Schicht **466** ist vorzugsweise aus Silizium gebildet.

[0059] Die in den [Fig. 5](#) bis [Fig. 16](#) dargestellten Alternativen können nach Bedarf untereinander kombiniert werden, um die Anforderung einer bestimmten Sensoranwendung zu erfüllen. Bei dem Messelement **318**, das in [Fig. 3](#) schematisch dargestellt ist, kann es sich um ein Druckmesselement handeln. Die durch Wachstum gebildete Verknüpfungsstruktur ist besonders bei kapazitiven Druckmesselementen nützlich, bei denen kapazitive Elektroden auf beiden gegenüberliegenden Seiten des Hohlraums vorhanden sind. Das Messelement **318** kann auch ein Temperaturmesselement wie z.B. ein Widerstandsthermometer aus Platin, ein optisches Sensorelement wie z.B. eine Photodiode, ein Strahlungssensorelement wie z.B. ein Mikrowellenantennenelement oder ein Ionisationssensorelement, ein magnetisches Sensorelement wie z.B. eine Halleffektvorrichtung oder andere bekannte Sensorelemente aufweisen.

[0060] [Fig. 17](#) bis [Fig. 18](#) zeigen Vorder- bzw. Seitenansichten einer Ausführungsform eines kapazitiven Drucksensors **480**. Interne Merkmale des Sensors **480** sind in [Fig. 17](#) mit gestrichelten und gepunkteten Linien dargestellt. Der Sensor **480** schließt eine erste Schicht **482** und eine zweite Schicht **484** ein, die zur Bildung eines Innenhohlraums **485** (in [Fig. 19](#) gezeigt) zwischen den Schichten miteinander verbunden sind. Ein erster elektrisch leitender Film **486** ist auf die erste Schicht **482** aufgebracht, und ein zweiter elektrisch leitender Film **488** ist auf die zweite Schicht **484** aufgebracht. Der erste und der zweite elektrisch leitende Film **486**, **488** weisen entsprechende erste und zweite Verbindungszonen **490**, **492** auf, die sich an dem Hohlraum **485** gegenüberliegen.

[0061] Ein erster Abschnitt **494** eines kapazitiven Drucksensorelements ist in dem Hohlraum **485** auf der ersten Schicht **482** angeordnet und ist mit dem ersten elektrisch leitenden Film **486** elektrisch verbunden. Der Abschnitt **494** des kapazitiven Drucksensorelements ist aus dem selben Werkstoff gebildet wie der elektrisch leitende Film **486**. Ein zweiter Abschnitt **498** des kapazitiven Drucksensorelements ist in dem Hohlraum **485** auf die zweite Schicht **484** aufgebracht und ist mit dem zweiten elektrisch leitenden Film **488** elektrisch verbunden. Der zweite Abschnitt **498** ist ebenfalls aus dem selben Werkstoff gebildet wie der elektrisch leitende Film **488**. Der erste und der zweite Abschnitt **494**, **498** des kapazitiven Drucksensorelements weist kapazitive Elektroden oder Platten auf, die voneinander beabstandet sind und sich am Hohlraum **485** gegenüberliegen. Wenn Druck auf die Außenflächen des Sensors **480** ausgeübt wird, wölben sich eine oder beide Schichten **482**, **484**, um die Elektroden zu bewegen, und verändern eine Beabstandung oder einen Spalt zwischen den Elektroden oder Platten, und verändern so die elektrische Kapazität zwischen den Elektroden als Funktion des Drucks.

[0062] Ein elektrisch leitender Kornwachstumswerkstoff **496** wird selektiv auf mindestens eine der Verbindungszonen **490**, **492** aufgebracht, und bei vorbestimmten Bedingungen zum Wachsen angelegt, um eine elektrische Verknüpfung zwischen der ersten und der zweiten Verbindungszone **490**, **492** zu bilden.

[0063] Ein elektrisch leitender Film **486** weist Bindeanschlussabschnitte **500**, **502** auf, die an der Außenseite exponiert sind, so dass Leitungen oder Drähte zum Anschluss des Sensors an einen elektrischen Messschaltkreis mit diesen verbunden werden können.

[0064] Der Hohlraum **485** wird entleert und dann mit Hilfe einer Glasmasse **504** abgedichtet, um einen Drucksensor bereitzustellen, bei dem es sich um einen Absolutdrucksensor handelt. In der Schicht **486**

ausgebildete Durchführungsleitungen erstrecken sich vom Innenraum des Hohlraums **485** zu den elektrischen Kontaktanschlussflächen **500**, **502** auf einer Außenfläche des kapazitiven Drucksensors **480**. Die elektrische Verknüpfung bei **490**, **492**, **496** verbindet die erste Kondensatorelektrode **498** mit einer Durchführungsleitung und der Kontaktanschlussfläche **500**.

[0065] Der Sensor **480** weist eine längliche Form auf, die sich von einem ersten Ende einschließlich der ersten und zweiten kapazitiven Elektrode **494**, **498** zu einem zweiten Ende einschließlich der Durchführungsleitungen erstreckt. Der Körper des Sensors **480** weist einen zentralen Bereich zwischen dem ersten und zweiten Ende auf, welche zur Befestigung des Sensors durch eine Wand (nicht dargestellt) angepasst werden. Druckfluid wird an das erste Ende angelegt, und elektrische Verbindungen können am zweiten Ende hergestellt werden. Die Wand trennt das Druckfluid von den elektrischen Verbindungen.

[0066] [Fig. 19](#) zeigt eine Querschnittsansicht des kapazitiven Drucksensors **480** entlang der Linie 19-19 in [Fig. 17](#). In [Fig. 19](#) wurde die Horizontalabmessung zur besseren Veranschaulichung der Merkmale des kapazitiven Drucksensors **480** verzerrt. Wie aus [Fig. 19](#) ersichtlich ist, ist die Verbindungszone **492** auf einer MESAstruktur **506** angeordnet, wodurch der durch Kornwachstumswerkstoff zu überbrückende Spalt verringert wird.

[0067] In [Fig. 20](#) ist ein Druckmessmodul **180** zur Verwendung in Drucksendern **36** aus [Fig. 2](#) gezeigt. Die Anordnung **180** weist zwei MEMS-Sensoren **182**, **184** auf. Die Sensoren **182**, **184** weisen jeweils einen Träger auf, der einstückig aus Aluminium gebildet ist und um einen zentralen Kanal oder einen Hohlraum angeordnet ist, der Messfilme auf gegenüberliegenden Schichten aufweist, die mit Hilfe einer im Wesentlichen aus Tantal gebildeten Auflage verbunden sind. In den Sensoren **182**, **184** ist ein Messfilm in dem Kanal benachbart zum blinden Ende angeordnet, wobei der Messfilm einen elektrischen Parameter aufweist, der sich mit dem Druck verändert, sowie elektrische Leitungen, die sich von dem Kanal und aus dem Spalt heraus erstrecken. Eine Dichtung füllt den Spalt um die Leitungen. Eine Isolierschale **198** weist eine Öffnung **200** auf, die gegen einer Außenfläche des Trägers zwischen dem blinden Ende und dem gegenüberliegenden isolierten Ende abgedichtet ist. Die Sensoren **182** und **184** sind mit einer Mess-Schaltplatte **191** verbunden dargestellt, welche ein elektrisches Ausgangssignal an eine Sender-Schaltplatte **193**, die mit dem angelegten Druck in Beziehung steht, liefert. Der Senderschaltkreis **193** kann so ausgelegt sein, dass er an eine Zweidraht-Prozessregelschleife **195** koppelt. Beispielschleifen **195** schließen Schleifen entsprechend den HART®- oder Feldbus-Normen ein. In einigen Ausführungsformen kann die Schaltkreisanordnung **193**

und **191** vollständig mit Energie von der Schleife **195** betrieben werden.

[0068] In [Fig. 21](#) ist ein Messmodul **210** gezeigt, das eine Isoliermembran **212** mit einem Rand **214** aufweist, der gegen eine Isolierschale **216** abgedichtet ist. Die Isoliermembran **212** trennt das Prozessfluid **218** vom Isolierfluid **220**, welches in dem von der Isolierschale **216** und der Isoliermembran eingeschlossenen Raum dicht eingeschlossen ist. Der Sensor **222** ist wie oben erörtert aufgebaut und gegen eine Öffnung **224** in der Isolierschale **216** abgedichtet. Die Isoliermembran **212** und das Isolierfluid **220** koppeln den Druck mit dem Sensor **222**, während sie den Sensor vom Prozessfluid **218** isolieren. Die Isolierschale **216** weist einen Sensor **222** auf, der durch die abgedichtete Öffnung **224** hindurchgeht und elektrische Verbindungen **226** auf dem Sensor **222** von sowohl dem Druck-Prozessfluid **218** als auch dem Isolierfluid **220**, bei dem es sich für gewöhnlich um Silikonöl handelt, isoliert. Die Isolierschale kann eine hintere Platte **228** aufweisen, die einen Temperatúrausdehnungskoeffizienten aufweist, der dem Temperatúrausdehnungskoeffizienten des Sensors **222** sehr gleicht. Ein Materialblock **230** kann in die Isolierschale **216** gedrückt werden und das Material **230** weist einen Temperatúrausdehnungskoeffizienten auf, der zum Teil den Temperatúrausdehnungskoeffizienten des Isolierfluids **220** kompensiert, um eine unerwünschte Bewegung der Isoliermembran **212** aufgrund von Temperaturveränderungen zu begrenzen. Ein kleiner mit Isolierfluid **220** gefüllter Spalt ist zwischen dem Block **230** und dem Sensor **222** vorgesehen.

[0069] Obwohl die vorliegende Erfindung mit Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden ist, werden Fachleute in der Technik erkennen, dass Veränderungen hinsichtlich Form und Detail vorgenommen werden können, ohne vom Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen. Beispielsweise können Sensorleitungen durch mehrere Kanäle anstelle eines einzelnen Kanals führen. Im Falle einer Verwendung mehrerer Kanäle kann die Masse, die für die Abdichtung des Spalts verwendet wird, durch eine leitende Weichlöt- oder Hartlötichtung für mehrere Spalte ersetzt werden. Verknüpfungen können auch quer zu Verknüpfungsleitungen auf gegenüberliegenden Seitenflächen von MESAstrukturen oder Rändern in dem Hohlraum durch Wachstum ausgebildet werden. Anodische Bindungen können ebenfalls bei einigen Werkstoffen anstelle direkter Bindungen verwendet werden. Bei sowohl anodischen als auch direkten Bindeverfahren können dazwischenliegende Bindewerkstoffe zwischen Schichten mit diesen Verfahren vermieden werden. Der Ausdruck "Kontaktbindung", wie er in dieser Anmeldung verwendet wird, schließt sowohl eine direkte Bindung als auch eine anodische Bindung ein. Elektrisch leitender Kornwachstumswerkstoff kann Tantal oder ande-

re Metalle einschließen, und auch Polysilizium, leitende Nitrid-Keramiken, leitende Metalloxide, Silizide und Poly-Verbindungen aus den Gruppen II–IV. Der Ausdruck "Kornwachstum" ist in der Technik bekannt und bezieht sich auf einen Wachstumsprozess, der durch die Oberflächenenergie der Korngrenzen angeregt wird. Beispielserklärungen für Kornwachstum werden auf den Seiten 251 bis 269 des Buches mit dem Titel "Physical Metallurgy Principles = Physikalische Grundlagen der Metallkunde" vom 26. Oktober 1993 und auf den Seiten 448 bis 461 des Buches mit dem Titel "Introduction to Ceramics = Einführung in die Keramik" vom 9. Januar 1990 bereitgestellt, auf die hier inhaltlich Bezug genommen wird.

Patentansprüche

1. Mikroelektromechanischer System-Sensor (MEMS-Sensor), welcher Folgendes aufweist: eine erste und eine zweite Schicht, die miteinander verbunden sind und einen Hohlraum zwischen den Schichten bilden; einen ersten und einen zweiten auf der ersten bzw. der zweiten Schicht angeordneten elektrisch leitenden Film, wobei jeder Film eine erste bzw. eine zweite Verbindungszone aufweist, die sich am Hohlraum gegenüberliegen; ein in dem Hohlraum angeordnetes und mit dem ersten elektrisch leitenden Film elektrisch verbundenes Sensorelement; und einen elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoff, der selektiv auf mindestens einer der Verbindungszone angeordnet ist, und bei vorbestimmten Voraussetzungen zur Bildung einer elektrischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Verbindungszone ausgebildet wird.

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Schicht eine Vertiefung aufweist, die zumindest einen Teil des Hohlraums bildet.

3. Sensor nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrisch leitende Kornwachstumswerkstoff Tantal aufweist.

4. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welcher ferner eine Abstandsschicht aufweist, welche zwischen die erste und die zweite Schicht gebondet ist, und zumindest einen Teil des Hohlraums bildet.

5. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der ersten und zweiten Schicht eine Mesastruktur aufweist, die zur ersten und zweiten Verbindungszone axial ausgerichtet ist.

6. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der ers-

ten und zweiten Schicht eine Vertiefung aufweist, die zur ersten oder zweiten Verbindungszone axial ausgerichtet ist, wobei der zugeführte Kornwachstumswerkstoff in der Vertiefung angeordnet ist.

7. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement ein Drucksensorelement aufweist.

8. Sensor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor ein kapazitives Drucksensorelement umfasst.

9. Sensor nach Anspruch 8, welcher das kapazitive Drucksensorelement aufweist, das aus dem selben Material gebildet ist wie der elektrisch leitende Film.

10. Sensor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das kapazitive Drucksensorelement eine auf der ersten Schicht angeordnete erste Kondensatorelektrode aufweist, sowie eine auf der zweiten Schicht angeordnete zweite Kondensatorelektrode, wobei die erste und die zweite Kondensatorelektrode am Hohlraum beabstandet voneinander angeordnet sind und derart ausgelegt sind, dass sie die Biegung zwischen der ersten und der zweiten Schicht messen.

11. Sensor nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste oder der zweite elektrisch leitende Film eine Durchführungsleitung aufweist, die sich aus dem Inneren des Hohlraums zu elektrischen Kontaktanschlüssen auf einer Außenfläche des kapazitiven Drucksensors erstreckt.

12. Sensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Verbindung die erste Kondensatorelektrode an eine Durchführungsleitung auf der zweiten Schicht anschließt.

13. Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der ausgebildete Wachstumswerkstoff ein Metall aufweist.

14. Drucksender, welcher einem MEMS-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 13 aufweist.

15. Drucksender nach Anspruch 14, welcher weiter einen Prozessfluid-Isolator aufweist, der den Druck an den MEMS-Sensor koppelt.

16. Verfahren zur Herstellung eines Sensors, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Ausbilden einer ersten und einer zweiten Schicht eines Messkörpers, wobei zumindest die erste oder die zweite Schicht einen Vertiefungsabschnitt aufweist; Anordnen eines elektrisch leitenden Films auf zumindest der ersten Schicht; Anordnen einer Leitung auf der zweiten Schicht;

Anordnen eines elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs auf zumindest der Leitung oder dem elektrisch leitenden Film;

Verbinden der ersten mit der zweiten Schicht, wobei ein Abschnitt der Leitung axial zu und beabstandet von einem Abschnitt des elektrisch leitenden Films bei der Anordnung des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs ausgerichtet ist, und

Erwärmen des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs zur Ausbildung einer Verbindung in dem Raum zwischen dem elektrisch leitenden Film und der Leitung.

17. Verfahren nach Anspruch 16, welches weiter den folgenden Schritt aufweist:

Ausbilden einer Mesastruktur in zumindest der ersten oder der zweiten Schicht, wobei die Mesastruktur zur Anordnung des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs axial ausgerichtet ist.

18. Mikroelektromechanisches System (MEMS-System), welches Folgendes aufweist:

einen Körper, der sich aus mindestens der miteinander verbundenen ersten und zweiten Schicht zusammensetzt, wobei der Körper einen Hohlraum zwischen gegenüberliegenden Flächen der ersten und zweiten Schicht bildet;

einen ersten elektrischen Leiter, der auf einer der gegenüberliegenden Flächen angeordnet ist,

einen zweiten elektrischen Leiter, der auf der anderen der gegenüberliegenden Flächen angeordnet ist; und

eine elektrisch leitende Kornwachstumswerkstoffanordnung, die auf mindestens einem der Leiter angeordnet ist, welche unter bestimmten Voraussetzungen Körner zur Ausbildung einer Verbindung zwischen den Leitern erzeugt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung erwärmt wird, um zur Ausbildung der Verbindung ein Wachstum des elektrisch leitenden Kornwachstumswerkstoffs zu bewirken.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

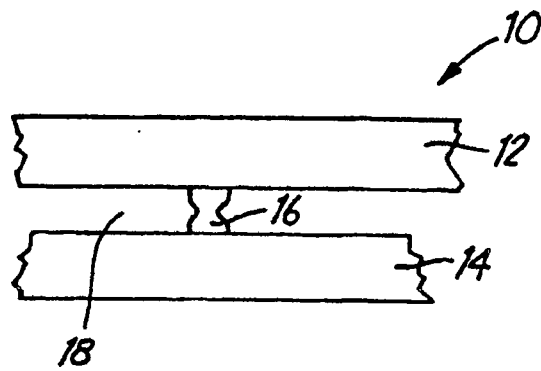


FIG. 1

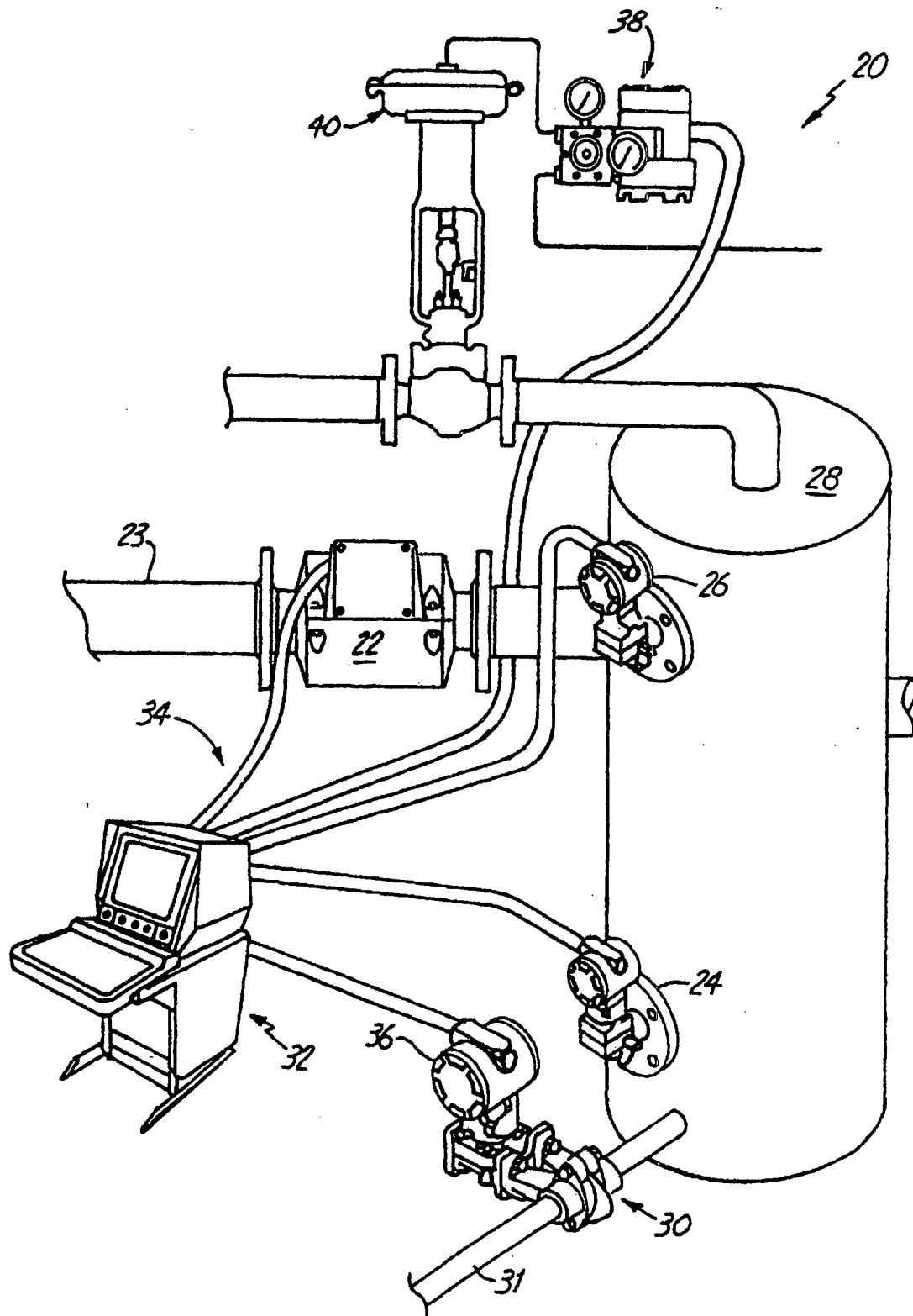


FIG. 2

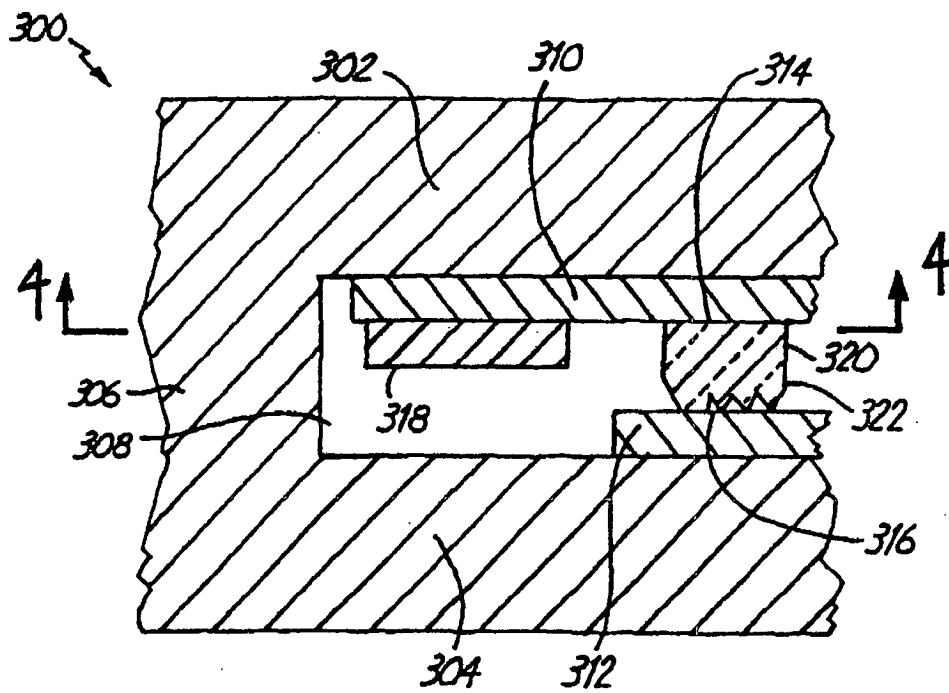


FIG. 3

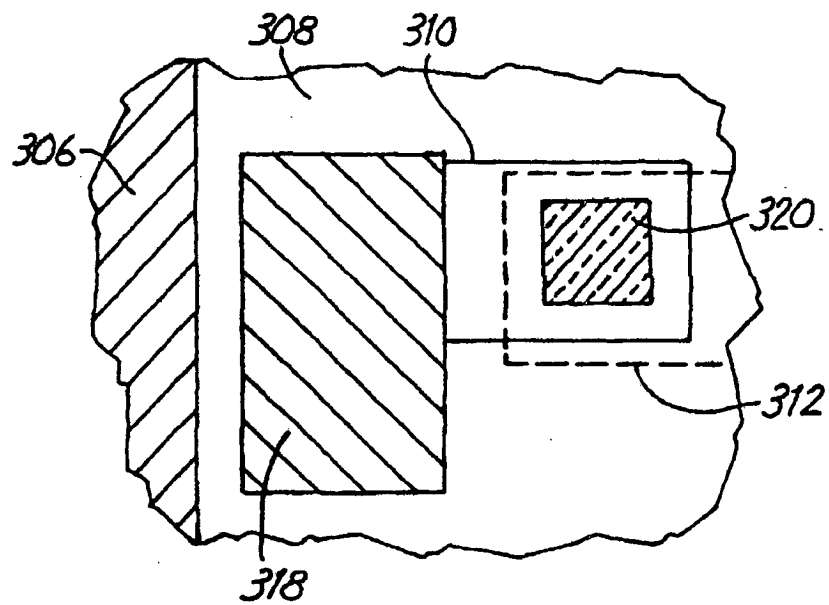


FIG. 4

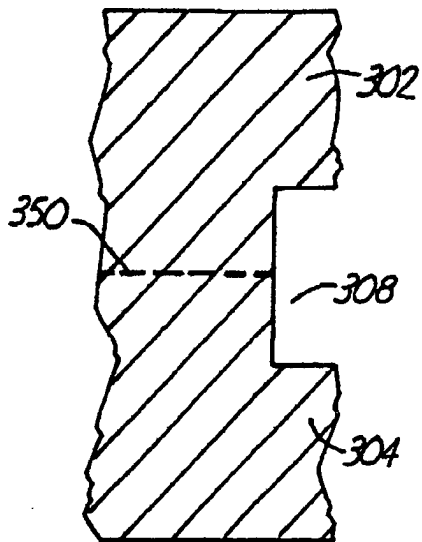


FIG. 5

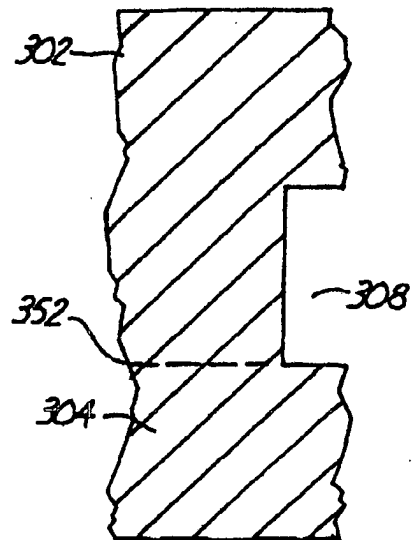


FIG. 6

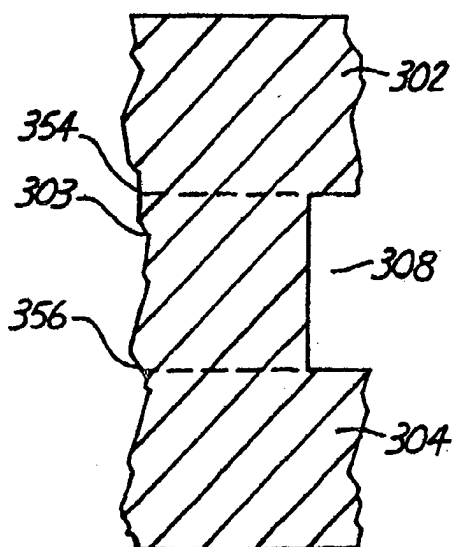


FIG. 7

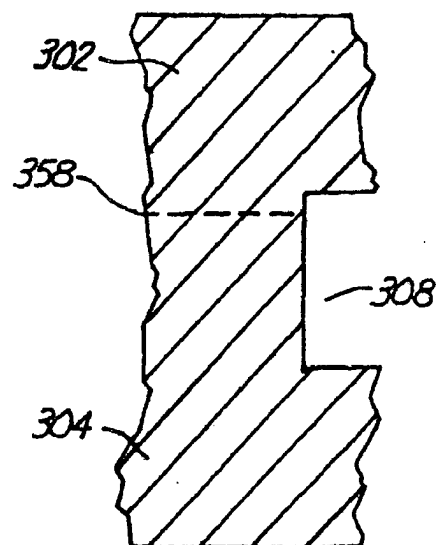


FIG. 8

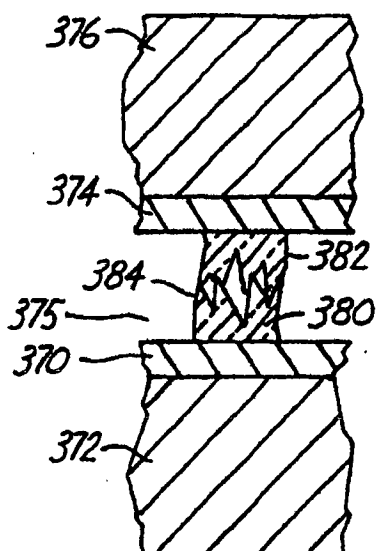


FIG. 9

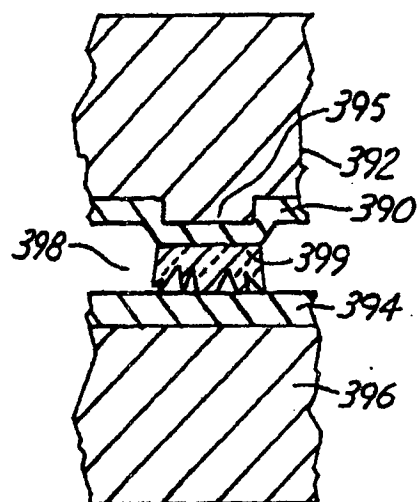


FIG. 10

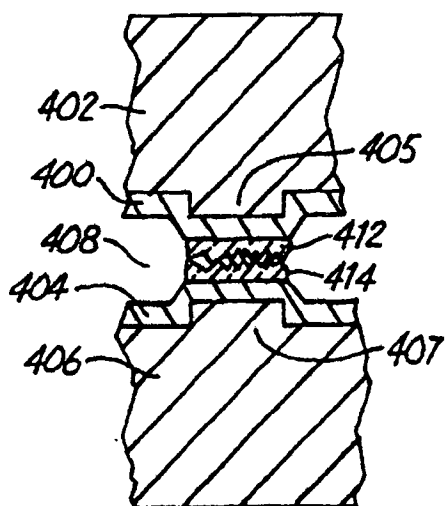


FIG. 11

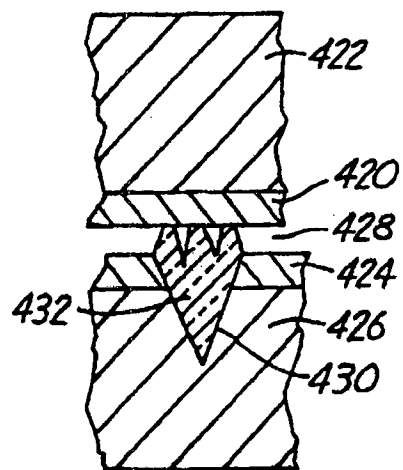


FIG. 12

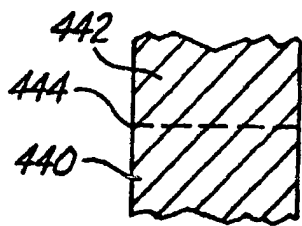


FIG. 13

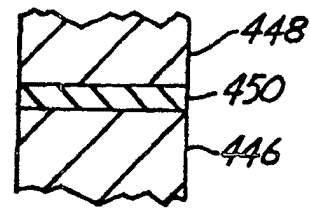


FIG. 14

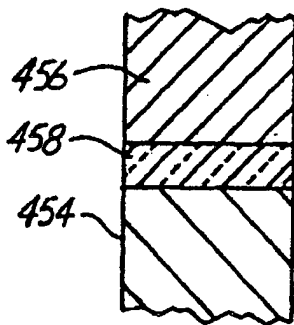


FIG. 15

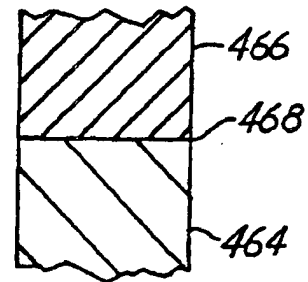


FIG. 16

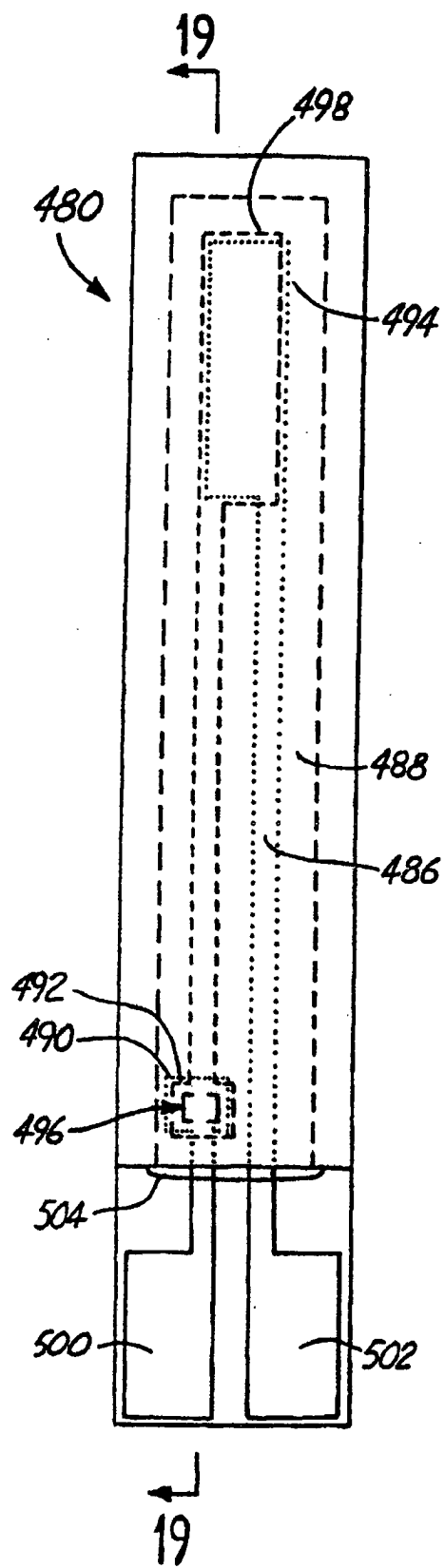


FIG. 17

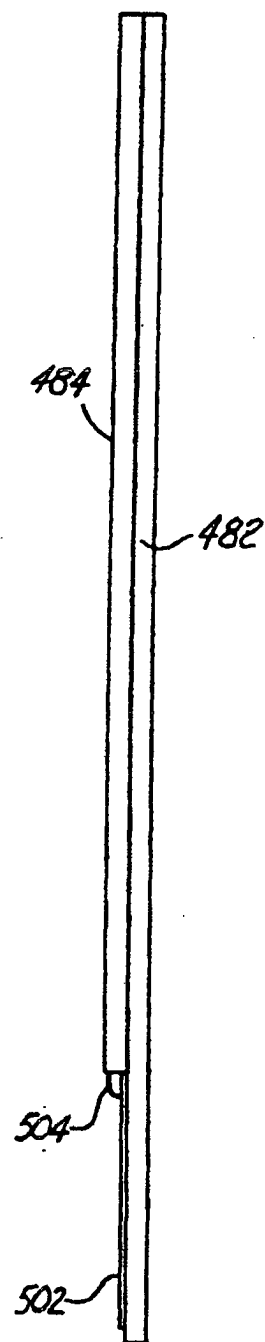


FIG. 18

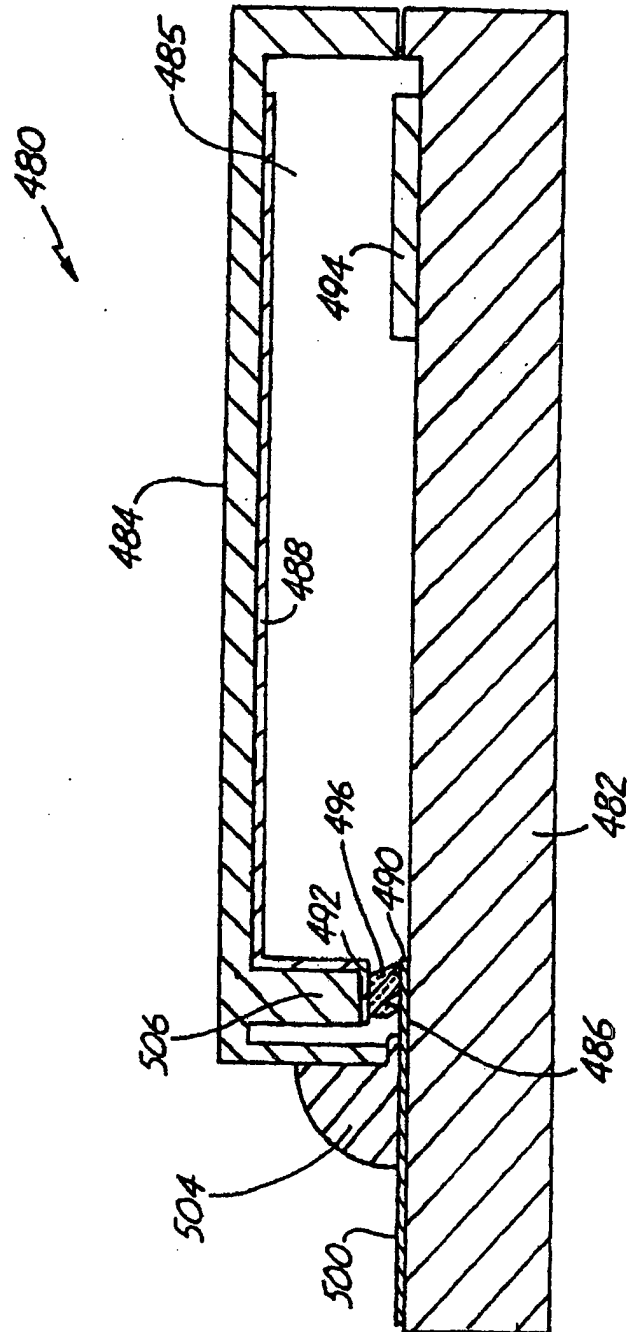


FIG. 19

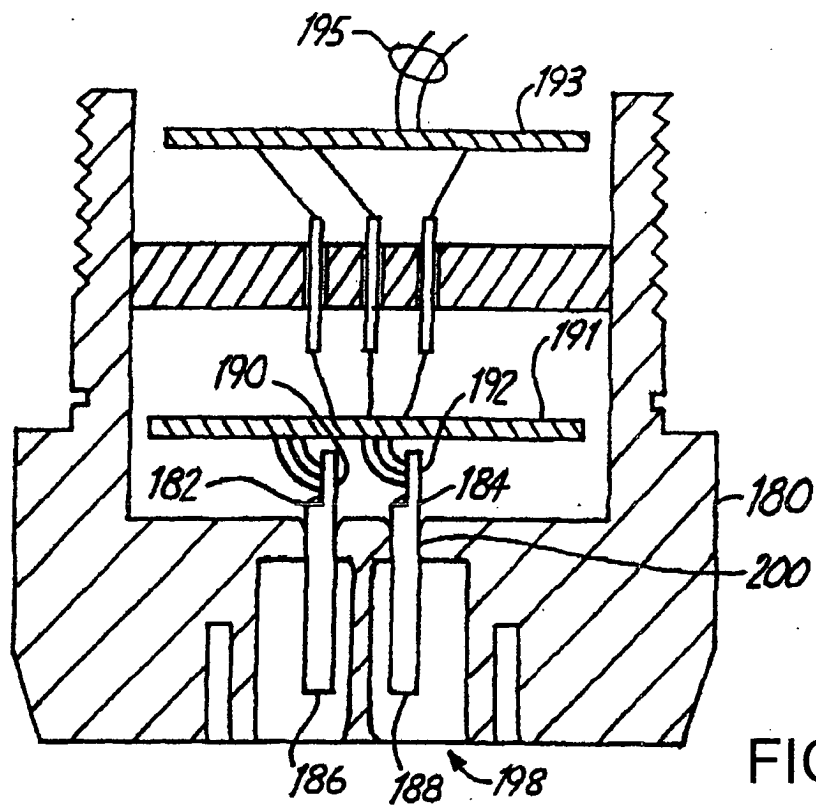


FIG. 20

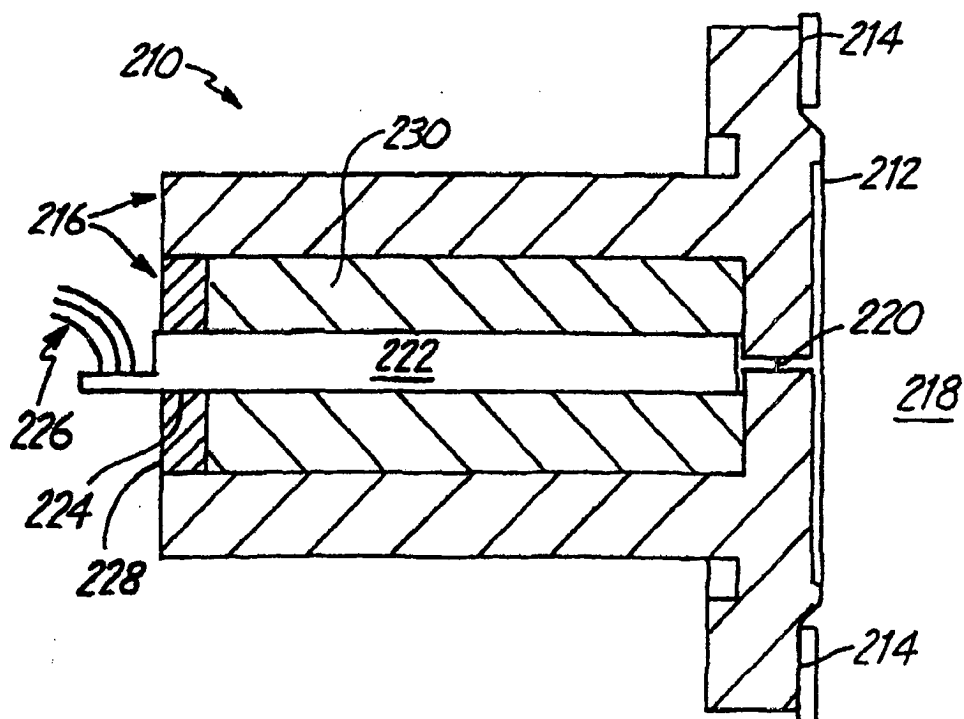


FIG. 21