



(10) **DE 10 2014 108 356 A1** 2015.12.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 108 356.3**  
(22) Anmeldetag: **13.06.2014**  
(43) Offenlegungstag: **17.12.2015**

(51) Int Cl.: **H05B 3/20** (2006.01)  
**H05B 3/10** (2006.01)  
**H05B 3/14** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Innovative Sensor Technology IST AG, Ebnet-Kappel, CH**

(74) Vertreter:  
**Andres, Angelika, Dipl.-Phys., 79576 Weil am Rhein, DE**

(72) Erfinder:  
**Holoubek, Jiri, Wattwil, CH; Lehmann, Mirko, Dr., Ebnet-Kappel, CH; Vlk, Josef, Wattwil, CH**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

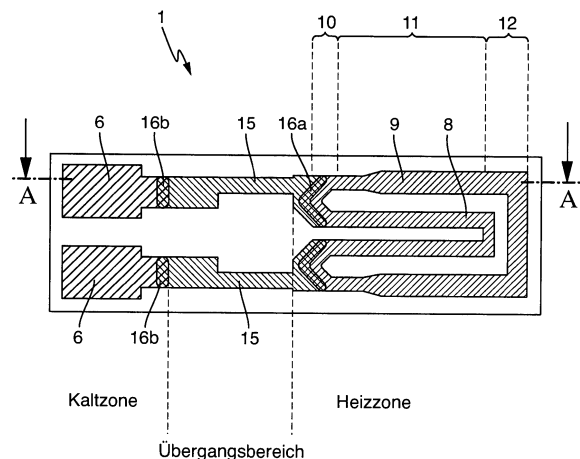
DE	103 14 010	A1
DE	195 23 301	A1
DE	10 2008 007 664	A1
DE	10 2010 063 529	A1
US	2013 / 0 048 627	A1
EP	0 905 494	A2
WO	2007/ 062 969	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Planares Heizelement mit einer PTC-Widerstandsstruktur**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Planares Heizelement (1) mit einer PTC-Widerstandsstruktur (2), die in einem definierten Flächenbereich (3) einer ersten Oberfläche (4) eines Trägersubstrats (5) angeordnet ist, wobei der PTC-Widerstandsstruktur (2) elektrische Anschlusskontakte (6) zum Anschluss an eine elektrische Spannungsquelle (7) zugeordnet sind, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) – ausgehend von den beiden elektrischen Anschlusskontakten (6) – zumindest eine innenliegende Leiterbahn (8) und eine parallel geschaltete außenliegende Leiterbahn (9) aufweist, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) einen größeren Widerstand aufweist als die außenliegende Leiterbahn (9) und wobei die Widerstände von innenliegender Leiterbahn (8) und außenliegender Leiterbahn (9) so bemessen sind, dass bei Anlegen einer Spannung eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des definierten Flächenbereichs (3) vorliegt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein planares Heizelement mit einer PTC-Widerstandsstruktur, die in einem definierten Flächenbereich einer ersten Oberfläche eines Trägersubstrats angeordnet ist, wobei der PTC-Widerstandsstruktur elektrische Anschlusskontakte zum Anschluss an eine elektrische Spannungsquelle zugeordnet sind. Desweiteren betrifft die Erfindung eine Heizanordnung, bei der das erfindungsgemäße planare Heizelement eingesetzt wird. Weiterhin beschreibt die Erfindung bevorzugte Verwendungen des erfindungsgemäßen Heizelements bzw. der erfindungsgemäßen Heizanordnung. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Heizelements beschrieben.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist es beispielsweise bekannt, die Temperatur über die Auswertung des elektrischen Widerstands einer Widerstandsstruktur zu bestimmen bzw. zu überwachen. Entsprechende Widerstandsstrukturen werden entweder in Dünnschichttechnik oder in Dickschichttechnik auf einem Trägersubstrat aufgebracht. Oftmals sind die Widerstandsstrukturen mäanderförmig oder spiralförmig ausgestaltet.

**[0003]** Weiterhin ist es bekannt geworden, über entsprechende Widerstandsstrukturen ein umgebendes Medium auf eine vorgegebene Temperatur zu erwärmen. Hierzu ist die Widerstandsstruktur mit einer elektrischen Spannungsquelle verbunden. Beispielsweise werden beheizbare Widerstandsstrukturen bei thermischen Durchflussmessgeräten zur Bestimmung und/oder Überwachung des Massestroms eines Mediums durch ein Messrohr eingesetzt.

**[0004]** Widerstandsstrukturen, die für die Temperaturmessung eingesetzt werden, und beheizbare Widerstandsstrukturen sind üblicherweise aus einem PTC (Positive Temperature Coefficient) Material, bevorzugt aus Nickel oder Platin, gefertigt. PTC-Widerstandsstrukturen zeichnen sich dadurch aus, dass sich mit steigender Temperatur der Ohm'sche Widerstand erhöht, wobei die funktionale Abhängigkeit über einen großen Temperaturbereich in hohem Maße linear ist.

**[0005]** Der Nachteil der bekannten Widerstandsstrukturen, insbesondere wenn sie mäanderförmig ausgestaltet sind, liegt in dem relativ großen Widerstand dieser Strukturen. Als Folge davon, muss eine relativ hohe Spannung zur Energieversorgung bereitgestellt werden. Ist darüber hinaus eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb eines definierten Flächenbereichs gefordert, so ist dies mit einer bekannten Mäanderstruktur nicht realisierbar. Eine derartige Struktur hat den Nachteil, dass sie – verursacht durch Prozessschwankungen bei der Fertigung der Beschichtungen – unterschiedliche Linienbreiten zur

Folge haben kann. Dies führt zur Ausbildung von Hotspots, da in Bereich kleinerer Linienbreiten der Widerstand größer ist. Dies führt zu einer lokal stärkeren Erhitzung (Hotspot), die dadurch verstärkt wird, dass sich durch die Erhitzung der Widerstand zusätzlich erhöht. Zum anderen hat eine solche Lösung zur Folge, dass hohe Stromdichten eine Elektromigration zur Folge haben können.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein planares Heizelement vorzuschlagen, das in einem definierten Flächenbereich zumindest näherungsweise eine homogene bzw. gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist.

**[0007]** Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die PTC-Widerstandsstruktur – ausgehend von den beiden elektrischen Anschlusskontakten – zumindest eine innenliegende Leiterbahn und eine parallel geschaltete außenliegende Leiterbahn aufweist, dass die innenliegende Leiterbahn einen größeren Widerstand aufweist als die außenliegende Leiterbahn und dass die Widerstände von innenliegender Leiterbahn und außenliegender Leiterbahn so bemessen sind, dass bei Anlegen einer Spannung eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des definierten Flächenbereichs vorliegt. Hierbei wird der Effekt ausgenutzt, dass die Leiterbahn mit dem geringeren Widerstand einen höheren Beitrag zur Heizleistung beisteuert. Daher hat die Parallelschaltung der beiden Leiterbahnen eine selbst stabilisierende Wirkung. Hat nämlich eine der beiden Leiterbahnen z.B. eine prozesstechnisch bedingte Verjüngung, so bildet sich an dieser Stelle in der Regel kein Hotspot heraus.

**[0008]** Außerhalb des weitgehend gleichmäßig beheizten Flächenbereichs liegt ein hoher Temperaturgradient vor, so dass die Heizzone im Wesentlichen auf den definierten Flächenbereich beschränkt ist. Mit den zumindest zwei parallelen verlaufenden und parallel geschalteten Leiterbahnen lassen sich kleine Ohm'sche Widerstände realisieren. Insbesondere ist der Gesamtwiderstand der PTC-Widerstandsstruktur bei Raumtemperatur ohne angelegte Heizspannung bevorzugt kleiner als 3 Ohm.

**[0009]** Bevorzugt ist die PTC-Widerstandsstruktur so ausgestaltet, dass sie neben der Heizfunktion auch Temperaturmesswerte zur Verfügung stellt, so dass die PTC-Widerstandsstruktur als Heizelement und als Temperatursensor dient.

**[0010]** Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements sind die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn aus demselben Material gefertigt; die unterschiedlichen Widerstände sind über unterschiedliche Querschnittsflächen und/oder Längenausdehnungen von innenliegender Leiterbahn und außenliegender

Leiterbahn realisiert. Diese erste Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Widerstandsstruktur aus einem einzigen Material besteht, was fertigungstechnisch in einem Fertigungsschritt zu bewerkstelligen ist. Bevorzugt wird als Material für die PTC-Widerstandsstruktur Nickel oder Platin verwendet. Platin hat den Vorteil, dass es auch in einem Hochtemperaturbereich oberhalb von 300°C problemlos eingesetzt werden kann.

**[0011]** Gemäß einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements sind die innenliegenden Leiterbahn und außenliegenden Leiterbahn aus unterschiedlichen Materialien gefertigt, wobei die beiden Leiterbahnen einen unterschiedlichen spezifischen Widerstand aufweisen. Auch über eine Kombination unterschiedlicher Materialien mit unterschiedlichem spezifischem Widerstand lässt sich eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb eines definierten Flächenbereichs erzielen. Es versteht sich von selbst, dass hierzu auch eine Kombination von erster Ausgestaltung und alternativer Ausgestaltung bestens geeignet ist.

**[0012]** Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Heizelements schlägt vor, dass die PTC-Widerstandsstruktur – quasi virtuell – in drei Teilbereiche strukturiert ist:

einen ersten endseitigen Teilbereich, der sich an die elektrischen Kontaktanschlüsse/Verbindungsleitungen anschließt, über die die Verbindung mit der elektrischen Spannungsquelle erfolgt,  
einen mittleren Teilbereich, der sich an den ersten endseitigen Teilbereich anschließt, und  
einen zweiten sich an den mittleren Teilbereich anschließenden zweiten endseitigen Teilbereich.

**[0013]** Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, wenn die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn im mittleren Teilbereich im Wesentlichen parallel verlaufen. Im ersten endseitigen Teilbereich sind die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn jeweils aufeinander zulaufend mit jedem der beiden elektrischen Anschlusskontakten verbunden. Bevorzugt weisen die beiden Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich also eine V-Form auf. Treten keine sprunghaften Änderungen in der Geometrie der PTC-Widerstandsstruktur, so lässt sich in dem definierten Flächenbereich eine hohe Temperaturstabilität erreichen. Insbesondere wird die Bildung von sog. Hot Spots vermieden. Ebenso ist es jedoch auch möglich, dass die beiden Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich über einen rechtwinklig zu beiden Leiterbahnen verlaufenden Abschnitt miteinander verbunden sind.

**[0014]** Ebenso können sowohl die innenliegende Leiterbahn als auch die außenliegende Leiterbahn im zweiten endseitigen Teilbereich entweder eine V-Form oder eine Rechteckform aufweisen. Auch im

zweiten endseitigen Teilbereich verlaufen die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn im Wesentlichen parallel zueinander. Möglich ist auch eine anderweitige Form, beispielsweise eine Halbkreisform. Weiterhin ist es möglich, in einem der beiden endseitigen Teilbereiche eine erste Form, z.B. eine Rechteckform, zu wählen und in dem anderen endseitigen Teilbereich eine davon abweichende zweite Form, z.B. eine V-Form.

**[0015]** Weiterhin schlägt eine vorteilhafte Ausgestaltung vor, dass der Widerstand pro Länge der innenliegenden Leiterbahn und/oder der Widerstand pro Länge der außenliegenden Leiterbahn im ersten endseitigen Teilbereich und/oder im zweiten endseitigen Teilbereich größer sind/ist als der Widerstand pro Länge der innenliegenden Leiterbahn und/oder der außenliegenden Leiterbahn im mittleren Teilbereich.

**[0016]** Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Heizelements sieht vor, dass zumindest ein geometrischer Parameter der innenliegenden Leiterbahn und/oder der außenliegenden Leiterbahn, wie Linienbreite und Füllungsdicke, zumindest in einem Teilabschnitt von zumindest einem Teilbereich so variiert ist, dass eine lokal auftretende Abweichung von der gleichmäßigen Temperaturverteilung in dem betroffenen Teilbereich zumindest näherungsweise ausgeglichen ist.

**[0017]** Bevorzugt besteht das Trägersubstrat aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit, die unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes liegt, so dass zwischen dem definierten Flächenbereich mit gleichmäßiger Temperaturverteilung und den Anschlusskontakten ein großer Wärmegradient auftritt, der oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes, typisch oberhalb von 50°C/mm, liegt. Hierdurch wird sichergestellt, dass die beheizte 'heiße' Zone im Wesentlichen auf den definierten Flächenbereich begrenzt ist und von der außerhalb liegenden 'kalten' Zone entkoppelt ist.

**[0018]** Als Trägermaterial kommen Aluminiumoxid, Quarzglas oder Zirkonoxid in Frage. Bevorzugt wird in Verbindung mit der Erfindung als Trägersubstrat Zirkonoxid verwendet. Die Dicke des Trägersubstrats ist bevorzugt kleiner als 1mm. Zirkonoxid hat folgende Vorteile: eine geringe thermische Leitfähigkeit (die jedoch ausreichend ist, um ggf. auftretende lokale Hotspots auszugleichen), eine hohe mechanische Stabilität auch bei kleinen Dicken und bezüglich der Wärmeausdehnung eine optimale Anpassung an metallische Komponenten des Heizelements, insbesondere wenn die Leiterbahnen aus Platin bestehen. Durch diese Ausgestaltung wird sichergestellt, dass die homogene Temperaturverteilung auf den Flächenbereich beschränkt ist, der durch die äußeren Abmessungen der Widerstandsstruktur definiert ist. Außerhalb der PTC-Widerstandsstruktur fällt die

Temperatur infolge des hohen Temperaturgradienten sehr schnell ab. Bevorzugt ist die Form des Trägersubstrats an die Form der PTC-Widerstandsstruktur angepasst. Insbesondere ist das Trägermaterial daher im zweiten endseitigen Teilbereich V-förmig oder rechteckförmig ausgestaltet. Ist der zweite endseitige Teilbereich V-förmig ausgebildet – hat er also eine Spitze –, so lässt sich das Heizelement in ein zu beheizendes Medium einführen. Ein Beispiel für eine Chipanordnung mit einer Spitze ist der EP 1 189 281 B1 zu entnehmen.

**[0019]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements ist auf oder in dem Trägersubstrat mindestens eine im Wesentlichen elektrisch isolierende Trennschicht vorgesehen, die bevorzugt aus Glas gefertigt ist. Zuvor wurde bereits erwähnt, dass das Trägersubstrat bevorzugt aus Zirkonoxid gefertigt ist. Zirkonoxid hat – wie ebenfalls bereits zuvor beschrieben – Eigenschaften, die es für den Einsatz in dem erfindungsgemäßen Heizelement prädestinieren. Allerdings hat Zirkonoxid den Nachteil, dass es bei Temperaturen oberhalb von 200°C leitfähig wird. Das Aufbringen einer Trennschicht unterbindet das Auftreten der Leitfähigkeit. Nähere Angaben zu dieser bekannten Lösung finden sich in der EP 1 801 548 A2.

**[0020]** Weiterhin ist dem Trägersubstrat zumindest eine Passivierungsschicht zugeordnet, die bevorzugt an der Oberfläche des Trägersubstrats aufgebracht ist. Die Passivierungsschicht besteht bevorzugt zumindest anteilig aus dem Material der Trennschicht. Die Passivierungsschicht dient dem Schutz gegen mechanische, chemische und elektrische Einflüsse. Bevorzugt ist die Passivierungsschicht auf beiden Oberflächen des Heizelements aufgetragen. Hierdurch lässt sich ein mechanisches Verbiegen des Trägersubstrats verhindern. Insbesondere kann es sich bei dem Material der Passivierungsschicht um ein dicht verschlossenes Glas handeln. Nähere Angaben zu einer Passivierungsschicht, die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommen kann, finden sich in der WO 2009/016013 A1.

**[0021]** Wie bereits an vorhergehender Stelle erwähnt, ist die PTC-Widerstandsstruktur bevorzugt aus einem leitfähigen Material, das für den Einsatz im Hochtemperaturbereich geeignet ist, gefertigt. Bevorzugt besteht die PTC-Widerstandsstruktur aus Platin. Platin hat den Vorteil, dass es neben seiner guten Temperaturstabilität eine gut definierte, nahezu lineare Temperaturkennlinie und eine sehr hohe Elektromigrationsfestigkeit aufweist. Darüber hinaus lässt sich aufgrund der PTC-Charakteristik einer Platin-Widerstandsstruktur näherungsweise eine Selbstregelung der Temperatur erreichen, wenn die Widerstandsstruktur an eine quasi konstante Spannungsquelle (z.B. eine Batterie) angeschlossen ist. Darüber

hinaus ist eine PTC-Widerstandsstruktur aus Platin als Temperatursensor mit Industrie-Standard anerkannt.

**[0022]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements sind die elektrischen Anschlusskontakte aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung gefertigt, wobei es sich bei dem Edelmetall bevorzugt um Silber und bei der Edelmetalllegierung bevorzugt um eine Silberlegierung handelt. Silber genießt gleichfalls die Anerkennung als Industriestandard und hat den Vorteil, dass es gut lötbar bzw. schweißbar ist. Allerdings hat Silber den Nachteil, dass es bei Temperaturen oberhalb von 300°C lateral in Platin eindiffundiert. Daher ist beim Einsatz im Hochtemperaturbereich (oberhalb von 250°C) keine direkte Verbindung zwischen einer Platin-Widerstandsstruktur und Silber-Anschlusskontakten möglich. Zu erwähnen ist, dass Silber in der Praxis nur als Legierung eingesetzt wird. Dies liegt daran, dass ein gewisser Anteil von Palladium oder hier bevorzugt ein gewisser Anteil von Platin die Beweglichkeit der Silberatome blockiert und damit eine Materialmigration verhindert.

**[0023]** Um das zuvor beschriebene Problem zu umgehen, sind zwischen den elektrischen Anschlusskontakten und dem ersten endseitigen Teilbereich der ersten Widerstandsstruktur elektrische Verbindungsleitungen vorgesehen. Diese sind gleichfalls aus einem Edelmetall, bevorzugt aus Gold, gefertigt. Gold gewährleistet einen stabilen Übergang zu Platin bis hin zu 850°C, es zeichnet sich durch eine gute elektrische Leitfähigkeit aus und ist technologisch in sehr reiner Form für kompakte dünne Schichten verfügbar.

**[0024]** Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Lösung weisen sowohl die Verbindungsleitungen und die Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur als auch die Verbindungsleitungen und die elektrischen Anschlusskontakte einen definierten Überlapp auf. Durch den Überlapp wird eine sichere elektrische Kontaktierung gewährleistet. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements ist vorgesehen, dass die Länge des Überlapps zwischen den Verbindungsleitungen und den Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur größer ist als der Abstand zwischen der inneren Leiterbahn und der äußeren Leiterbahn. Bevorzugt ist die Tiefe des Überlapps zwischen den Verbindungsleitungen und den Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur insbesondere bei einem linienförmigen oder V-förmigen Überlapp größer als 100µm. Als besonders vorteilhaft wird es im Zusammenhang mit der Erfindung erachtet, wenn die Länge und die Tiefe des Überlapps zwischen den Verbindungsleitungen und den Leiterbahnen im ersten endseitigen

Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur näherungsweise ein Verhältnis von größer 5:1 aufweisen.

**[0025]** Um sicherzustellen, dass infolge des Überlapps, insbesondere zwischen den Verbindungsleitungen und der PTC-Widerstandsstruktur, keine Störung im Bereich der durch die Abmessungen der PTC-Widerstandsstruktur definierten Abmessungen der Heizzone auftreten, ist der erste endseitige Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur bezüglich seiner geometrischen Parameter so ausgestaltet, dass die physikalischen Heizeigenschaften der PTC-Widerstandsstruktur zumindest näherungsweise unverändert sind. Bevorzugt erfolgt die Anpassung durch Änderungen der Füllungsichte oder der Linienbreite der Leiterbahnen bzw. der Verbindungsleitungen in der Umgebung des jeweiligen Überlapps.

**[0026]** Wie bereits zuvor erwähnt, ist der Überlapp zwischen den Verbindungsleitungen und den Leiterbahnen im ersten endseitigen Teilbereich der PTC-Widerstandsstruktur bevorzugt V-förmig oder linienförmig; er kann jedoch auch stegförmig ausgestaltet sein.

**[0027]** Nachfolgend werden noch einige bevorzugte Abmessungen für die einzelnen Komponenten des erfindungsgemäßen Heizelements angegeben. Die Füllungsdicke der Leiterbahnen der PTC-Widerstandsstruktur, die bevorzugt aus Platin bestehen, liegt zumindest im ersten endseitigen Teilbereich zwischen 5–10µm. Die Füllungsdicke der Verbindungsleitungen, die bevorzugt aus Gold bestehen, liegt bevorzugt zwischen 3–10µm. Die Dicke der Anschlusskontakte, die bevorzugt aus Silber oder einer Silberlegierung bestehen, liegt bevorzugt im Bereich von 10–30µm. Die Längenausdehnung der PTC-Widerstandsstruktur liegt in der Größenordnung von einigen wenigen Millimetern, bevorzugt liegt sie in einem Bereich von 2–10mm. Darüber hinaus liegt der Widerstand der PTC-Widerstandsstruktur bei Raumtemperatur ohne angelegte Heizspannung bevorzugt unterhalb von 3Ω, bevorzugt unterhalb von 1Ω. Da die PTC-Widerstandsstruktur sehr niederohmig ist, ist es möglich, die PTC-Widerstandsstruktur mit einer relativ geringen Energiezufuhr auf hohe Temperatur aufzuheizen. Eine Spannungsquelle mit wenigen Volt, z.B. 3 Volt, ist zum Betreiben des Heizelements ausreichend.

**[0028]** Nachfolgend werden bevorzugte Dimensionen und Materialien eines planaren Heizelements in Dickschichttechnologie angegeben. Es versteht sich von selbst, dass auch anderweitige Dimensionierungen und Materialien für eine fachlich qualifizierte Person auffindbar sind. Die Gesamtlänge des planaren Heizelements beträgt 19 mm und die Breite 5 mm. Die außenliegende Leiterbahn ist etwa doppelt so breit wie die innenliegende (z.B. 800µm zu 400µm). Das Trägersubstrat aus Zirkonoxid hat eine Dicke

von 0.3 mm. Die Trennschicht und die Passivierungsschicht haben eine Dicke von jeweils 15µm und sind auf beiden Oberflächen des planares Heizelements angeordnet. Das zuvor beschriebene planare Heizelement kann problemlos eine Heiztemperatur von 450°C erreichen.

**[0029]** Das erfindungsgemäße planare Heizelement kann in Dünn- oder Dickschichttechnologie hergestellt sein. Bevorzugt wird es jedoch aufgrund der kostengünstigeren Fertigungsprozesse in Dickschichttechnologie gefertigt. Das erfindungsgemäße Heizelement zeichnet sich durch eine hohe Dynamik aus. Nach dem Einschalten ist die Betriebstemperatur sehr schnell erreicht; nach dem Ausschalten kühlt sich das planare Heizelement sehr schnell auf die umgebende Raumtemperatur ab.

**[0030]** Die Temperatur in dem definierten Flächenbereich mit einer im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung liegt bevorzugt in einem Temperaturbereich zwischen 300°C und 750°C. Es versteht sich von selbst, dass je nach Ausgestaltung und Verwendung von Materialien für das erfindungsgemäße Heizelement auch Temperaturen außerhalb des zuvor spezifizierten Bereichs abgedeckt werden können.

**[0031]** Bei der Materialwahl sind insbesondere die folgenden Punkte zu beachten:  
Die beiden nachfolgenden Effekte müssen im Gleichgewicht gehalten werden:

- Eine möglichst hohe thermische Leitfähigkeit der PTC-Widerstandsstruktur minimiert die thermischen Effekte der Verlustleistung infolge von Spannungsabfällen an den Leiterbahnen und Leitungen.
- Die thermische Leitfähigkeit der Leiterbahnen muss relativ gering sein, um die unerwünschte Wärmeabfuhr aus der Heizzone zu vermeiden.
- Die elektrische Leitfähigkeit muss aber genügend hoch bleiben, um die Erzeugung zusätzlicher Wärme durch Verlustleistung in diesem Bereich in Grenzen zu halten.

**[0032]** Ein Überlapp der beiden Leiterbahnen, die bevorzugt aus Platin bestehen, mit den bevorzugt aus Gold bestehenden Verbindungsleitungen ist notwendig, um eine sichere elektrische Kontaktierung zu gewährleisten. Im Bereich des Überlapps (PI/Au) werden die Anforderungen, die an die aus Reinetallen (z.B. Au und PI) bestehenden Komponenten des Heizelements gestellt werden, nicht erfüllt. Diese verschlechterten Eigenschaften in den Bereichen des Überlapps müssen beim Design der PTC-Widerstandsstruktur berücksichtigt werden. Die ideale Wahl der Geometrie des Überlapps ist die höchstmögliche Länge bei möglichst geringer Tiefe des Überlapps, daher ist die V-Form besonders geeignet. Bevorzugt beträgt die Tiefe des Überlapps 100µm.

Generell ist die Tiefe des Überlapps so zu wählen, dass sie prozesstechnisch reproduzierbar ist. Eine kleine Tiefe kann durchaus auch Nachteile haben, wenn diese z.B. zwischen 25µm und 30µm variiert. Bei einer kleinen Tiefe ist der Einfluss einer prozesstechnisch bedingten Ungenauigkeit, z.B. von 5µm auf die Gesamtperformance natürlich um einiges größer, als wenn man sich auf 100µm für die Tiefe des Überlapps festlegt.

**[0033]** Die gleichen Überlegungen gelten auch im Bereich des Überlapps (Ag/Au) von Anschlusskontakten (z.B. Ag) und Verbindungsleitungen (z.B. Au). Da die bei diesem Überlapp auftretenden Temperaturen wesentlich tiefer liegen (→ kalte Zone: die Temperatur entspricht im Wesentlichen der herrschenden Umgebungstemperatur) als im Bereich des Überlapps von Verbindungsleitungen und Leiterbahnen (heiße Zone oder Heizzone: die Temperatur entspricht der Temperatur im definierten Bereich der PTC-Widerstandsstruktur, also der Temperatur der Heizzone), werden die Eigenschaften der PTC-Widerstandsstruktur allerdings weniger stark beeinflusst.

**[0034]** Desweiteren bezieht sich die Erfindung auf eine Heizanordnung, die die zuvor beschriebene PTC-Widerstandsstruktur in geeigneten, aber beliebigen Ausgestaltung verwendet. Hierzu sind neben dem erfindungsgemäßen Heizelement vorgesehen: eine elektrische Spannungsversorgung, die die PTC-Widerstandsstruktur mit Energie versorgt, und eine Regel-/Auswerteeinheit, die die PTC-Widerstandsstruktur auf einen vorgegebenen Temperaturwert regelt.

**[0035]** Bei der elektrischen Spannungsversorgung handelt es um eine Spannungsquelle, die einen begrenzten Energievorrat aufweist. Bevorzugt wird die elektrische Spannung von einer Batterie geliefert.

**[0036]** Darüber hinaus wird im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Heizanordnung angeregt, dass eine separate Widerstandsstruktur zur Bestimmung der Temperatur des Mediums, das durch das Heizelement beheizt wird, vorgesehen ist. Bevorzugt ist die Widerstandsstruktur zur Temperaturmessung und zur Heizung auf der zweiten Oberfläche des Trägersubstrats aufgebracht, die der ersten Oberfläche, auf der die PTC-Widerstandsstruktur angeordnet ist, gegenüberliegt. Aufgrund der gemessenen Temperatur wird die Temperaturregelung bevorzugt durchgeführt, und es wird von beiden Oberflächen her geheizt.

**[0037]** Bevorzugt kommt das erfindungsgemäße planare Heizelement bzw. die erfindungsgemäße Heizanordnung bei einem kompakten Gassensor auf Halbleiterbasis, bei einem kompakten Heizer für Tauchengeräte oder bei einem kalorimetrischen Strömungssensor zur Anwendung.

**[0038]** Auf der Passivierungsschicht kann sich z.B. eine gassensitive Struktur, z.B. ein Metalloxid und eine interdigitale Elektrodenstruktur, befinden. Die Erfindung kann deshalb auch generell als Basis für Sensoren dienen, bei denen Heizen für die Sensorfunktion essentiell ist.

**[0039]** Das erfindungsgemäße planare Heizelement wird bevorzugt über das nachfolgend beschriebene Verfahren gefertigt:

Auf jede der beiden Oberflächen des Trägersubstrats wird – üblicherweise hintereinander – eine Trennschicht aufgebracht. Üblich ist es, wenn die Dichtungstechnik verwendet wird, die Beschichtungen aufzudrucken. Wie bereits zuvor erwähnt, kann jedoch im Zusammenhang mit der Erfindung auch die Dünnschichttechnik zum Einsatz kommen. Auf eine der beiden trockene Trennschichten wird die PTC-Widerstandsstruktur aufgebracht. Sobald die PTC-Widerstandsstruktur ausgehärtet ist, werden die elektrischen Verbindungsleitungen appliziert und einem Trocknungsprozess ausgesetzt. Anschließend werden die Anschlusskontakte aufgebracht und gleichfalls ausgehärtet. Bevorzugt werden die Überlappbereiche der Anschlusskontakte und elektrischen Verbindungsleitungen noch einmal gesondert ausgehärtet. Auf die beiden Oberflächen des planaren Heizelements werden die Passivierungsschichten – bevorzugt sukzessive – aufgebracht und ausgehärtet.

**[0040]** Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

**[0041]** Fig. 1: eine Draufsicht auf eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements,

**[0042]** Fig. 1a: einen Längsschnitt gemäß der Kennzeichnung A-A durch das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Heizelement,

**[0043]** Fig. 2: eine schematische Teilansicht des erfindungsgemäßen Heizelements, das eine erste Ausgestaltung des Überlapps zwischen einer Verbindungsleitung und den Leiterbahnen zeigt,

**[0044]** Fig. 3: eine schematische Teilansicht des erfindungsgemäßen Heizelements, das eine zweite Ausgestaltung des Überlapps zwischen einer Verbindungsleitung und den Leiterbahnen zeigt,

**[0045]** Fig. 4: eine schematische Teilansicht des erfindungsgemäßen Heizelements, das eine dritte Ausgestaltung des Überlapps zwischen einer Verbindungsleitung und den Leiterbahnen zeigt,

**[0046]** Fig. 5a: eine Draufsicht auf eine zweite Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements mit PTC-Widerstandsstruktur und

**[0047]** Fig. 5b: eine Draufsicht auf die Rückseite des in Fig. 5a gezeigten Hezelements.

**[0048]** Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Hezelements 1. Die Außenabmessungen der PTC-Widerstandsstruktur 2 begrenzen den definierten Flächenbereich 3 bzw. die Heizzone. Virtuell ist die PTC-Widerstandsstruktur in drei unterschiedliche Teilbereiche aufgeteilt: einen ersten endseitigen Teilbereich 10, der sich an die Anschlusskontakte 6 bzw. die elektrischen Verbindungsleitungen 15 anschließt, einen mittleren Teilbereich 11, der sich an den ersten endseitigen Teilbereich 10 anschließt, und einen zweiten endseitigen Teilbereich 12, der sich an den mittleren Teilbereich 11 anschließt. Zwischen den Anschlusskontakten 6 und den elektrischen Verbindungsleitungen 15 liegt ein Überlapp 16b einer definierten Länge vor. Ebenso ist zwischen jeder Verbindungsleitungen 15 und den Leiterbahnen 8, 9 ein Überlapp 16a.

**[0049]** Die innenliegende Leiterbahn 8 und die außenliegende Leiterbahn 9 der PTC-Widerstandsstruktur 2 verlaufen näherungsweise parallel und sind elektrisch parallel geschaltet. Die innenliegende Leiterbahn 8 hat einen größeren Widerstand als die außenliegende Leiterbahn 9. Die Widerstände von innenliegender Leiterbahn 8 und außenliegender Leiterbahn 9 sind so bemessen, dass bei Anlegen einer Spannung eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des definierten Flächenbereichs 3 vorliegt. Dieser definierte Flächenbereich wird auch als Heizzone bezeichnet und ist in Fig. 1 durch die strichlierte Linie am Außenrand der PTC-Widerstandsstruktur 2 angedeutet.

**[0050]** Die Kaltzone, also der Bereich, wo im Wesentlichen Raumtemperatur herrscht, liegt im Bereich der Anschlusskontakte 6. In dem zwischen der Heizzone und der Kaltzone liegenden Übergangsbereich ebenso wie im Außenbereich des definierten Flächenbereichs 3 ist der Temperaturgradient sehr hoch. Infolge des hohen Temperaturgradienten ist die Heizzone weitgehend auf den definierten Flächenbereich 3 begrenzt. Erreicht wird der hohe Temperaturgradient durch die Wahl eines Trägersubstrats 5 mit geringer thermischer Leitfähigkeit. Weitere Information hierzu findet sich in der vorhergehenden Beschreibung.

**[0051]** Bei der gezeigten Ausführungsform sind die innenliegende Leiterbahn 8 und die außenliegende Leiterbahn 9 aus demselben Material gefertigt. An vorhergehender Stelle wurde bereits beschrieben, dass als Material der Leiterbahnen 8, 9 bevorzugt Platin verwendet wird. Die unterschiedlichen Widerstände der Leiterbahnen 8, 9 werden über unterschiedliche Querschnittsflächen und/oder Län-

genausdehnungen von innenliegender Leiterbahn 8 und außenliegender Leiterbahn 9 realisiert.

**[0052]** Eine bevorzugte Dimensionierung des erfindungsgemäßen planaren Hezelements bzw. des erfindungsgemäßen Chips wurde bereits an vorhergehender Stelle angegeben.

**[0053]** Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass die Verbindungsleitungen 15, die – wie bereits zuvor ausführlich beschrieben – bevorzugt aus Gold bestehen, gleichfalls im Durchmesser variieren: Im Anschluss an den ersten Teilbereich 10 ist die Breite geringer und damit der Widerstand größer als in dem Bereich, der sich an die Anschlusskontakte 6 anschließt. Hierdurch wird erreicht, dass sich die thermische Leitfähigkeit nicht erhöht. In Verbindung mit der gegenüber Platin geringeren thermischen Leitfähigkeit von Gold wird der gewünschte große Temperaturgradient im Übergangsbereich von Heiz- und Kaltzone erreicht.

**[0054]** Fig. 1a zeigt einen Längsschnitt gemäß der Kennzeichnung A-A durch das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Hezelement 1. Auf beiden Oberflächen 4, 19 eines Trägersubstrats 5 ist eine Trennschicht 14 angeordnet. Bei dem Trägersubstrat 5 handelt es sich bevorzugt um Zirkonoxid mit einer Dicke von 300µm handelt, die Trennschichten 14 weisen jeweils eine Dicke von 15µm auf. Auf der an der Oberfläche 4 des Trägersubstrats 5 aufgetragenen Trennschicht 14 ist die PTC-Widerstandsstruktur 2 angeordnet. Die PTC-Widerstandsstruktur besteht aus Platin mit einer Dicke von 8µm. Die Anschlusskontakte 6 sind aus Silber gefertigt und haben eine Dicke von 10µm. Die elektrische Verbindungsleitung 15 zwischen den Anschlusskontakten 6 und der PTC-Widerstandsstruktur 2 bestehen aus Gold und sind 4µm dick. Im Bereich des Überlapps 16b überlappen die Anschlusskontakte 6 und die elektrischen Verbindungsleitungen 15, im Bereich eines Überlapps 16a überlappen die elektrischen Verbindungsleitungen 15 und die Leiterbahnen 8, 9 der PTC-Widerstandsstruktur. Die Oberflächen 4, 19 des planaren Hezelements 1 sind mit einer Passivierungsschicht 13 versiegelt. Die Passivierungsschicht 13 hat eine Dicke von 15µm. Die Funktionen der einzelnen Schichten wurden bereits an vorhergehender Stelle eingehend beschrieben. Die Empfindlichkeit des planaren Hezelements beträgt bei Raumtemperatur ohne Anlegen der Heizspannung 3700ppm/K (+–100 ppm/K). Es versteht sich von selbst, dass die angegebenen Dicken der einzelnen Schichten beispielhaft sind.

**[0055]** Die Figuren Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 zeigen schematisch Teilansichten von erfindungsgemäßen Hezelementen 1 mit unterschiedlichen Ausgestaltungen des Überlapps 16a zwischen einer der Verbindungsleitungen 15 und den verbundenen Leiterbahnen 8, 9. Der Überlapp 16a in Fig. 2 hat eine stegförmige Aus-

gestaltung, der Überlapp **16a** in **Fig. 3** ist rechteckförmig und der Überlapp **16a** in **Fig. 4** hat eine V-Form. Der Überlapp **16a** zwischen den Verbindungsleitungen **15** und den Leiterbahnen **8, 9** im ersten endseitigen Teilbereich **10** der PTC-Widerstandsstruktur **2** ist bezüglich seiner geometrischen Parameter so ausgestaltet, dass die physikalischen Heizeigenschaften der PTC-Widerstandsstruktur **2** zumindest näherungsweise unverändert sind, bzw. nahezu identisch sind mit den Eigenschaften in dem definierten Flächenbereich **3**, in dem die Heizzone angesiedelt ist. Die Materialien und die Besonderheiten, die in den Bereichen des Überlapps **16a, 16b** auftreten, wurden bereits an vorhergehender Stelle beschrieben, so dass auf eine Wiederholung an dieser Stelle verzichtet wird.

**[0056]** **Fig. 5a** zeigt eine Draufsicht auf eine zweite Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements **1** mit PTC-Widerstandsstruktur **2**, **Fig. 5b** eine Draufsicht auf die Rückseite **19** des in **Fig. 5a** gezeigten Heizelements **1**, auf der ein mäanderförmiger Temperatursensor **18** angeordnet ist. Weiterhin ist in **Fig. 5a** auch die erfindungsgemäße Heizanordnung mit Heizelement **1**, elektrischer Spannungsquelle **7** und Regel-/Auswerteeinheit **17** schematisch dargestellt.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Heizelement
<b>2</b>	PTC-Widerstandsstruktur
<b>3</b>	definierter Flächenbereich
<b>4</b>	Oberfläche
<b>5</b>	Trägersubstrat
<b>6</b>	Anschlusskontakt
<b>7</b>	elektrische Spannungsquelle
<b>8</b>	innenliegende Leiterbahn
<b>9</b>	außenliegenden Leiterbahn
<b>10</b>	erster endseitiger Teilbereich
<b>11</b>	mittlerer Teilbereich
<b>12</b>	zweiter endseitiger Teilbereich
<b>13</b>	Passivierungsschicht
<b>14</b>	Trennschicht
<b>15</b>	elektrische Verbindungsleitung
<b>16a</b>	Überlapp
<b>16b</b>	Überlapp
<b>17</b>	Regel-/Auswerteeinheit
<b>18</b>	Widerstandsstruktur zur Temperaturmessung
<b>19</b>	gegenüberliegende Oberfläche



**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**

- EP 1189281 B1 [0018]
- EP 1801548 A2 [0019]
- WO 2009/016013 A1 [0020]

## Patentansprüche

1. Planares Heizelement (1) mit einer PTC-Widerstandsstruktur (2), die in einem definierten Flächenbereich (3) einer ersten Oberfläche (4) eines Trägersubstrats (5) angeordnet ist, wobei der PTC-Widerstandsstruktur (2) elektrische Anschlusskontakte (6) zum Anschluss an eine elektrische Spannungsquelle (7) zugeordnet sind,

wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) zumindest eine innenliegende Leiterbahn (8) und eine parallel geschaltete außenliegende Leiterbahn (9) aufweist, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) einen größeren Widerstand aufweist als die außenliegende Leiterbahn (9) und

wobei die Widerstände von innenliegender Leiterbahn (8) und außenliegender Leiterbahn (9) so bemessen sind, dass bei Anlegen einer Spannung eine im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des definierten Flächenbereichs (3) vorliegt.

2. Heizelement nach Anspruch 1, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) Temperaturmesswerte zur Verfügung stellt, so dass die PTC-Widerstandsstruktur (2) als Heizelement und als Temperatursensor dient.

3. Heizelement nach Anspruch 1 oder 2, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) und die außenliegende Leiterbahn (9) aus demselben Material gefertigt sind und wobei die unterschiedlichen Widerstände über unterschiedliche Querschnittsflächen und/oder Längenausdehnungen der innenliegenden Leiterbahn (8) und außenliegenden Leiterbahn (9) realisiert sind.

4. Heizelement nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die innenliegenden Leiterbahn (8) und außenliegenden Leiterbahn (9) aus unterschiedlichen Materialien bestehen, die einen unterschiedlichen spezifischen Widerstand aufweisen.

5. Heizelement nach zumindest einem der Ansprüche 1–4, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) in drei Teilbereiche aufteilbar ist:

einen ersten endseitigen Teilbereich (10), der sich an die elektrischen Verbindungsleitungen (15) anschließt,

einen mittleren Teilbereich (11), der sich an den ersten endseitigen Teilbereich (10) anschließt, und einen zweiten endseitigen Teilbereich (12), der sich an den mittleren Teilbereich (11) anschließt.

6. Heizelement nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) und die parallel geschaltete außenliegende Leiterbahn (9) im mittleren Teilbereich (11) im Wesentlichen parallel verlaufen.

7. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–6, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) und die außenliegende Leiterbahn (9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) aufeinander zulaufend mit den entsprechenden elektrischen Anschlusskontakten (6) kontaktiert sind.

8. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Widerstand der innenliegende Leiterbahn (8) und/oder der Widerstand der außenliegende Leiterbahn (9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) und/oder im zweiten endseitigen Teilbereich (12) größer ist als der Widerstand der innenliegenden Leiterbahn (8) und/oder der außenliegenden Leiterbahn (9) im mittleren Teilbereich (11).

9. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–8, wobei zumindest ein geometrischer Parameter, wie Linienbreite und Füllungsstärke, der innenliegenden Leiterbahn (8) und/oder der außenliegenden Leiterbahn (9) zumindest in einem Teilabschnitt von zumindest einem Teilbereich (10, 11, 12) so variiert ist, dass eine lokal auftretende Abweichung von der gleichmäßigen Temperaturverteilung in dem betroffenen Teilbereich zumindest näherungsweise ausgeglichen ist.

10. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1–9, wobei das Trägersubstrat (5) aus einem Material mit einer Wärmeleitfähigkeit besteht, die unterhalb eines vorgegebenen Grenzwerts liegt, so dass zwischen dem beheizten definierten Flächenbereich (3) und den Anschlusskontakten (6) ein Wärmegradient auftritt, der oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes, bevorzugt oberhalb von 50°C/mm, liegt.

11. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei auf oder in dem Trägersubstrat (5) mindestens eine im Wesentlichen elektrisch isolierende Trennschicht (14) vorgesehen ist, die bevorzugt aus Glas gefertigt ist.

12. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche wobei dem Trägersubstrat (5) zumindest eine Passivierungsschicht (13) zugeordnet ist, die bevorzugt an der Oberfläche des Trägersubstrats (5) aufgebracht ist.

13. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) aus einem leitfähigen Material für den Einsatz im Hochtemperaturbereich, bevorzugt aus Platin, besteht.

14. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektrischen Anschlusskontakte (6) aus einem Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung gefertigt sind, wobei es sich

bei dem Edelmetall bevorzugt um Silber und bei der Edelmetalllegierung bevorzugt um eine Silberlegierung handelt.

15. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen den elektrischen Anschlusskontakten (6) und dem ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) elektrische Verbindungsleitungen (15) vorgesehen sind, die aus einem Edelmetall, bevorzugt aus Gold, bevorzugt mit einer Reinheit von 99.9%, gefertigt sind.

16. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei sowohl die Verbindungsleitungen (15) und die Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) als auch die Verbindungsleitungen (15) und die elektrischen Anschlusskontakte (6) einen definierten Überlapp (16a, 16b) aufweisen.

17. Heizelement nach Anspruch 16, wobei der Überlapp (16a) zwischen den Verbindungsleitungen (15) und den Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) bezüglich seiner geometrischen Parameter so ausgestaltet ist, dass die physikalischen Heizeigenschaften der PTC-Widerstandsstruktur (2) zumindest näherungsweise unverändert sind.

18. Heizelement nach Anspruch 16 oder 17, wobei der Überlapp (16a) zwischen den Verbindungsleitungen (15) und den Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) V-förmig, rechteckförmig oder stegförmig ausgestaltet ist.

19. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 16–18, wobei die Breite (b) des Überlapps (16a) zwischen den Verbindungsleitungen (15) und den Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) größer ist als der Abstand zwischen der innenliegenden Leiterbahn (8) und der außenliegenden Leiterbahn (9).

20. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 16–19, wobei die Tiefe des Überlapps (16a) zwischen den Verbindungsleitungen (15) und den Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) bei einem linienförmigen oder V-förmigen Überlapp größer ist als 100µm.

21. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 16–20, wobei die Länge und die Tiefe des Überlapps (16a) zwischen den Verbindungsleitungen (15) und den Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) näherungsweise ein Verhältnis von größer 5:1 aufweisen.

22. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dicke (d) der PTC-Widerstandsstruktur (2), die bevorzugt aus Platin besteht, zumindest im ersten Teilbereich (10) zwischen 5–10µm liegt.

23. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dicke der Verbindungsleitungen (15), die bevorzugt aus Gold bestehen, zwischen 3–10µm liegt.

24. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dicke der Anschlusskontakte (6), die bevorzugt aus Silber bestehen, zwischen 10–30µm liegt.

25. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur in dem definierten Flächenbereich (3) mit einer im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung bevorzugt in einem Temperaturbereich zwischen 300°C und 750°C liegt.

26. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Widerstand der PTC-Widerstandsstruktur (2) bei Raumtemperatur ohne angelegte Heizspannung unter 3Ω, bevorzugt unter 1Ω liegt.

27. Heizanordnung mit einem Heizelement nach zumindest einem der Ansprüche 1–26, wobei eine elektrische Spannungsquelle (7) vorgesehen ist, die die PTC-Widerstandsstruktur (2) mit Energie versorgt, und wobei eine Regel-/Auswerteeinheit (17) vorgesehen ist, die die PTC-Widerstandsstruktur (2) auf einen vorgegebenen Temperaturwert regelt.

28. Heizanordnung nach Anspruch 27, wobei es sich bei der elektrischen Spannungsquelle (7) um eine Spannungsquelle mit einem begrenzten Energievorrat, bevorzugt um eine Batterie mit einer Spannung kleiner gleich 3V, handelt.

29. Heizanordnung nach Anspruch 27 oder 28, wobei eine Widerstandsstruktur (18) zur Bestimmung der Temperatur und zum Heizen des Mediums vorgesehen ist, und wobei die Widerstandsstruktur (18) auf einer zweiten Oberfläche (19) des Trägersubstrats (5), die der ersten Oberfläche (4) gegenüberliegt, aufgebracht ist.

30. Verwendung des in den Ansprüchen 1–26 beschriebenen Heizelements (1) und/oder der in den Ansprüchen 27–29 beschriebenen Heizanordnung in einem kompakten Gassensor auf Halbleiterbasis, in einem kompakten Heizer für Taschengeräte oder in einem kalorimetrischen Strömungssensor.

31. Verfahren zur Herstellung eines planaren Heizelements, das in zumindest einem der Ansprüche 1–26 beschrieben ist, mit den folgenden Verfahrensschritten:

- Beschichten der Oberflächen (**4, 19**) des Trägersubstrats (**5**) mit jeweils einer Trennschicht (**14**)
- Aufbringen der Widerstandsstruktur (**2**) auf die Trennschicht (**14**) der Oberfläche (**4**)
- Aufbringen der elektrischen Verbindungsleitungen (**15**)
- Aufbringen der Anschlusskontakte (**6**)
- Aufbringen der Passivierungsschichten (**13**) im Bereich beider Oberflächen (**4, 19**).

32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei zur Herstellung des planaren Heizelements (**1**) die Dick- schichttechnik oder die Dünnschichttechnik angewendet wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

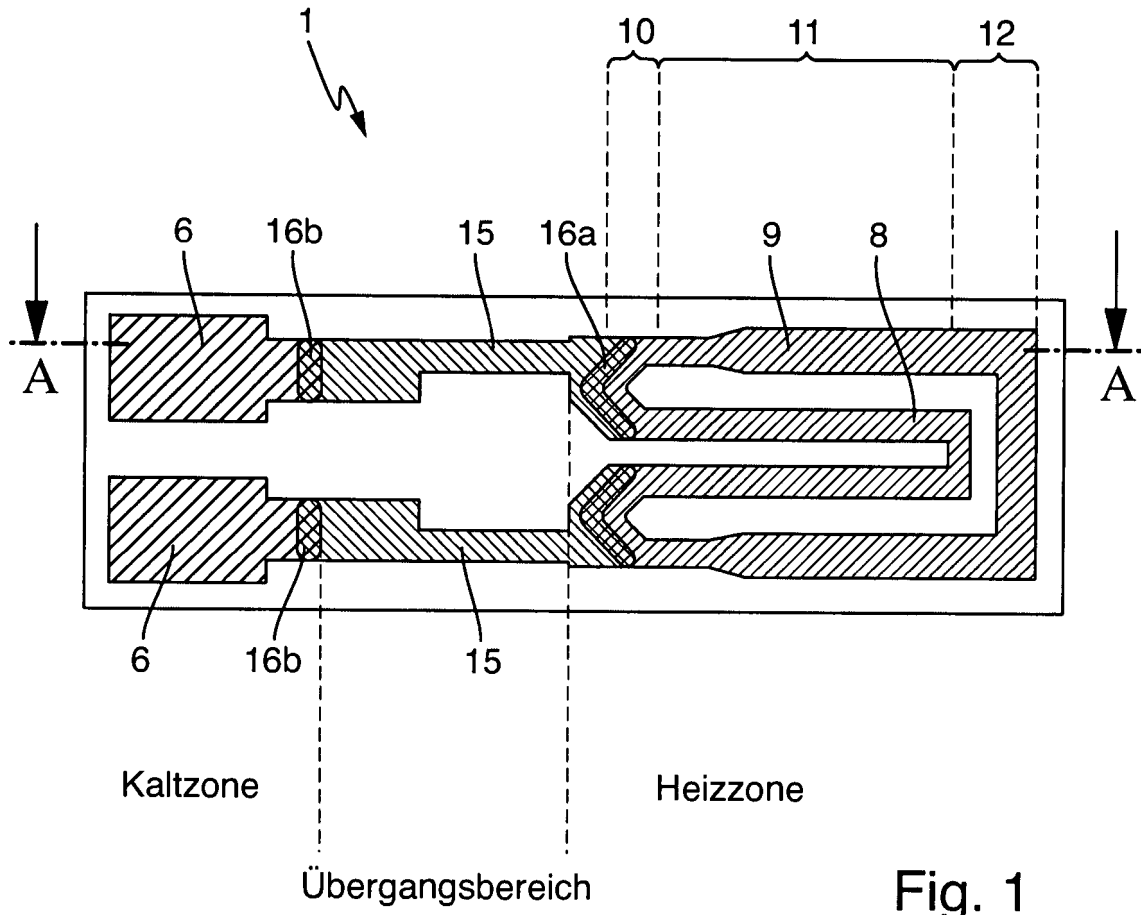


Fig. 1

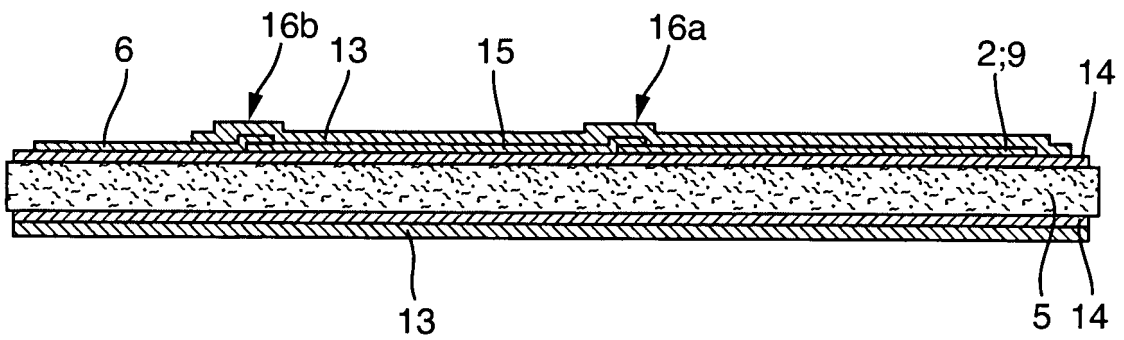


Fig. 1a

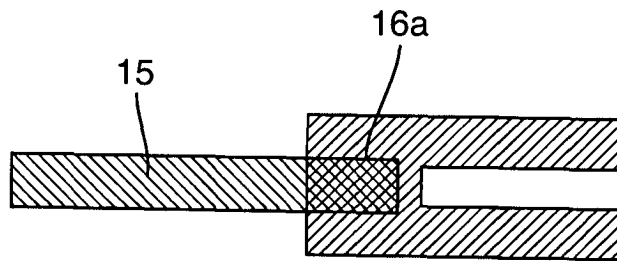


Fig. 2

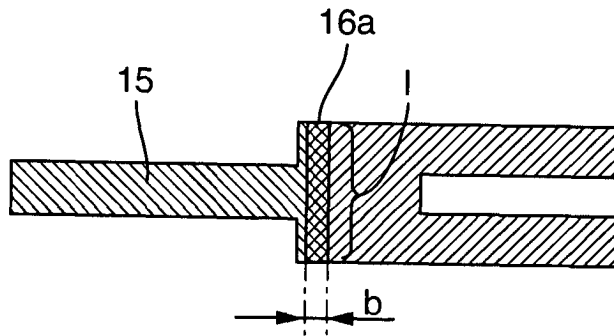


Fig. 3

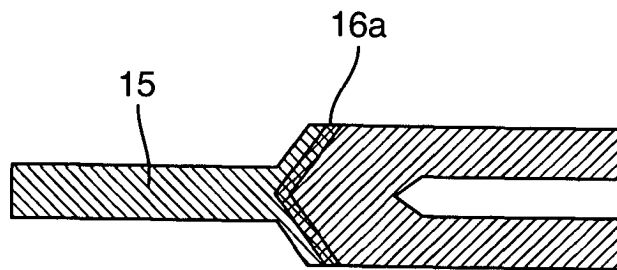


Fig. 4

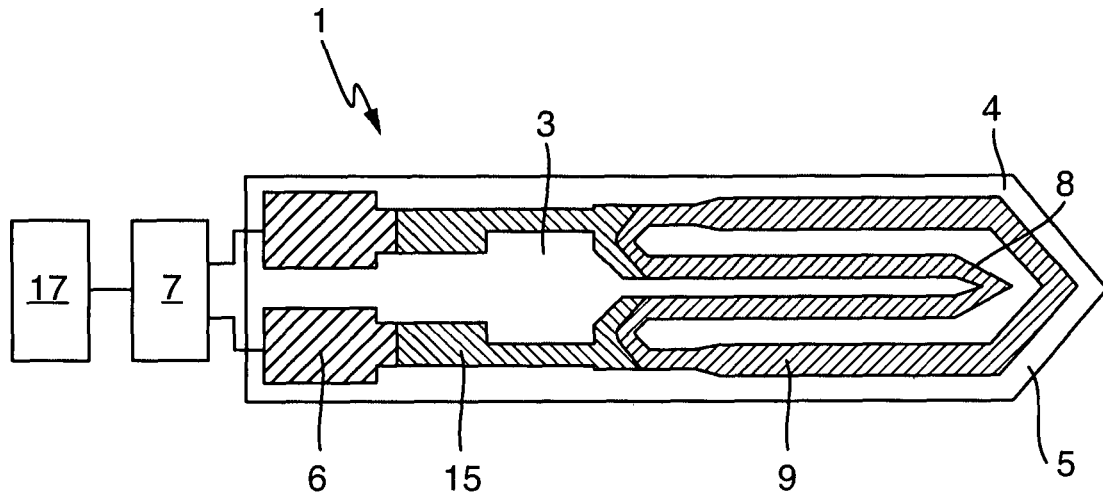


Fig. 5a

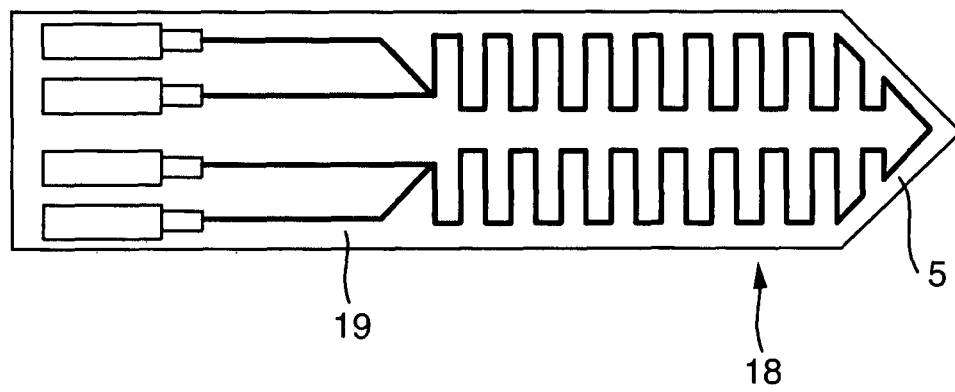


Fig. 5b