



(10) **DE 10 2013 114 741 A1** 2015.06.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 114 741.0**

(22) Anmeldetag: **20.12.2013**

(43) Offenlegungstag: **25.06.2015**

(51) Int Cl.: **G01L 7/08 (2006.01)**

G01L 13/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689
Maulburg, DE**

(74) Vertreter:

**Hahn, Christian, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 79576 Weil
am Rhein, DE**

(72) Erfinder:

**Pfeiffer, Helmut, 79585 Steinen, DE; Roßberg,
Andreas, Dr., 79713 Bad Säckingen, DE; Schmidt,
Elke, 79713 Bad Säckingen, DE; Tham, Anh Tuan,
Dr., 14089 Berlin, DE; Becher, Raimund, 79238
Ehrenkirchen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

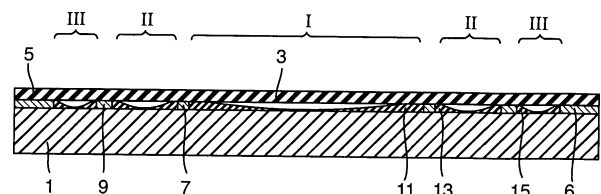
DE	101 32 269	A1
DE	10 2004 057 967	A1
US	4 287 553	A
EP	0 456 873	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Drucksensor**

(57) Zusammenfassung: Ein Drucksensor umfasst eine Gegenkörper (1), eine mit dem Gegenkörper an deren äußerem Rand mittels einer ringförmigen Fügestelle (6) druckdicht verbundene, von dem Gegenkörper beabstandete kreisscheibenförmige Messmembran (3), mindestens einen ringförmigen konzentrisch zu dem Rand auf dem Gegenkörper (1) angeordneten, ringförmigen Steg (7, 9), auf dem die Messmembran aufliegt, und mit dem die Messmembran fest gefügt ist, und- elektromechanische Wandler (17, 19), die jeweils eine durch einen auf die Messmembran (3) einwirkenden Druck bedingte Auslenkung der einzelnen durch die Stege (7, 9) gebildeten Teilbereiche (I, II, III) der Messmembran (3) in ein elektrisches Signal umwandeln, wobei die Messmembran einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund, aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Drucksensor.

[0002] In der Druckmesstechnik werden z.B. Absolutdruck-, Relativdruck- und Differenzdrucksensoren verwendet. Bei Absolutdrucksensoren wird ein zu messender Druck absolut, d.h. als Druckunterschied gegenüber einem Vakuum erfaßt. Mit einer Relativdrucksensor wird ein zu messender Druck in Form eines Druckunterschiedes gegenüber einem Referenzdruck, z.B. einem Druck, der dort herrscht, wo sich der Sensor befindet, aufgenommen. Bei den meisten Anwendungen ist dies der Atmosphärendruck am Einsatzort. Es wird also bei Absolut-Druckmesszellen ein zu messender Druck bezogen auf einen festen Bezugsdruck, den Vakuumdruck, und bei Relativdrucksensoren ein zu messender Druck bezogen auf einen variablen Bezugsdruck, z.B. den Umgebungsdruck, erfaßt. Ein Differenzdrucksensor erfaßt eine Differenz zwischen einem ersten und einem zweiten an dem Sensor anliegenden Druck.

[0003] Es sind Drucksensoren bekannt mit einem Gegenkörper, einer mit dem Gegenkörper an deren äußerem Rand verbundenen von dem Gegenkörper beabstandeten kreisscheibenförmigen Messmembran, und elektromechanischen Wandlern, die eine durch einen auf die Messmembran einwirkenden Druck bedingte Auslenkung der Messmembran in ein elektrisches Signal umwandeln. Solche Drucksensoren sind regelmäßig für einen fest vorgegebenen Messbereich ausgelegt. Dabei ist die Empfindlichkeit der Messmembran gegenüber einem auf sie einwirkenden Druck durch die Dicke, die Materialeigenschaften und den Durchmesser der Messmembran bestimmt. Durch diese Parameter ist also im wesentlichen der Messbereich festgelegt, in dem ein Sensor arbeitet. Je genauer der Drucksensor arbeiten soll, umso geringer ist der Abstand zwischen einem oberen und einem unteren Druckwert des Messbereichs. Es ist daher üblicherweise eine Vielzahl verschiedener Drucksensoren erforderlich, um in unterschiedlichen Messbereichen mit ausreichender Genauigkeit Druckmessungen durchführen zu können.

[0004] Die Offenlegungsschrift DE 101 32 269 A1 offenbart einen Drucksensor mit einem Gegenkörper, einer mit dem Gegenkörper an deren äußerem Rand verbundenen von dem Gegenkörper beabstandeten kreisscheibenförmigen Messmembran, mindestens einem ringförmigen konzentrisch zu dem Rand auf dem Gegenkörper angeordneten Steg, auf dem die Messmembran aufliegt oder mit dem die Messmembran fest verbunden ist, und elektromechanischen Wandlern, die eine durch einen auf die Messmembran einwirkenden Druck bedingte Auslenkung der einzelnen durch die Stege gebildeten Teilbereiche der Messmembran in ein elektrisches Signal um-

wandeln, wobei die Messmembran Metall oder Silizium aufweist.

[0005] Dieser Drucksensor ist insofern nachteilig, als eine metallische Messmembran nicht korrosionsbeständig und nicht abrasionsbeständig ist und insofern nicht für alle Medien einsetzbar ist. Dies gilt insbesondere für Mehrbereichssensoren mit einer auf ringförmigen Stegen abgestützten Messmembran, da die Messmembran bei wechselnden Druckbeaufschlagung gerade im Bereich der Stege exponiert und maximalen, wechselnden Spannungen ausgesetzt ist, was zu einer besonderen Abrasions- und Korrosionsgefährdung führt. Da aber gerade die Bereiche maximaler Spannungen für das Biegeverhalten einer Messmembran bestimmend sind, wirken sich Korrosion und Abrasion hier in besonderer Weise auf die Übertragungsfunktion des Drucksensors aus.

[0006] Drucksensoren mit einer Messmembran aus Silizium werden gewöhnlich mit einem hydraulischen Druckmittler betrieben, welcher die Messmembran vor den Prozessmedien schützt. Der Einsatz von Druckmittlern steht auch für Drucksensoren mit metallischen Messmembranen zur Verfügung. Diese Druckmittler sind jedoch nicht für allen Prozess geeignet bzw. akzeptiert, da eine Leckage des Druckmittlers zur Kontamination eines Prozessmediums durch eine hydraulische Übertragungsflüssigkeit des Druckmittlers führen kann.

[0007] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen korrosionsbeständigen und abrasionsbeständigen Mehrbereichsdrucksensor bereitzustellen.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Drucksensor gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1.

[0009] Die Erfindung offenbart einen Drucksensor mit einem Gegenkörper, einer mit dem Gegenkörper an deren äußerem Rand mittels einer ringförmigen Fügestelle druckdicht verbundenen, von dem Gegenkörper beabstandeten kreisscheibenförmigen Messmembran, mindestens einem ringförmigen konzentrisch zu dem Rand auf dem Gegenkörper angeordneten, ringförmigen Steg, auf dem die Messmembran aufliegt, und mit dem die Messmembran fest gefügt ist, und elektromechanischen Wandlern, die jeweils eine durch einen auf die Messmembran einwirkenden Druck bedingte Auslenkung der einzelnen durch die Stege gebildeten Teilbereiche der Messmembran in ein elektrisches Signal umwandeln, wobei die Messmembran einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund, aufweist.

[0010] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist die Fügestelle am äußeren Rand der Messmembran ein Aktivhartlot auf, welches zum Fügen

beispielsweise als Formteil oder durch Sputtern bereitgestellt ist.

[0011] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist der mindestens eine zum äußeren Rand konzentrische, ringscheibenförmige Steg ein Aktivhartlot auf, mit dem die Messmembran mit dem Gegenkörper verbunden ist.

[0012] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist der ringförmige Steg durch Sputtern des Aktivhartlots auf einer Oberfläche des Gegenkörpers oder der Messmembran präpariert.

[0013] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist der Gegenkörper einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund auf.

[0014] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Gegenkörper mindestens einen keramischen Stützkörper, welcher mittels des mindestens einen Stegs mit der Messmembran gefügt ist, und mindestens einen metallischen Versteifungskörper, wobei der mindestens eine Versteifungskörper mit dem Stützkörper durch Löten oder Hartlöten verbunden ist.

[0015] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist der Versteifungskörper Ti oder Ta auf.

[0016] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weisen die elektromechanischen Wandler mindestens eine Messmembranseitige Elektrode und jeweils mindestens eine gegenkörperseitige Elektrode auf, die jeweils auf einem keramischen Substrat präpariert sind.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weisen mindestens zwei Teilbereiche der Messmembran unterschiedliche Messbereiche auf, und wobei mindestens zwei Teilbereiche den gleichen Messbereich aufweisen.

[0018] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung sind durch den Steg bzw. die Stege getrennte Messkammern zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper gebildet, wobei mindestens zwei Messkammern durch einen Steg gasdicht voneinander getrennt sind, von denen eine erste Messkammer evakuiert ist, und eine zweite Messkammer über einen Kanal durch den Gegenkörper mit einem Referenzdruck beaufschlagbar ist, beispielsweise mit Atmosphärendruck.

[0019] Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt:

[0020] Fig. 1: einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Drucksensor mit drei Messbereichen ohne Druckbeaufschlagung;

[0021] Fig. 2 den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbereich des inneren Teilsensors liegt;

[0022] Fig. 3 zeigt den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbereich des mittleren Teilsensors liegt;

[0023] Fig. 4 zeigt den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbereich des äußeren Teilsensors liegt;

[0024] Fig. 5 zeigt den äußeren mit einem kapazitiven elektromechanischen Wandler ausgestatteten Teilsensors des Drucksensor von Fig. 1;

[0025] Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Drucksensor. Er weist einem ringscheibenförmigen Gegenkörper **1** aus Korund auf. Auf diesem ist eine kreisscheibenförmige Messmembran **3** angeordnet, die ebenfalls Korund aufweist. Die Messmembran **3** ist an deren äußerem Rand **5** mit dem Gegenkörper **1** mittels eines Aktivhartlots verbunden und von dem Gegenkörper **1** beabstandet. Hierzu ist zwischen dem Rand **5** und einer diesem gegenüberliegenden äußeren kreisscheibenförmigen Randfläche des Gegenkörpers **1** ein kreisringscheibenförmiges Verbindungselement **6** vorgesehen. Über das Verbindungselement **6** ist die Messmembran **3** von dem Gegenkörper **1** beabstandet und mit ihm verbunden. Das Verbindungselement **6** kann beispielsweise ein Aktivhartlotformteil aufweisen, welches eine Zr-Ni-Ti-Legierung umfasst.

[0026] Auf dem Gegenkörper **1** ist mindestens ein ringförmiger konzentrisch zu dem Rand **5** angeordneter Steg **7, 9** vorgesehen. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind ein innerer Steg **7** und ein äußerer Steg **9** vorgesehen. Die Stege umfassen ebenfalls ein Zr-Ni-Ti-Aktivhartlot und sind insbesondere durch Sputtern des Aktivhartlots auf dem Grundkörper **1** präpariert.

[0027] Die Messmembran **3** liegt auf den Stegen **7, 9** sowie dem Stützelement **6** auf, und ist mit beiden Stegen sowie dem Stützelement in einem Vakuumlötprozess verbunden.

[0028] Die Messmembran ist durch die beiden Stege **7, 9** in drei Teilbereiche I, II, III unterteilt. Der erste Teilbereich I ist kreisförmig und liegt in der Mitte. Der zweite Teilbereich II ist ringförmig und umgibt den ersten Teilbereich I konzentrisch. Der dritte Teilbereich III ist ebenfalls ringförmig und umgibt den ersten und den zweiten Teilbereich II konzentrisch.

[0029] Durch die drei Teilbereiche I, II, III wird der Drucksensor in drei Teilsensoren eingeteilt. Für jeden Teilbereich I, II, III bzw. für jeden Teilsensor ist ein elektromechanischer Wandler vorgesehen, der eine durch einen auf die Messmembran **3** einwirkenden Druck p bedingte Auslenkung der einzelnen durch die Stege **7, 9** gebildeten Teilbereiche I, II, III der Messmembran **3** in ein elektrisches Signal umwandelt.

[0030] Den einzelnen Teilbereichen I, II, III der Messmembran **3** bzw. den dazugehörigen Teilsensoren sind verschiedene Druckmessbereiche zugeordnet. Die Druckmessbereiche sind durch einen unteren und einen oberen mit dem jeweiligen Teilsensor Messbaren Druckwert begrenzt. Dabei sind die oberen und die unteren Druckwerte der einzelnen Messbereiche durch die Radien der Stege **7, 9** und den inneren Radius des Verbindungselements **6**, die Breite der Stege **7, 9**, die Dicke der Messmembran **3** und das Material der Messmembran **3** innerhalb gewisser Grenzen einstellbar.

[0031] Jeder Teilsensor kann optional ein Membranbett **11, 13, 15** aufweisen. Die Membranbetten **11, 13, 15** sind je nach gewünschtem Material z.B. auf dem Gegenkörper **1** vorgesehene Einlagen oder aber an den Gegenkörper **1** angeformte integrale Bestandteile des Gegenkörpers **1**. Die einzelnen Teilbereiche I, II, III schmiegen sich an die Membranbetten **11, 13, 15** an, wenn auf die Messmembran **3** ein Druck einwirkt, der einen oberen Druckwert des Messbereichs des jeweiligen Teilsensors erreicht oder übersteigt. Jeder Teilbereich I, II, III der Messmembran **3** auf den ein Druck einwirkt, der größer als der obere Druckwert des zugeordneten Messbereichs ist, liegt somit an seinem Membranbett **11, 13, 15** an.

[0032] Vorzugsweise steigen die oberen Druckwerte der einzelnen Messbereiche der Teilsensoren von innen nach außen an. Entsprechend liegt dann mit steigendem auf die Messmembran **3** einwirkenden Druck zunächst der innere Teilbereich I der Messmembran **3** in seinem Membranbett **11** an. Bei Erreichen des oberen Druckwerts des Messbereichs des mittleren Teilsensors liegen dann der innere und der mittlere Teilbereich I, II in deren Membranbetten **11, 13** an. Entsprechend liegen bei Erreichen des oberen Druckwerts des Messbereichs des äußeren Teilsensors alle drei Teilbereiche I, II, III in deren Membranbetten **11, 13, 15** an. Vorzugsweise überlappen die Messbereiche der Teilsensoren, so dass alle Druckwerte vom unteren Druckwert des Messbereichs des inneren Teilsensors bis zum oberen Druckwert des Messbereichs des äußeren Teilsensors kontinuierlich erfassbar sind.

[0033] Fig. 2 zeigt den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbereich des inneren Teilsensors liegt, Fig. 3 zeigt den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbe-

reich des mittleren Teilsensors liegt und Fig. 4 zeigt den Drucksensor von Fig. 1, wobei ein Druck einwirkt, der im Messbereich des äußeren Teilsensors liegt.

[0034] Die durch das Fügen entstehende feste Verbindung zwischen der Messmembran **3** und den Stegen **7, 9** bietet den Vorteil, dass die Messmembran **3** auch unter Druckeinwirkung nicht verrutschen kann. Dadurch wird eine Hysterese, die sich nachteilig auf die Messgenauigkeit auswirkt. Werden keine besonders hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit gestellt genügt es wenn die Messmembran **3** auf den Stegen **7, 9** aufliegt. Zur Erzielung einer hohen Messgenauigkeit ist es jedoch von Vorteil, wenn die Messmembran **3** fest mit den Stegen **7, 9** verbunden ist.

[0035] Wirkt ein zu messender Druck auf die Messmembran **3** ein, so werden die druckabhängigen Auslenkungen der einzelnen Teilbereiche I, II, III der Messmembran **3** mittels der elektromechanischen Wandler erfasst.

[0036] In Fig. 5 ist anhand des äußeren Teilsensors ein Ausführungsbeispiel eines kapazitiven elektromechanischen Wandlers dargestellt.

[0037] Ein kapazitiver Wandler weist mindestens einen aus mindestens zwei Elektroden **17, 19** bestehenden Kondensator auf. Eine erste Elektrode **17** ist auf dem Membranbett **15** angeordnet und eine zweite Elektrode **19** ist auf dem gegenüberliegenden Teilbereich III der Messmembran **3** angeordnet. Analog können auch bei den anderen Teilsensoren kapazitive Wandler vorgesehen sein, indem die Membranbetten **11, 13** und die gegenüberliegenden Teilbereiche I, II der Messmembran **3** mit Elektroden ausgestattet sind.

[0038] Bestehen die Membranbetten **11, 13, 15** aus einem Isolator, so können die jeweiligen ersten Elektroden **17** unmittelbar auf das Membranbett **11, 13, 15** aufgebracht sein. Andernfalls ist eine Isolationschicht auf die jeweiligen Membranbetten **11, 13, 15** aufzubringen, durch die die Elektroden **17** gegenüber den Membranbetten **11, 13, 15** isoliert sind. Die zweite Elektrode **19** bzw. die Membranelektrode **19** kann auf der keramischen Messmembran **3** durch Abscheidung einer Metallschicht oder einer ggf. dotierten Metalloxidschicht präpariert werden, beispielsweise Tantal, oder mit Nb oder W dotiertes Titanoxid. Das Elektrodenmaterial kann in den entsprechenden Teilbereiche I, II, III aufgebracht sein, wobei das keramische Material im Bereich der Stege bzw. des Stützelements frei zu bleiben hat, damit eine Bindung mit dem Aktivhartlot erfolgt. Die Membranelektroden **19** liegen vorzugsweise auf einem gemeinsamen Bezugspotential, z.B. Masse wobei sie über die Fügestellen miteinander kurzgeschlossen sind.

[0039] Die Kapazitäten der einzelnen elektromechanischen Wandler werden getrennt mittels einer elektronischen Schaltung **21** erfasst und in ein elektrisches Signal umgewandelt, das über Anschlussleitungen **23** einer weiteren Verarbeitung und/oder Auswertung zur Verfügung steht.

[0040] Sofern keine Geformten Membranbetten vorgesehen sind, können die Gegenkörperseitigen Elektroden **17** direkt auf dem keramischen Werkstoff des Gegenkörpers präpariert werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10132269 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Drucksensor mit

- einem Gegenkörper (1),
- einer mit dem Gegenkörper an deren äußerem Rand mittels einer ringförmigen Fügestelle (6) druckdicht verbundenen, von dem Gegenkörper beabstandeten kreisscheibenförmigen Messmembran (3),
- mindestens einem ringförmigen konzentrisch zu dem Rand auf dem Gegenkörper (1) angeordneten, ringförmigen Steg (7, 9)
- auf dem die Messmembran aufliegt, und mit dem die Messmembran fest gefügt ist, und
- elektromechanischen Wandlern (17, 19),
- die jeweils eine durch einen auf die Messmembran (3) einwirkenden Druck bedingte Auslenkung der einzelnen durch die Stege (7, 9) gebildeten Teilbereiche (I, II, III) der Messmembran (3) in ein elektrisches Signal umwandeln, wobei die Messmembran einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund, aufweist.

2. Drucksensor nach Anspruch 1, bei dem die Fügestelle am äußeren Rand der Messmembran ein Aktivhartlot aufweist, welches zum Fügen beispielsweise als Formteil oder durch Sputtern bereitgestellt ist, oder wobei die Fügestelle ein Glas aufweist, welches insbesondere im Siebdruckverfahren aufgebracht wird.

3. Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei der mindestens eine zum äußeren Rand (5) konzentrische, ringscheibenförmige Steg (6) ein Aktivhartlot oder ein Glas aufweist, mit dem die Messmembran (3) mit dem Gegenkörper verbunden ist.

4. Drucksensor nach Anspruch 3, wobei der ringförmige Steg durch Sputtern des Aktivhartlots oder durch Siebdruck einer Glaspaste auf einer Oberfläche des Gegenkörpers oder der Messmembran präpariert ist.

5. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei der Gegenkörper einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund aufweist.

6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei der Gegenkörper mindestens einen keramischen Stützkörper umfasst, welcher mittels des mindestens einen Stegs mit der Messmembran gefügt ist, und mindestens einen metallischen Versteifungskörper, wobei der mindestens eine Versteifungskörper mit dem Stützkörper durch Löten oder Hartlöten verbunden ist.

7. Drucksensor nach Anspruch 6, wobei der Versteifungskörper Ti oder Ta aufweist.

8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektromechanischen Wandler

mindestens eine Messmembranseitige Elektrode und jeweils mindestens eine gegenkörperseitige Elektrode aufweisen, die jeweils auf einem keramischen Substrat präpariert sind.

9. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Teilbereiche der Messmembran unterschiedliche Messbereiche aufweisen, und wobei mindestens zwei Teilbereiche den gleichen Messbereich aufweisen.

10. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei durch den Steg bzw. die Stege getrennte Messkammern zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper gebildet sind, wobei mindestens zwei Messkammern durch einen Steg gasdicht voneinander getrennt sind, von denen eine erste Messkammer evakuiert ist, und eine zweite Messkammer über einen Kanal durch den Gegenkörper mit einem Referenzdruck beaufschlagbar ist, beispielsweise mit Atmosphärendruck.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

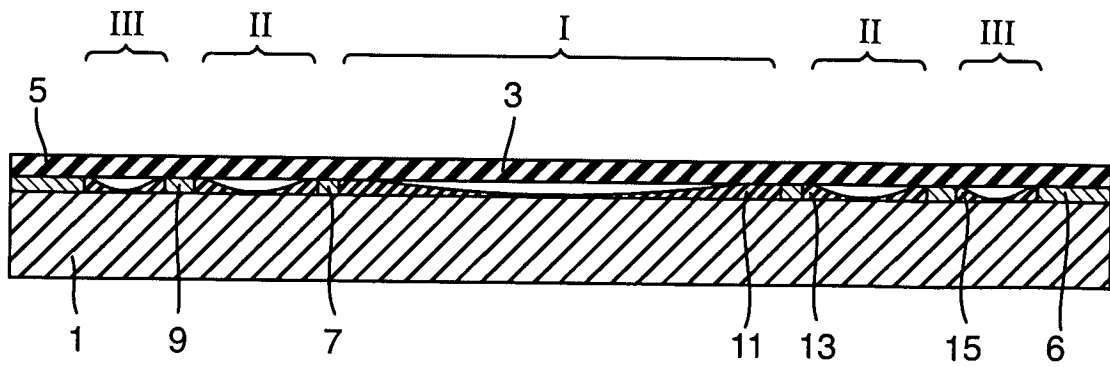


Fig. 1

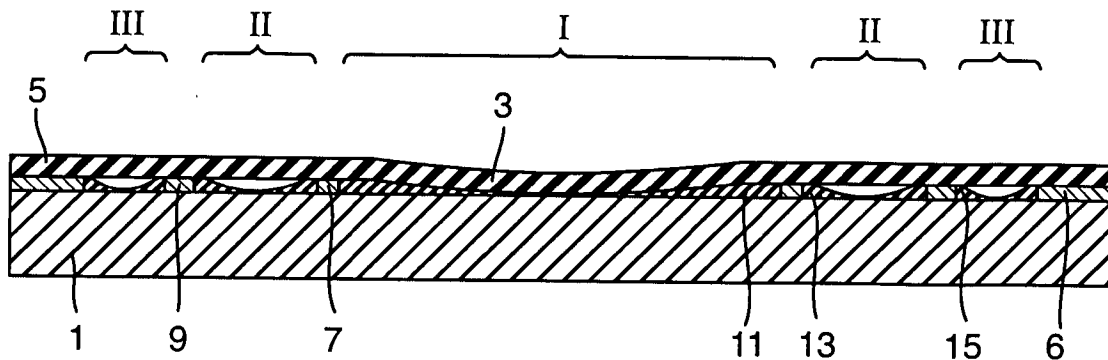


Fig. 2

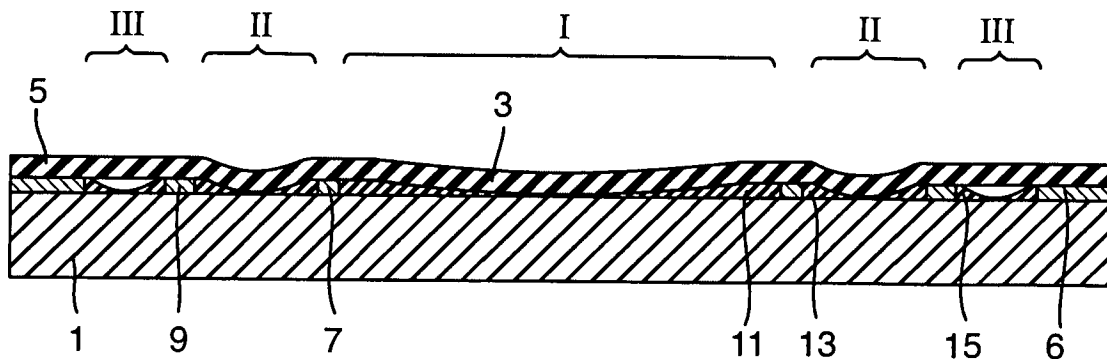


Fig. 3

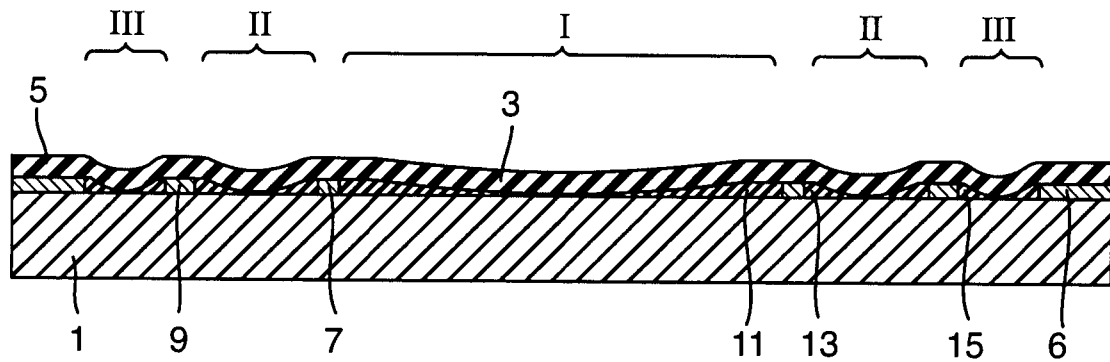


Fig. 4

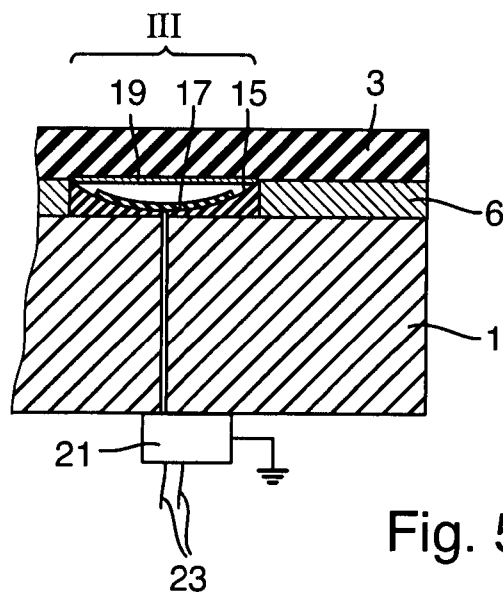


Fig. 5