



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 093 132 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2001 Patentblatt 2001/16

(51) Int. Cl.⁷: **H01C 17/24**

(21) Anmeldenummer: **00115803.9**

(22) Anmeldetag: **22.07.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **15.10.1999 DE 19949607**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **Emili, Walter
72810 Gomaringen (DE)**
• **Goebel, Herbert
72766 Reutlingen (DE)**
• **Wanka, Harald
72766 Reutlingen (DE)**

(54) **Planarer Abgleichwiderstand, Anwendungen und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Ein Abgleichwiderstand wird hergestellt durch Abscheiden einer Widerstandsschicht (3) auf einem Substrat (1), einer Passivierungsschicht (5) mit Fenstern (4) und einer Kontaktschicht (6), die mit der Widerstandsschicht (3) durch die Fenster (4) in Kontakt steht.

Ein Abgleich erfolgt durch Unterbrechen der Kontaktschicht (6) an Engstellen (7). Anwendung für die Herstellung von Hochdrucksensoren.

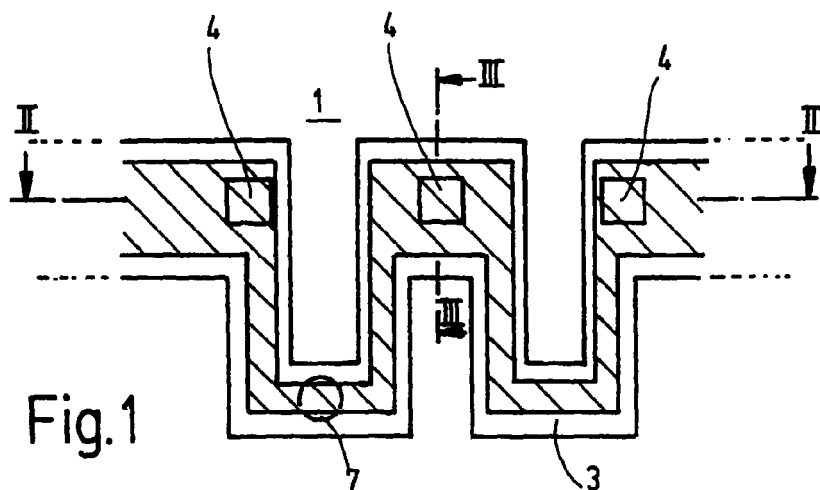


Fig.1

EP 1 093 132 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft einen planaren Abgleichwiderstand mit einem Substrat und einer darauf abgeschiedenen Widerstandsschicht, eine Widerstandsbrückenschaltung sowie einen Sensor, die einen derartigen Abgleichwiderstand verwenden, und Verfahren zur Herstellung des Abgleichwiderstandes beziehungsweise der Widerstandsbrückenschaltung oder des Sensors.

[0002] Abgleichwiderstände kommen in Schaltungen zum Einsatz, die zunächst mit einer gewissen Toleranz gefertigt werden und deren Verhalten anschließend durch Einstellen des Widerstandswertes besagter Abgleichwiderstände exakt eingestellt wird. Es sind Abgleichwiderstände mit einer planaren Widerstandsschicht bekannt, deren Widerstandswert nach Einbau des Abgleichwiderstandes in eine Schaltung durch lokales Abtragen von Material der Widerstandsschicht angepaßt werden kann. Dabei ergibt sich das Problem, daß eine Veränderung des Widerstandswertes durch Abtragen von Material der Widerstandsschicht auch deren Kapazität beeinflusst, insbesondere dann, wenn die Widerstandsschicht sich in unmittelbarer Nähe eines weiteren Leiters erstreckt, z.B. weil sie nur durch eine dünne Isolationsschicht getrennt auf einem metallischen Substrat abgeschieden ist. Eine solche Kapazitätsveränderung kann den Wert des Abgleiches zunichte machen, wenn das Verhalten der abzugleichenden Gesamtschaltung nicht nur vom Widerstandswert, sondern auch von der Kapazität des Abgleichwiderstandes beeinflusst wird. Dieses Problem tritt immer dann auf, wenn der Abgleichwiderstand Teil eines Resonanzkreises ist.

Vorteile der Erfindung

[0003] Durch die vorliegende Erfindung wird ein planarer Abgleichwiderstand der eingangs beschriebenen Art geschaffen, dessen Kapazität durch den Abgleichvorgang nicht beeinflusst wird.

[0004] Dieser Vorteil wird dadurch erreicht, daß eine Kontaktschicht, die eine bessere Leitfähigkeit als die Widerstandsschicht aufweist, auf der Widerstandsschicht angeordnet wird, so daß sie wenigstens an einzelnen Stellen mit letzterer in leitendem Kontakt steht, und die wenigstens lokal einer abtragenden Behandlung zugänglich ist. Wenn bei einem solchen Abgleichwiderstand die Kontaktschicht lokal beseitigt wird, so hat dies zur Folge, daß ein Strom, der sonst die Kontaktschicht durchflossen hätte, wenigstens teilweise in die Widerstandsschicht abgedrängt wird, so daß durch die Abtragung der Kontaktschicht der Widerstandswert kontrolliert erhöht wird. Da gleichzeitig aber die Widerstandsschicht unter der abgetragenen Kontaktschicht bestehen bleibt, ändert sich die dem Substrat gegen-

überliegende elektrisch leitfähige Oberfläche des Abgleichwiderstandes nicht, und seine Kapazität wird durch den Abtragungsvorgang nicht verändert.

[0005] Grundsätzlich darf die Kontaktschicht sich über die Grenzen der Widerstandsschicht hinaus auf dem Substrat erstrecken. Allerdings dürfen diejenigen Bereiche der Kontaktschicht, die nicht oberhalb der Widerstandsschicht liegen, nicht abgetragen werden, da anderenfalls die Oberfläche des Abgleichwiderstandes verringert würde und die Kapazität somit dennoch unerwünscht beeinflusst würde. Um solche Probleme auszuschließen, ist es zweckmäßig, die Kontaktschicht bei der Herstellung des Abgleichwiderstandes so zu bemessen, daß sie nicht über die Ränder der Widerstandsschicht übersteht.

[0006] Die Kontaktschicht und die Widerstandsschicht sind vorzugsweise streifenförmig ausgebildet. Anschlußkontakte sind an entgegengesetzten Enden des Kontaktschicht-Streifens vorgesehen. Die Streifen können in platzsparender Weise zickzack- oder mäanderförmig auf dem Substrat angeordnet sein. Vorzugsweise weist der Abgleichwiderstand eine Passivierungsschicht auf, die die Widerstandsschicht im wesentlichen überdeckt und lediglich lokal einzelne Fenster aufweist, die den leitenden Kontakt der Kontaktschicht mit der Widerstandsschicht ermöglichen.

[0007] Zwischen zwei Fenstern der Passivierungsschicht ist vorzugsweise jeweils eine Engstelle der Kontaktschicht vorgesehen. An einer solchen Engstelle ist die Kontaktschicht besonders einfach zu durchtrennen, ihre Durchtrennung hat zur Folge, daß ein elektrischer Strom, der sonst durch die Kontaktschicht geflossen wäre, zwischen den zwei Fenstern den Weg über die Widerstandsschicht nehmen muß.

[0008] Die Passivierungsschicht dient nicht nur dem Schutz der Widerstandsschicht vor Umwelteinflüssen, ihre Fensterstruktur hat darüber hinaus den Vorteil, daß es genügt, die Kontaktschicht auf einer geringen Länge zwischen zwei Fenstern zu durchtrennen, um den Stromweg in der Widerstandsschicht um den im Vergleich zu dieser Länge größeren Abstand zwischen zwei Fenstern zu verlängern.

[0009] Eine bevorzugte Anwendung des Abgleichwiderstandes ist eine Widerstandsbrückenschaltung. Bei einer solchen Brückenschaltung sind zweckmäßigerweise die Widerstandselemente und der wenigstens eine Abgleichwiderstand auf dem gleichen Substrat ausgebildet. So können die Widerstandselemente und der Abgleichwiderstand zum Teil mit den gleichen Prozessschritten hergestellt werden.

[0010] Eine weitere bevorzugte Anwendung des Abgleichwiderstandes ist ein Sensor, der ein verformbares Substrat und wenigstens ein Widerstandselement umfaßt, dessen Widerstandswert durch eine Verformung des Substrates veränderbar ist und dem ein erfindungsgemäßer Abgleichwiderstand zugeordnet ist. Dieses Widerstandselement kann wiederum Teil einer Widerstandsbrückenschaltung sein.

[0011] Bei dem Sensor kann es sich vorteilhafterweise um einen Drucksensor handeln; das Substrat kann Teil einer Druckkapsel eines solchen Sensors sein.

[0012] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Herstellen eines Abgleichwiderstandes, bei dem eine Widerstandsschicht auf einem isolierenden Substrat abgeschieden und strukturiert wird, und bei dem über der Widerstandsschicht in wenigstens lokalem Kontakt mit dieser eine Kontaktschicht gebildet wird, die eine bessere Leitfähigkeit als die Widerstandsschicht hat.

[0013] Auf der Widerstandsschicht wird vor der Bildung der Kontaktschicht vorzugsweise eine Passivierungsschicht aufgebracht, die Fenster zur Herstellung des lokalen Kontaktes aufweist. Zur Strukturierung der verschiedenen Schichten eignen sich photolithographische Verfahren oder - bei Sensoren besonders vorteilhaft - Laserstrukturierungsverfahren. Die Kontaktschicht kann insbesondere auch durch Aufspalten des Schichtmaterials erzeugt werden. Denkbar ist auch die Aufbringung des Materials der Kontaktschicht direkt durch eine Maske hindurch, so daß die Kontaktschicht auf der Widerstandsschicht (getrennt durch die Passivierung) unmittelbar in der gewünschten Gestalt entsteht.

[0014] Der Abgleich des Widerstandes erfolgt vorzugsweise durch Durchtrennen der Kontaktschicht zwischen zwei Fenstern, vorzugsweise durch Laserablation. Diese Laserablation ist mit den gleichen Apparaturen durchführbar, die ggf. auch zuvor für die Laserstrukturierung der verschiedenen Schichten eingesetzt worden sind.

[0015] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Figuren.

Figuren

[0016]

Figur 1 zeigt eine Draufsicht auf einen Abschnitt eines erfindungsgemäßen Abgleichwiderstandes.

Figur 2 zeigt den Ausschnitt im Schnitt entlang der Linie II-II aus Figur 1.

Figur 3 zeigt einen zweiten Schnitt entlang der Linie III-III aus Figur 1.

Figur 4 zeigt eine Widerstandsbrücke mit Ausgleichwiderständen gemäß der Erfindung auf einer Membran eines Drucksensors;

Figur 5 zeigt einen Teil dieses Drucksensors im Schnitt; und

Figur 6 zeigt die einzelnen Schritte des Herstellungsverfahrens des Sensors der Figuren 4 und 5.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0017] Die Figuren 1, 2 und 3 zeigen einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Abgleichwiderstandes in einer Draufsicht beziehungsweise in zwei Schnitten. Der Abgleichwiderstand ist auf einem Substrat 1, hier einem Edelstahlblech mit einer Isolationsschicht 2 aus Siliziumoxid darauf aufgebaut. Er umfaßt eine Widerstandsschicht 3 aus einem Material mit mäßig guter Leitfähigkeit, die auf der Isolationsschicht 2 ein mäander- oder zickzackförmiges Muster bildet, von dem zwei vollständige Perioden in Figur 1 gezeigt sind.

[0018] Auf der Widerstandsschicht 3 ist auf ihrer gesamten Oberfläche mit Ausnahme von einzelnen Fenstern 4, eine Passivierungsschicht 5 aufgebracht, die aus Siliziumnitrid oder wie die Isolationsschicht 2 aus Siliziumoxid besteht. Eine Kontaktschicht 6 aus einem Metall mit guter elektrischer Leitfähigkeit, hier Gold, folgt dem mäanderartigen Verlauf der Widerstandsschicht 3, hat allerdings eine geringere Breite als diese und ist so plaziert, daß ihre Ränder nirgends über die Ränder der Widerstandsschicht 3 überstehen. Die Kontaktschicht 6 ist über die Fenster 4 mit der Widerstandsschicht 3 in leitendem Kontakt.

[0019] Kontaktanschlüsse (nicht dargestellt) befinden sich an den gegenüberliegenden Enden der streifenartigen Kontaktschicht 6.

[0020] Da die Leitfähigkeit der Kontaktschicht 6 deutlich besser ist als die der Widerstandsschicht 3, fließt im unabgeglichene Zustand des Abgleichwiderstandes ein über die Kontaktanschlüsse angelegter Strom im wesentlichen durch die Kontaktschicht 6. Um den Widerstand abzugleichen, ist vorgesehen, die Kontaktschicht 6 an einer Engstelle, z.B. dem Bereich 7 zu durchtrennen. Um diese Durchtrennung auszuführen, eignet sich das Verfahren der Laserablation, insbesondere mit einem Excimerlaser. Damit ist es ohne weiteres möglich, eine auf den Bereich 7 eingestrahlte Laserenergie so zu dosieren, daß die Kontaktschicht 6 an der betreffenden Stelle abgetragen wird, ohne daß gleichzeitig die darunterliegende Widerstandsschicht 3 mit beschädigt wird. Zu diesem Zweck können z.B. die Materialien der Kontaktschicht 6 und der Widerstandsschicht 3 und die Wellenlänge des Lasers so gewählt werden, daß die Ablationsenergie der Kontaktschicht 6 kleiner ist als die der Widerstandsschicht 3, so daß die Energie des Excimers, selbst wenn sie nach Zerstörung der Kontaktschicht 6 die Widerstandsschicht 3 erreicht, nicht ausreicht, um auch diese zu zerstören. Es sind aber auch andere - bekannte - Verfahren zum Durchtrennen, wie zum Beispiel Funkenerosion, anwendbar.

[0021] Als Hilfsmittel zum Schutz der Widerstandsschicht 3 vor Beschädigung kann auch die Zusammensetzung der Passivierungsschicht 5 dienen. So ist z.B. durch geeignete Wahl des Siliziumgehaltes der Passi-

vierungsschicht 5 möglich, die Eindringtiefe der Laserstrahlung so einzustellen, daß diese über die Gesamtdicke der Passivierungsschicht 5 hinweg von dieser absorbiert wird und so ihre Energie in deren gesamtem Volumen verteilt. Im Vergleich dazu ist die Eindringtiefe der Strahlung bei den Metallen oder Halbleitermaterialien der Kontaktschicht beziehungsweise der Widerstandsschicht wesentlich kleiner, so daß die durch den Laser induzierte Erhitzung dieser Schichten sich auf eine dünne Oberflächenlage von diesen konzentriert und ausreicht, um diese Oberflächenlage zu verdampfen.

[0022] Wenn die Kontaktschicht 6 an der Engstelle 7 durchtrennt ist, ist der Strom gezwungen, zwischen den der Engstelle 7 benachbarten Fenstern 4 durch die Widerstandsschicht 3 zu fließen. Durch Zerstören der Kontaktschicht 6 zwischen einer wählbaren Zahl von Fenstern 4 ist es auf diese Weise möglich, die Weglänge, die der Strom in der Widerstandsschicht 3 zurücklegen muß, und damit den Widerstandswert des Abgleichwiderstandes schrittweise sehr genau einzustellen.

[0023] Die Figuren 4 und 5 zeigen ein bevorzugtes Anwendungsbeispiel des oben beschriebenen Abgleichwiderstandes.

[0024] Figur 4 ist eine Draufsicht auf die Membran 12 eines Drucksensors, die hier die Rolle des Substrates 1 spielt. Auf dieser Membran sind vier Widerstandselemente R1, R2, R3, R4 mit Anschlüssen A1, A2, A3, A4 zu einer Wheatstone-Brücke verschaltet. Abgleichwiderstände A1, A2 der mit Bezug auf Figuren 1 bis 3 beschriebenen Art sind mit den Widerstandselementen R3, R4 in Reihe geschaltet. Die Widerstandselemente und die Abgleichwiderstände sind in einem gemeinsamen Prozeß, auf den später noch genauer eingegangen wird, auf der Membran 12 erzeugt; die Widerstandselemente R1, R2, R3, R4 besitzen eine Widerstandsschicht, die der Widerstandsschicht 3 der Abgleichwiderstände entspricht, sie besitzen jedoch keine durchgehende Kontaktschicht, und die Passivierungsschicht 5 ist über den Widerstandselementen R1, R2, R3, R4 mit Ausnahme von ihren Anschlußpads durchgehend.

[0025] Figur 5 zeigt die Membran 12 der Figur 4 im Querschnitt. Sie ist Teil eines Hochdrucksensors 11 und ist einstückig mit einem starren Metallrahmen 13 verbunden. Befindet sich zwischen den zwei Seiten der Membran 12 ein Druckgefälle, so führt dies zu einer Verformung der Membran 12, und es kommt, zum Beispiel wenn der Druck unterhalb der Membran höher ist als darüber, im Bereich der Widerstandselemente R1 und R2 zu einer Stauchung und im Bereich der Widerstandselemente R3 und R4 zu einer Dehnung an der Oberfläche der Membran. Diese Verformungen beeinflussen die Leitfähigkeit der Widerstandsschichten der Widerstandselemente und bewirken so eine Verstimmung der Wheatstone-Brücke, die zu einer an zweien der Anschlüsse K1 bis K4 abgreifbaren, von Null ver-

schiedenen Meßspannung führt.

[0026] Für diese Anwendung wird für die Widerstandsschicht zweckmäßigerweise ein Material gewählt, das eine deutliche Abhängigkeit des spezifischen Widerstandes von einer Verformung aufweist. Als geeignete Materialien sind hier z.B. polykristallines Silizium, Chrom-Nickellegierung oder auch Platin zu erwähnen. Dabei zeigen NiCr-Schichten praktisch keine Temperaturabhängigkeit des Widerstandes, aber einen relativ kleinen Effekt beim Verbiegen, während polykristallines Silizium eine nichtlineare Temperaturabhängigkeit, dafür aber einen deutlich größeren Effekt beim Verbiegen aufweist. Platin zeigt ebenfalls einen deutlichen Effekt bei einer linearen Temperaturabhängigkeit des Widerstandes. Geeignete Schichtdicken liegen im Bereich von 500 bis 600 nm für polykristallines Silizium und von 50 bis 100 nm für CrNi oder Platin.

[0027] Generell sind die Schichtdicken so zu wählen, daß die Schichtleitfähigkeit der Widerstandsschicht kleiner als die der Kontaktschicht ist, ungeachtet der spezifischen Leitfähigkeiten der für diese Schichten verwendeten Materialien.

[0028] In Figur 6 sind die aufeinanderfolgenden Stufen A bis H des Verfahrens zur Herstellung eines Abgleichwiderstandes gemäß Figuren 1 bis 3 beziehungsweise des mit Abgleichwiderständen A1, A2 ausgestatteten Sensors aus Figur 4 und 5 gezeigt.

[0029] Stufe A zeigt das noch leere Substrat 1 beziehungsweise die Druckdose aus Figur 5, bestehend aus dem Rahmen 13 und der Membran 12. Dieses Substrat wird zunächst einer Eingangskontrolle auf Rauigkeit unterzogen und anschließend zunächst naß und dann durch Argon-Rück-Kathodenzerstäubung endgereinigt. Das so behandelte Substrat wird anschließend auf etwa 300°C vorgeheizt, um es für eine PECVD-Oxidabscheidung vorzubereiten. Anschließend wird die Isolationsschicht 2 in einer Dicke von 7-10 µm aus Siliziumoxid abgeschieden. Diese Isolationsschicht auf dem Substrat wird stichprobenweise auf Dicke und Spannung kontrolliert.

[0030] Ausgehend von dem beschichteten Substrat 1 (Stufe B) wird die Widerstandsschicht 3 durch Kathodenzerstäubung aufgetragen. Der Oberflächenwiderstand wird durch das 4-Spitzen-Verfahren überprüft, und die Schichtdicke wird durch Röntgenfluoreszenz bestimmt (Stufe C).

[0031] Es folgt ein Strukturierungsschritt, in dem aus der zunächst großflächig aufgetragenen Widerstandsschicht die in Figur 1 gezeigte Mäanderstruktur hergestellt wird. Für diese Strukturierung kann eine photolithographische Technik oder eine Laserstrukturierungstechnik eingesetzt werden. Die photolithographische Technik umfaßt das Aufbringen einer Lackschicht, das Belichten der Lackschicht mit dem gewünschten Muster und ihre Entwicklung, ein nachchemisches Ätzen derjenigen Bereiche, die durch die Entwicklung ihre Lackschicht verloren haben, und abschließend die Entfernung der restlichen Lackschicht. Die Laserstruk-

turierung stellt ein besonders vorteilhaftes Strukturierungsverfahren dar. Hierbei wird Laserlicht geeigneter Energiedichte durch eine Maske auf die Oberfläche der Membran eingestrahlt. Mit Hilfe der Vertiefung an der Rückseite der Membran 12 (siehe Figur 5) ist es möglich, den Sensor geeignet für die Strukturierung zu zentrieren. Außerdem wird die beschichtete Ebene automatisch in die Fokusebene gebracht. Die Laserbelichtung durch die Maske bewirkt, daß das mit der Laserstrahlung beaufschlagte Schichtmaterial entfernt (ablatiert) wird, so daß die Vielzahl der Schritte des photolithographischen Verfahrens entfallen können.

[0032] Die Stärke der Absorption der verwendeten Excimer-Laserstrahlung in der Isolationsschicht 2 kann durch Einstellen eines gewünschten Siliziumgehaltes der Isolationsschicht variiert werden. Dies ermöglicht es, daß Strahlung, die gegen Ende der Abtragung der Widerstandsschicht 3 die Isolationsschicht 2 erreicht, über deren gesamte Dicke verteilt absorbiert wird und so die Grenzfläche zwischen Substrat und Isolationsschicht nicht oder nicht in einer solchen Stärke erreicht, daß sie zu einer Schädigung dieser Grenzschicht führen könnte. Eine solche siliziumreiche Oxidschicht läßt sich auch vorteilhaft durch eine aufgesputterte Siliziumoxidschicht erreichen. Eine solche gesputterte Schicht hat außerdem den Vorteil, daß dadurch die anschließend aufzubringende Widerstandsschicht eine höhere Langzeitstabilität erreicht, weil dadurch die Widerstandsschicht vor dem Wasserstoff geschützt wird, der üblicherweise in PECVD-Oxid- beziehungsweise Nitrid-Schichten bei der Abscheidung mit eingebaut wird. Folgerichtig sollte dann auch vor der Passivierung der Widerstandsschicht eine gesputterte Oxidschicht vorgesehen werden.

[0033] Stufe (D) zeigt das Substrat mit der fertig strukturierten Widerstandsschicht 3.

[0034] In dieser Stufe findet eine optische Kontrolle statt, anschließend wird eine Passivierungsschicht 5 abgeschieden (Stufe E). Dicke und Spannung dieser Schicht werden in ähnlicher Weise wie bei der Widerstandsschicht 3 in Stufe (C) kontrolliert. Anschließend findet eine Temperung bei 350°C statt. Für eine nachfolgende Strukturierung der Passivierungsschicht 5 können wiederum eine photolithographische Technik oder Laserstrukturierung angewendet werden, wie bereits für die Strukturierung der Widerstandsschicht 3 beschrieben. In diesem Strukturierungsschritt werden Fenster 4 jeweils oberhalb der bestehengebliebenen Stücke der Widerstandsschicht 3 erzeugt. Diejenigen Stücke, die eines der Widerstandselemente R1 bis R4 bilden sollen, erhalten zwei Fenster für die Durchführung der Anschlußkontakte, diejenigen Stücke, die die Abgleichwiderstände A1, A2 bilden sollen, erhalten eine Vielzahl von über ihre Oberfläche verteilten Fenstern.

[0035] Die fertig strukturierte Passivierungsschicht 5 (Stufe F) wird optisch kontrolliert.

[0036] In einem nachfolgenden Schritt wird die Kontaktschicht 6 durch Kathodenzerstäubung aufgetragen.

Als Material für die Kontaktschicht 6 wird vorzugsweise Gold - auch wegen seiner Stabilität gegen Umwelteinflüsse - mit einer Schichtdicke von 0,3 bis 0,5 nm verwendet. Gegebenenfalls wird aber darunter noch eine metallische Haftschiicht und ein weiteres Metall als Diffusionsbarriere im gleichen Schritt aufgebracht. Aluminium oder Nickel kommen als Materialien ebenfalls in Frage. Die Dicke der Kontaktschicht 6 wird anschließend mittels Röntgenfluoreszenz kontrolliert.

[0037] Für die darauffolgende Strukturierung der Kontaktschicht 6 kommen wiederum das photolithographische Verfahren oder das Verfahren der Laserstrukturierung in Frage. Die Sollabmessungen der Kontaktschichtbereiche, die die Kontaktschicht der Abgleichwiderstände bilden sollen, sind so gewählt, daß unter Berücksichtigung von Maskentoleranzen und sonstigen Fertigungsungenauigkeiten gewährleistet ist, daß die nach der Strukturierung bestehenbleibende Kontaktschicht an keiner Stelle über den Rand der darunterliegenden Widerstandsschicht hinausragt. Durch diese Maßnahme ist sichergestellt, daß die Kapazität der Widerstandselemente und der Abgleichwiderstände ausschließlich durch die Fläche ihrer Widerstandsschichten 3 festgelegt ist und von eventuellen Ungenauigkeiten bei der Positionierung der Kontaktschichten nicht beeinflusst werden kann. So ist es möglich, die Brückenschaltung mit einem hohen Maß an Symmetrie der Kapazität ihrer einzelnen Zweige zu fertigen. Folglich kann die Brückenschaltung in einem weiten Frequenzbereich von Eingangsspannungen betrieben werden, ohne daß Ungleichverteilungen der Kapazität auf die einzelnen Zweige ihre Ausgangsspannung frequenzabhängig beeinflussen.

[0038] Eine Alternative bei der Herstellung der Kontaktschicht 6 ist die Verwendung einer "Schattenmaske", die während des Aufbringens des Materials der Kontakt nur diejenigen Bereiche an der Oberfläche des Substrates freiläßt, an denen beim fertigen Sensor tatsächlich eine Kontaktschicht benötigt wird. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, die Strukturierung der Kontaktschicht völlig einzusparen, das heißt die Stufe (G) der Fertigung wird übersprungen.

[0039] Stufe (H) zeigt den Sensor mit fertig strukturierter Kontaktschicht 6.

Auf dieser Stufe der Fertigung, nach vollständigem Abschluß sämtlicher Beschichtungs- und Strukturierungsschritte, kann das Einmessen der Brückenschaltung erfolgen.

[0040] Beim nachfolgenden Einmessen der Widerstandsbrücke wird eine Eingangsspannung an diagonal gegenüberliegende Anschlüsse, z.B. K1, K3, der Brückenschaltung angelegt, und eine Ausgangsspannung an den beiden anderen Ausgängen gemessen. Wenn diese von Null verschieden ist, ist ein Abgleich des Sensors erforderlich, der dadurch erfolgt, daß bei einem der zwei Abgleichwiderstände A1, A2 Bereiche der Kontaktschicht wie der Bereich 7 aus Figur 1 in der Zahl zerstört werden, wie notwendig ist, um die

Ausgangsspannung auf Null zu bringen. Diese lokale Zerstörung wird mit einem Excimerlaser durchgeführt. Wenn die vorhergehenden Strukturierungsschritte bereits durch Laserablation durchgeführt worden sind, kann zweckmäßigerweise der gleiche Laser auch für den Abgleich zum Einsatz kommen. Es sind aber auch andere - bekannte - Verfahren zum Durchtrennen, wie zum Beispiel Funkenerosion, anwendbar.

[0041] Das vorgeschlagene Verfahren eignet sich ausgezeichnet zur Herstellung von Hochdrucksensoren in Großserie, denn die Herstellungsschritte bis zur Stufe (H) können vorteilhaft in einer Halterung für eine große Zahl von Sensoren gleichzeitig durchgeführt werden, ohne daß zwischendurch Schritte erforderlich sind, die eine Einzelbehandlung der Sensoren erfordern; nach erfolgtem Abgleich ist der Sensor vollständig fertig, ohne daß weitere Beschichtungsschritte erforderlich wären.

[0042] Der Sensor kann sogar auch erst dann abgeglichen werden, wenn die Membran 12 mit dem Metallrahmen 13 - Figur 5 - auf einen Druckstutzen geschweißt worden ist, was unter Umständen zu einer geringen Verformung der Widerstandsbrücke führen kann.

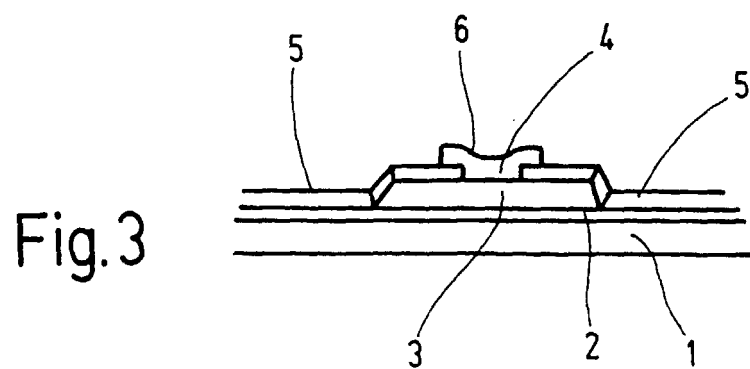
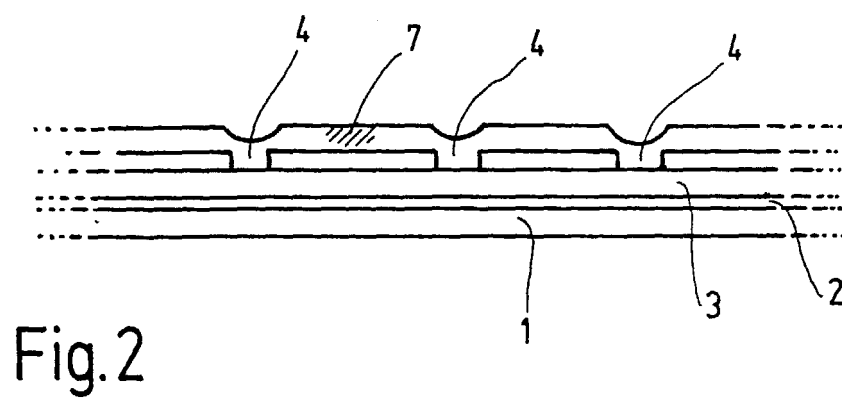
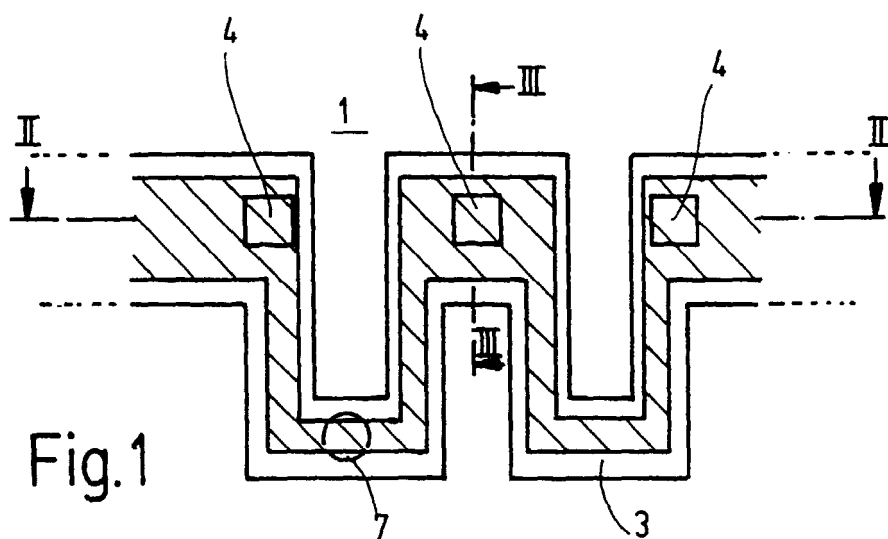
Patentansprüche

1. Planarer Abgleichwiderstand mit einem Substrat (1) und einer darauf abgeschiedenen Widerstandsschicht (3), dadurch gekennzeichnet, daß eine Kontaktschicht (6), die eine bessere Leitfähigkeit als die Widerstandsschicht (3) aufweist, auf der Widerstandsschicht (3) angeordnet ist, wenigstens an einzelnen Stellen (4) mit der Widerstandsschicht (3) in leitendem Kontakt steht und wenigstens lokal (7) oberhalb der Widerstandsschicht (3) einer abtragenden Behandlung zugänglich ist.
2. Abgleichwiderstand nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (6) nicht über die Ränder der Widerstandsschicht (3) übersteht.
3. Abgleichwiderstand nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (6) und die Widerstandsschicht (3) streifenförmig sind, und daß Anschlußkontakte an entgegengesetzten Enden der Kontaktschicht (6) vorgesehen sind.
4. Abgleichwiderstand nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Streifen zickzack- oder mäanderförmig auf dem Substrat (1) angeordnet sind.
5. Abgleichwiderstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Isolationsschicht (2) zwischen der Widerstandsschicht (3) und dem Substrat (1) angeordnet ist.
6. Abgleichwiderstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandsschicht (3) zwischen dem Substrat (1) und einer Passivierungsschicht (5) eingeschlossen ist, die Fenster (4) aufweist, durch die hindurch die Kontaktschicht (6) die Widerstandsschicht berührt.
7. Abgleichwiderstand nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (6) jeweils zwischen zwei Fenstern (4) eine Engstelle (7) aufweist.
8. Abgleichwiderstand nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (6) an wenigstens einer Stelle (7) zwischen zwei Fenstern (4) durchtrennt ist.
9. Abgleichwiderstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandsschicht (3) aus einer Nickel-Chrom-Legierung, aus Platin oder aus Poly-Silizium besteht.
10. Abgleichwiderstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kontaktschicht (6) eine Schicht aus Gold umfaßt.
11. Abgleichwiderstand nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kontaktschicht (6) eine Haftschrift und/oder eine Diffusionsbarriere an ihrer Unterseite aufweist.
12. Widerstandsbrückenschaltung, dadurch gekennzeichnet, daß sie wenigstens einen Abgleichwiderstand (A1, A2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.
13. Widerstandsbrückenschaltung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandselemente (R1, R2, R3, R4) der Widerstandsbrückenschaltung und der Abgleichwiderstand (A1, A2) auf einem gleichen Substrat (11) ausgebildet sind.
14. Sensor mit einem verformbaren Substrat (1,12) und wenigstens einem Widerstandselement (R3, R4), dadurch gekennzeichnet, daß dem Widerstandselement (R3, R4) ein Abgleichwiderstand (A1, A2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zugeordnet ist.
15. Sensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Widerstandselement (R3, R4) Teil einer Widerstandsbrückenschaltung ist.
16. Sensor nach Anspruch 14 oder 15, dadurch

gekennzeichnet, daß das Substrat (1,12) Teil einer Druckkapsel ist.

17. Verfahren zum Herstellen eines Abgleichwiderstandes, bei dem eine Widerstandsschicht (3) auf einem isolierten Substrat (1) abgeschieden und strukturiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß über der Widerstandsschicht (3) in wenigstens lokalem Kontakt mit dieser eine Kontaktschicht (6) gebildet wird, die eine bessere Leitfähigkeit als die Widerstandsschicht hat. 5 10
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Widerstandsschicht (3) vor der Bildung der Kontaktschicht (6) eine Passivierungsschicht (5) aufgebracht wird, die Fenster (4) zur Herstellung des lokalen Kontaktes aufweist. 15
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandsschicht (3) und/oder gegebenenfalls die Passivierungsschicht (5) photolithographisch und/oder durch Laserbestrahlung strukturiert werden. 20
20. Verfahren nach Anspruch 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (6) durch Sputtern oder Aufdampfen erzeugt wird. 25
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf dem Substrat (11) vor Erzeugung der Widerstandsschicht (3) eine Isolationsschicht (12) durch Aufsputtern einer Siliziumschicht erzeugt wird. 30
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Kontaktschicht (6) durch eine Maske hindurch aufgebracht wird. 35
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß für den Abgleich des Abgleichwiderstandes (A1, A2) die Kontaktschicht (6) zwischen zwei Fenstern (4) durchtrennt wird, um einen Stromfluß durch die Widerstandsschicht (3) zu erzwingen. 40 45
24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchtrennung durch Laserablation oder Funkenerosion erfolgt. 50

55



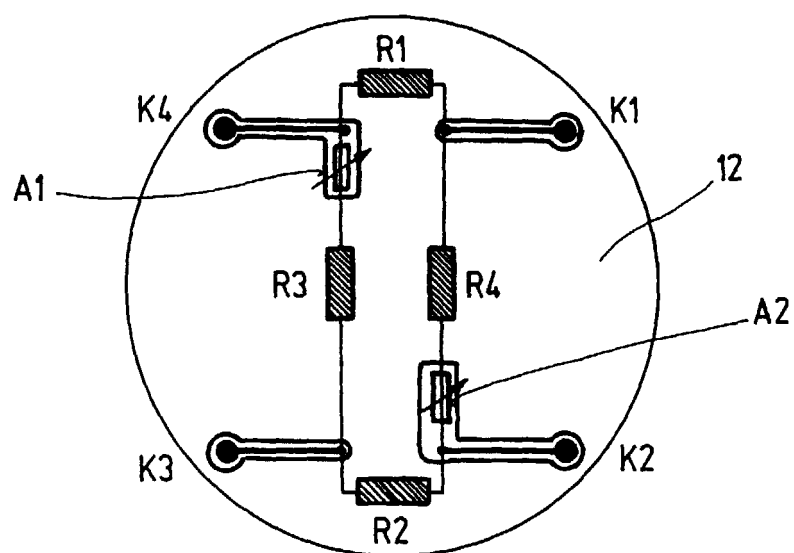


Fig.4

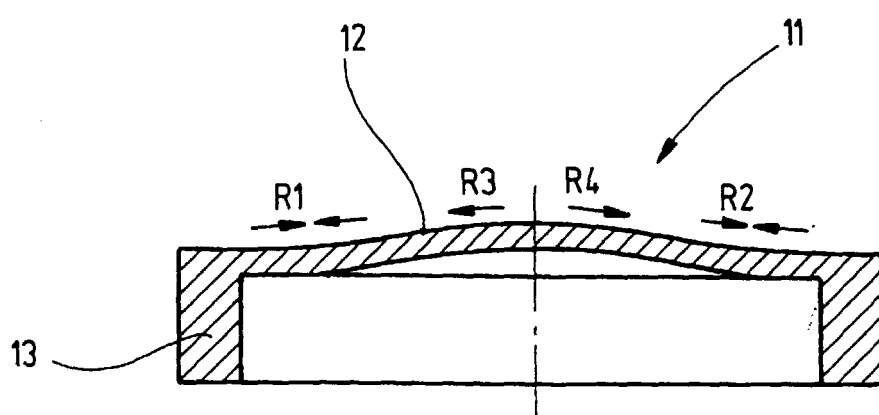


Fig.5

Fig.6

