

(19)



(11)

**EP 3 155 871 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**20.04.2022 Patentblatt 2022/16**

(21) Anmeldenummer: **15728852.3**

(22) Anmeldetag: **12.06.2015**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H05B 3/20** <sup>(2006.01)</sup> **H05B 3/00** <sup>(2006.01)</sup>

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H05B 3/20; H05B 3/0014**; H05B 2203/003;  
H05B 2203/007; H05B 2203/016; H05B 2203/017;  
H05B 2203/02

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/063165**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2015/189388 (17.12.2015 Gazette 2015/50)**

(54) **PLANARES HEIZELEMENT MIT EINER PTC-WIDERSTANDSSTRUKTUR**

PLANAR HEATING ELEMENT WITH A STRUCTURE OF PTC RESISTANCE

ELEMENT CHAUFFANT PLAN AVEC UNE STRUCTURE RESISTANTE PTC

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **13.06.2014 DE 102014108356**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.04.2017 Patentblatt 2017/16**

(73) Patentinhaber: **Innovative Sensor Technology IST  
AG  
9642 Ebnat-Kappel (CH)**

(72) Erfinder:  
• **HOLOUBEK, Jiri  
CH-9630 Wattwil (CH)**

• **LEHMANN, Mirko  
CH-9642 Ebnat-Kappel (CH)**  
• **VLK, Josef  
34101 Chanovice (CZ)**

(74) Vertreter: **Andres, Angelika Maria  
Endress+Hauser Group Services  
(Deutschland) AG+Co. KG  
Colmarer Straße 6  
79576 Weil am Rhein (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 048 935 WO-A1-2011/078063  
WO-A1-2012/084343 DE-A1- 3 902 484  
DE-A1- 19 523 301 DE-A1-102005 057 566  
DE-A1-102008 007 664 US-A- 4 970 376**

**EP 3 155 871 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## 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 zu-

sätzlich erhöht. Zum anderen hat eine solche Lösung zur Folge, dass hohe Stromdichten eine Elektromigration zur Folge haben können.

**[0006]** Die DE 195 23 301 A1 beschreibt eine Heizstruktur, bei der eine außenliegende und eine innenliegende Leiterbahn die gleiche Breite aufweisen. Da die außenliegende Leiterbahn länger ist als die innenliegende Leiterbahn, ist der Widerstand der außenliegenden Leiterbahn größer als der Widerstand der innenliegenden Leiterbahn.

**[0007]** Die in der WO 2011/078063 A1 gezeigte Bildwärmungsvorrichtung enthält eine Heizvorrichtung, die eine gleichmäßige Wärmeerzeugungsverteilung erreicht, wenn ein Bild auf ein Blatt gedruckt wird, dessen Größe kleiner als eine maximale Größe des Geräts ist.

**[0008]** Die DE 10 2005 057 566 A1 bezieht sich auf einen Gassensor zur Messung einer physikalischen Eigenschaft eines Messgases. Bei der Eigenschaft handelt es sich z.B. um die Konzentration einer Gaskomponenten, z.B. Sauerstoff, oder die Temperatur. Zur gleichmäßigen Verteilung der Temperatur im Heizbereich besitzt der Widerstandsheizter parallelgeschaltete Strompfade, die sich über einen flächenhaft ausgedehnten Heizbereich erstrecken.

**[0009]** Die US 4 970 376 A beschreibt ein transparentes Heizelement zum Heizen eines Glassubstrats. Das transparente Heizelement ist Teil einer Glaszelle oder eines Glasbehälters und ist auf deren/dessen Oberfläche aufgebracht. Das auf die Glaszelle oder den Glasbehälter aufgebrachte Heizelement ist transparent für sichtbares Licht oder für IR Strahlung.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein planares Heizelement vorzuschlagen, das in einem definierten Flächenbereich zumindest näherungsweise eine homogene bzw. gleichmäßige Temperaturverteilung aufweist.

**[0011]** Die Aufgabe wird dadurch gelöst durch das in Anspruch 1 beschriebene Heizelement. So weist die PTC-Widerstandsstruktur - ausgehend von den beiden elektrischen Anschlusskontakten - zumindest eine innenliegende Leiterbahn und eine parallel geschaltete außenliegende Leiterbahn auf, wobei die innenliegende Leiterbahn einen größeren Widerstand aufweist als die außenliegende Leiterbahn und wobei 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.

**[0012]** Außerhalb des weitgehend gleichmäßig beheizten Flächenbereichs liegt ein hoher Temperaturgra-

dient 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.

**[0013]** 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.

**[0014]** 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.

**[0015]** Das erfindungsgemäßen Heizelements zeigt eine PTC-Widerstandsstruktur, die - 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.

**[0016]** Erfindungsgemäß verlaufen die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn im mittleren Teilbereich im Wesentlichen parallel. Bevorzugt verlaufen die innenliegende Leiterbahn und die außenliegende Leiterbahn auch im zweiten endseitigen Teilbereich im Wesentlichen parallel. 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** Das 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.

**[0021]** 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 thermisch entkoppelt ist. Bevorzugt kommt als Trägermaterial ein Material zum Einsatz, dessen thermische Leitfähigkeit (Wärmeleitfähigkeit) kleiner ist als 5 Watt/m·K. Bevorzugt ist die thermische Leitfähigkeit kleiner als 3 Watt/m·K.

**[0022]** Der definierte Flächenbereich weist eine Begrenzung auf, die im Wesentlichen durch die äußeren Abmessungen der außenliegenden Leiterbahn gegeben ist. Dieser definierte Flächenbereich kennzeichnet die sog. Heizzone oder Heißzone, in der mindestens 300°C herrschen. Die Beschränkung der Heizzone auf den durch die äußeren Abmessungen der außen liegenden Leiterbahn definierten Bereich wird insbesondere dadurch erreicht, dass das Trägermaterial sich durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit auszeichnet. Darüber hinaus hat es bevorzugt eine Dicke von kleiner/gleich 1mm.

**[0023]** Um den Wärmeaustausch zwischen der Heizzone und der auf üblicherweise Zimmertemperatur liegenden Kaltzone, in der die Anschlusskontakte liegen, zu erreichen, sind elektrische Verbindungsleitungen mit einer geringen Füllungsdichte vorgesehen. Diese sind aus bevorzugt hochreinem Gold (Goldanteil zumindest größer als 95%, bevorzugt größer als 99%) gefertigt. Die Anschlusskontakte bestehen aus Silber oder einer Silberlegierung.

**[0024]** Der Widerstand der PTC Widerstandsstruktur liegt bei Raumtemperatur unterhalb von  $10\Omega$ , bevorzugt unter  $3\Omega$  oder sogar  $1\Omega$ . Erreicht wird dies durch die Wahl von zumindest einem geeigneten Materials (bevorzugt Platin) und einer geeigneten Dimensionierung der entsprechenden Leiterbahnstruktur.

**[0025]** 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.

**[0026]** 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  $200^{\circ}\text{C}$  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.

**[0027]** 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.

**[0028]** 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 Temperatur-kennlinie 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.

**[0029]** 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 Industrie-standard und hat den Vorteil, dass es gut lötbar bzw. schweißbar ist. Allerdings hat Silber den Nachteil, dass es bei Temperaturen oberhalb von  $300^{\circ}\text{C}$  lateral in Platin eindiffundiert. Daher ist beim Einsatz im Hochtemperaturbereich (oberhalb von  $250^{\circ}\text{C}$ ) 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.

**[0030]** 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  $850^{\circ}\text{C}$ , es zeichnet sich durch eine gute elektrische Leitfähigkeit aus und ist technologisch in sehr reiner Form für kompakte dünne Schichten verfügbar.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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  $100\mu\text{m}$ . 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.

**[0033]** 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 erfindungsgemäß 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 Füllungsdichte oder der Linienbreite der Leiterbahnen bzw. der Verbindungsleitungen in der Umgebung des jeweiligen Überlapps.

**[0034]** 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.

**[0035]** 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  $5\text{--}10\mu\text{m}$ . Die Füllungsdicke der Verbindungsleitungen, die bevorzugt aus Gold bestehen, liegt bevorzugt zwischen  $3\text{--}10\mu\text{m}$ . Die Dicke der Anschlusskontakte, die bevorzugt aus Silber oder einer Silberlegierung bestehen, liegt bevorzugt im Bereich von  $10\text{--}30\mu\text{m}$ . Die Längenausdehnung der PTC-Widerstandsstruktur liegt in der Größenordnung von einigen wenigen Millimetern, bevorzugt liegt sie in einem Bereich von  $2\text{--}10\text{mm}$ . Darüber hinaus liegt der Widerstand der PTC-Widerstandsstruktur bei Raumtempe-

ratur ohne angelegte Heizspannung bevorzugt unterhalb von  $3\Omega$ , bevorzugt unterhalb von  $1\Omega$ . 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.

**[0036]** 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.  $800\mu\text{m}$  zu  $400\mu\text{m}$ ). Das Trägersubstrat aus Zirkonoxid hat eine Dicke von 0.3 mm. Die Trennschicht und die Passivierungsschicht haben eine Dicke von jeweils  $15\mu\text{m}$  und sind auf beiden Oberflächen des planaren Heizelements angeordnet. Das zuvor beschriebene planare Heizelement kann problemlos eine Heiztemperatur von  $450^\circ\text{C}$  erreichen.

**[0037]** 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.

**[0038]** Die Temperatur in dem definierten Flächenbereich mit einer im Wesentlichen gleichmäßige Temperaturverteilung liegt bevorzugt in einem Temperaturbereich zwischen  $300^\circ\text{C}$  und  $750^\circ\text{C}$ . 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.

**[0039]** 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.

**[0040]** 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 Reinmetallen (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 100 µm. 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 25 µm und 30 µm variiert. Bei einer kleinen Tiefe ist der Einfluss einer prozesstechnisch bedingten Ungenauigkeit, z.B. von 5 µm auf die Gesamtleistung natürlich um einiges grösser, als wenn man sich auf 100 µm für die Tiefe des Überlapps festlegt.

**[0041]** 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.

**[0042]** 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.

**[0043]** Bei der elektrischen Spannungsversorgung handelt es um eine Spannungsquelle, die einen begrenzten Energievorrat aufweist. Bevorzugt wird die elektrische Spannung von einer Batterie geliefert.

**[0044]** 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.

**[0045]** Bevorzugt kommt das erfindungsgemäße planare Heizelement bzw. die erfindungsgemäße Heizanordnung bei einem kompakten Gassensor auf Halbleiterbasis, bei einem kompakten Heizer für Taschengeräte oder bei einem kalorimetrischen Strömungssensor zur Anwendung.

**[0046]** 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.

**[0047]** 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 Dichtschichttechnik 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.

**[0048]** Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine Draufsicht auf eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements,

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

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

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

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

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

Fig. 5b: eine Draufsicht auf die Rückseite des in Fig. 5a gezeigten Heizelements.

**[0049]** Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Heizelements 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.

**[0050]** 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.

**[0051]** 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.

**[0052]** 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 Längenausdehnungen von innenliegender Leiterbahn 8 und außenliegender Leiterbahn 9 realisiert.

**[0053]** Eine bevorzugte Dimensionierung des erfindungsgemäßen planaren Heizelements bzw. des erfindungsgemäßen Chips wurde bereits an vorhergehender Stelle angegeben.

**[0054]** 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.

**[0055]** Fig. 1a zeigt einen Längsschnitt gemäß der Kennzeichnung A-A durch das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Heizelement 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 300 µm, handelt, die Trennschichten 14 weisen jeweils eine Dicke von 15 µm 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 8 µm. Es versteht sich von selbst, dass die zuvorbeschriebene Dimensionierung der PTC-Widerstandsstruktur 2 nicht auf die genannten Werte beschränkt ist. Jeder der explizit genannten Werte kann beliebig nach oben oder unter variiert werden. Wie die Dimensionierung der Varianten im Detail gestaltet ist, liegt im Ermessen des Fachmanns.

**[0056]** Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die Anschlusskontakte 6 aus Silber gefertigt und haben eine Dicke von 10 µm. Die elektrische Verbindungsleitung 15 zwischen den Anschlusskontakten 6 und der PTC-Widerstandsstruktur 2 bestehen aus Gold und sind 4 µm 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 Heizelements 1 sind mit einer Passivierungsschicht 13 versiegelt. Die Passivierungsschicht 13 hat eine Dicke von 15 µm. Die Funktionen der einzelnen Schichten wurden bereits an vorhergehender Stelle eingehend beschrieben. Die Empfindlichkeit des planaren Heizelements beträgt bei Raumtemperatur ohne Anlegen der Heizspannung 3700 ppm/K (+/- 100 ppm/K). Es versteht sich von selbst, dass die angegebenen Dicken der einzelnen Schichten beispielhaft sind. Jeder der explizit genannten Werte der bevorzugten Ausgestaltung kann beliebig nach oben oder unter variiert werden. Wie die Dimensionierung im Detail gestaltet ist, liegt im Ermessen des Fachmanns.

**[0057]** Die Figuren Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 zeigen sche-

matisch Teilansichten von erfindungsgemäßen Heizelementen 1 mit unterschiedlichen Ausgestaltungen des Überlapps 16a zwischen einer der Verbindungsleitungen 15 und den verbunden Leiterbahnen 8, 9. Der Überlapp 16a in Fig. 2 hat eine stegförmige Ausgestaltung, 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.

**[0058]** 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

#### [0059]

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

#### Patentansprüche

1. Planares Heizelement (1) mit einer PTC-Wider-

standsstruktur (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 elektrischen Anschlusskontakte (6) über elektrische Verbindungsleitungen (15) mit der PTC-Widerstandsstruktur (2) verbunden sind, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) einen ersten endseitigen Teilbereich (10), einen mittleren Teilbereich (11) und einen zweiten endseitigen Teilbereich (12) aufweist,

wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) ausgehend von einem definierten Überlapp (16a) aus ineinanderliegenden Leiterbahnen (8, 9) besteht und eine innenliegende Leiterbahn (8) und eine außenliegende Leiterbahn (9) aufweist, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) und die außenliegende Leiterbahn (9) im mittleren Teilbereich (11) im Wesentlichen parallel verlaufen, wobei die innenliegende Leiterbahn (8) und die außenliegende Leiterbahn (9) parallel geschaltet sind,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** die Verbindungsleitungen (15) und die Leiterbahnen (8, 9) im ersten endseitigen Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur (2) jeweils den definierten Überlapp (16a) aufweisen, **dass** die innenliegende Leiterbahn (8) einen größeren Widerstand aufweist als die außenliegende Leiterbahn (9),

**dass** 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, und

**dass** der erste endseitige Teilbereich (10) der PTC-Widerstandsstruktur bezüglich der Füllungsdicke und/oder Linienbreite der Leiterbahnen (8, 9) in der Umgebung des jeweiligen Überlapps (16a) so ausgestaltet ist, dass die physikalischen Heizeigenschaften der PTC-Widerstandsstruktur in dem ersten Teilbereich (10) zumindest näherungsweise unverändert sind.

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,  
wobei die innenliegenden Leiterbahn (8) und außenliegenden Leiterbahn (9) aus unterschiedlichen Materialien bestehen, die einen unterschiedlichen spezifischen Widerstand aufweisen. 10
  5. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-4,  
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. 15
  6. 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). 20 25
  7. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-6,  
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. 30 35
  8. 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. 40
  9. 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. 50
  10. Heizelement nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, wobei die PTC-Widerstandsstruktur (2) aus einem leitfähigen Material für den Einsatz im Hochtemperaturbereich, bevorzugt aus 55
- Platin, besteht.
11. 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.
  12. 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.
  13. Heizelement nach Anspruch 11 oder 12,  
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. 20 25
  14. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 13,  
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). 30
  15. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 13-14,  
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. 35 40
  16. Heizelement nach einem oder mehreren der Ansprüche 13-15,  
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. 45 50
  17. 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. 55
  18. Heizelement nach einem oder mehreren der vorher-

gehenden Ansprüche,  
wobei die Dicke der Verbindungsleitungen (15), die bevorzugt aus Gold bestehen, zwischen 3-10µm liegt.

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

20. 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.

21. 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.

22. Heizanordnung mit einem Heizelement nach zumindest einem der Ansprüche 1-21,

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.

23. Heizanordnung nach Anspruch 22,  
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.

24. Heizanordnung nach Anspruch 22 oder 23,

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.

25. Verfahren zur Herstellung eines planaren Heizelements, das in zumindest einem der Ansprüche 1-21 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).

26. Verfahren nach Anspruch 25,  
wobei zur Herstellung des planaren Heizelements (1) die Dickschichttechnik oder die Dünnschichttechnik angewendet wird.

## Claims

1. Planar heating element (1) with a PTC resistor structure (2), which is arranged in a defined surface area (3) of a first surface (4) of a carrier substrate (5), wherein electrical connection contacts (6) are assigned to the PTC resistor structure (2) for connection to an electrical voltage source (7), wherein the electrical connection contacts (6) are connected to the PTC resistor structure (2) via electrical connection lines (15), wherein the PTC resistor structure (2) has a first end section (10), a middle section (11) and a second end section (12),

wherein, starting from a defined overlap (16a), the PTC resistor structure (2) is made from interlocking conductive tracks (8, 9) and has an interior conductive track (8) and an exterior conductive track (9),

wherein the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are essentially parallel in the middle section (11),

wherein the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are switched in parallel,

### characterized in that

the connection lines (15) and the conductive tracks (8, 9) each have the defined overlap (16a) in the first end section (10) of the PTC resistor structure (2),

the interior conductive track (8) has a bigger resistance than the exterior conductive track (9), the resistances of the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are sized in such a way that, when voltage is applied, there is an essentially even distribution of temperature within the defined surface area (3), and

the first end section (10) of the PTC resistor structure is designed in such a way, with regard to the filling thickness and/or the line width of the conductive tracks (8, 9) in the area of the specific overlap (16a), that the physical heating properties of the PTC resistor structure are at

- least approximately unchanged in the first section (10).
2. Heating element as claimed in Claim 1, wherein the PTC resistor structure (2) makes temperature measured values available in such a way that the PTC resistor structure (2) serves as a heating element and as a temperature sensor. 5
  3. Heating element as claimed in Claim 1 or 2, wherein the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are made from the same material, and wherein the different resistances are implemented via different cross-sectional areas and/or elongations of the interior conductive track (8) and of the exterior conductive track (9). 10
  4. Heating element as claimed in Claim 1 or 2, wherein the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are made from different materials, which have a different resistivity. 20
  5. Heating element as claimed in one or more of the Claims 1 to 4, wherein, in the first end section (10), the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9) are put into contact with the corresponding electrical connection contacts (6) in a manner that they approach one another. 25
  6. Heating element as claimed in one or more of the previous claims wherein the resistance of the interior conductive track (8) and/or the resistance of the exterior conductive track (9) in the first end section (10) and/or in the second end section (12) is greater than the resistance of the interior conductive track (8) and/or of the exterior conductive track (9) in the middle section (11). 30
  7. Heating element as claimed in one or more of the Claims 1 to 6, wherein the carrier substrate (5) is made from a material with a thermal conductivity that is less than a predefined limit value, such that a thermal gradient occurs between the heated defined surface area (3) and the connection contacts (6) that is above a predefined limit value, preferably above 50 °C/mm. 35
  8. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein at least a separation layer (14), which is essentially electrically isolating, is provided on or in the carrier substrate (5), wherein said layer is preferably made of glass. 40
  9. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein at least a passivation layer (13) is assigned to the carrier substrate (5), said layer being preferably applied on the surface of the carrier substrate (5). 45
  10. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the PTC resistor structure (2) is made from a conductive material for use in the high-temperature range, said material being preferably platinum. 50
  11. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the electrical connection contacts (6) are made from a precious metal or a precious metal alloy, wherein the precious metal is preferably silver and wherein the precious metal alloy is preferably a silver alloy.
  12. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein electrical connection lines (15) are provided between the electrical connection contacts (6) and the first end section (10) of the PTC resistor structure (2), wherein said lines are made from a precious metal, preferably gold, preferably with a purity of 99.9 %. 55
  13. Heating element as claimed in Claim 11 or 12, wherein the overlap (16a) between the connection lines (15) and the conductive tracks (8, 9) in the first end section (10) of the PTC resistor structure (2) is in the form of a V, a square or a bar.
  14. Heating element as claimed in Claim 13, wherein the width (b) of the overlap (16a) between the connection lines (15) and the conductive tracks (8, 9) in the first end section (10) of the PTC resistor structure (2) is greater than the distance between the interior conductive track (8) and the exterior conductive track (9).
  15. Heating element as claimed in one or more of the Claims 13 to 14, wherein the depth of the overlap (16a) between the connection lines (15) and the conductive tracks (8, 9) in the first end section (10) of the PTC resistor structure (2) is greater than 100 µm for a linear or V-shaped overlap.
  16. Heating element as claimed in one or more of the Claims 13 to 15, wherein the length and the depth of the overlap (16a) between the connection lines (15) and the conductive tracks (8, 9) in the first end section (10) of the PTC resistor structure (2) have approximately a ratio greater than 5:1.

17. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the thickness (d) of the PTC resistor structure (2), which is preferably made of platinum, is between 5 and 10  $\mu\text{m}$  at least in the first section (10). 5
18. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the thickness of the connection lines (15), which are preferably made of gold, is between 3 and 10  $\mu\text{m}$ . 10
19. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the thickness of the connection contacts (6), which are preferably made of silver, is between 10 and 30  $\mu\text{m}$ . 15
20. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the temperature in the defined surface area (3) with an essentially even distribution of temperature is preferably in a temperature range between 300 °C and 750 °C. 20
21. Heating element as claimed in one or more of the previous claims, wherein the resistance of the PTC resistor structure (2) is less than 3  $\Omega$ , preferably less than 1  $\Omega$ , at room temperature without heating voltage applied. 25 30
22. Heating arrangement with a heating element as claimed in at least one of the Claims 1 to 21, wherein an electrical voltage source (7) is provided that supplies the PTC resistor structure (2) with energy, and wherein a control/evaluation unit (17) is provided which regulates the PTC resistor structure (2) to a predefined temperature value. 35 40
23. Heating arrangement as claimed in Claim 22, wherein the electrical voltage source (7) is a voltage source with a limited energy reserve, preferably a battery with a voltage less than or equal to 3 V. 45
24. Heating arrangement as claimed in Claim 22 or 23, wherein a resistance structure (18) is provided to determine the temperature and to heat the medium, and wherein the resistance structure (18) is applied to a second surface (19) of the carrier substrate (5), said second surface being opposite to the first surface (4). 50 55
25. Procedure for producing a planar heating element, which is described in at least one of the Claims 1 to

21, said procedure comprising the following steps:

- Coating of each of the surfaces (4, 19) of the carrier substrate (5) with a separation layer (14)
- Fitting of the resistor structure (2) on the separation layer (14) of the surface (4)
- Fitting of the electrical connection lines (15)
- Fitting of the connection contacts (6)
- Application of the passivation layers (13) in the area of the two surfaces (4, 19).

26. Procedure as claimed in Claim 25, wherein thick film technology or thin film technology is used to produce the planar heating element (1).

## Revendications

1. Élément chauffant plan (1) avec une structure résistive PTC (2), laquelle est disposée dans une zone de surface définie (3) d'une première surface (4) d'un substrat de support (5), des contacts de raccordement électriques (6) étant associés à la structure résistive PTC (2) pour le raccordement à une source de tension électrique (7), les contacts de raccordement électriques (6) étant reliés à la structure résistive PTC (2) par des lignes de connexion électriques (15), la structure résistive PTC (2) présentant une première zone partielle d'extrémité (10), une zone partielle centrale (11) et une deuxième zone partielle d'extrémité (12),

la structure résistive PTC (2) étant constituée, à partir d'un chevauchement défini (16a), de pistes conductrices (8, 9) imbriquées les unes dans les autres et présentant une piste conductrice intérieure (8) et une piste conductrice extérieure (9), la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9) s'étendant pour l'essentiel parallèlement dans la zone partielle centrale (11),

la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9) étant couplées en parallèle,

### caractérisé

**en ce que** les lignes de connexion (15) et les pistes conductrices (8, 9) présentent chacune le chevauchement défini (16a) dans la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2),

**en ce que** la piste conductrice intérieure (8) présente une résistance plus grande que la piste conductrice extérieure (9),

**en ce que** les résistances de la piste conductrice intérieure (8) et de la piste conductrice extérieure (9) sont dimensionnées de telle sorte que, lors de l'application d'une tension, il y a une ré-

- partition de température pour l'essentiel uniforme à l'intérieur de la zone de surface définie (3), **en ce que** la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC est conçue, en ce qui concerne l'épaisseur de remplissage et/ou la largeur de ligne des pistes conductrices (8, 9) dans l'environnement du chevauchement (16a) respectif, de telle sorte que les propriétés physiques de chauffage de la structure résistive PTC sont au moins approximativement inchangées dans la première zone partielle (10).
2. Élément chauffant selon la revendication 1, pour lequel la structure résistive PTC (2) met à disposition des valeurs mesurées de température de telle sorte que la structure résistive PTC (2) sert d'élément chauffant et de capteur de température.
  3. Élément chauffant selon la revendication 1 ou 2, pour lequel la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9) sont fabriquées dans le même matériau et pour lequel les différentes résistances sont réalisées par l'intermédiaire de surfaces de section transversale et/ou de dilatations en longueur différentes de la piste conductrice intérieure (8) et de la piste conductrice extérieure (9).
  4. Élément chauffant selon la revendication 1 ou 2, pour lequel la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9) sont constituées de matériaux différents, qui présentent une résistance spécifique différente.
  5. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 4, pour lequel la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9) sont mises en contact dans la première zone partielle d'extrémité (10) en se rapprochant l'une de l'autre avec les contacts de raccordement électriques (6) correspondants.
  6. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes pour lequel la résistance de la piste conductrice intérieure (8) et/ou la résistance de la piste conductrice extérieure (9) dans la première zone partielle d'extrémité (10) et/ou dans la deuxième zone partielle d'extrémité (12) est supérieure à la résistance de la piste conductrice intérieure (8) et/ou de la piste conductrice extérieure (9) dans la zone partielle centrale (11).
  7. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6, pour lequel le substrat de support (5) est constitué d'un matériau présentant une conductivité thermique qui est inférieure à une valeur limite prédéfinie, de sorte qu'entre la zone de surface définie chauffée (3) et les contacts de raccordement (6), il se produit un gradient thermique qui est supérieur à une valeur limite prédéfinie, de préférence supérieur à 50 °C/mm.
  8. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel au moins une couche de séparation (14) pour l'essentiel isolante électriquement, laquelle couche est de préférence fabriquée en verre, est prévue sur ou dans le substrat de support (5).
  9. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel au moins une couche de passivation (13) est associée au substrat de support (5), laquelle couche est de préférence appliquée sur la surface du substrat de support (5).
  10. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel la structure résistive PTC (2) est constituée d'un matériau conducteur pour une utilisation dans la gamme des hautes températures, lequel matériau est de préférence en platine.
  11. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel les contacts de raccordement électriques (6) sont réalisés en un métal précieux ou en un alliage de métaux précieux, le métal précieux étant de préférence de l'argent et l'alliage de métaux précieux étant de préférence un alliage d'argent.
  12. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel des lignes de connexion électriques (15) sont prévues entre les contacts de raccordement électrique (6) et la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2), lesquelles lignes sont fabriquées en un métal précieux, de préférence en or, de préférence avec une pureté de 99,9 %.
  13. Élément chauffant selon la revendication 11 ou 12, pour lequel le chevauchement (16a) entre les lignes de connexion (15) et les pistes conductrices (8, 9) dans la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2) est réalisé en forme de V, en forme de rectangle ou en forme de nervure.
  14. Élément chauffant selon la revendication 13, pour lequel la largeur (b) du chevauchement (16a) entre les lignes de connexion (15) et les pistes conductrices (8, 9) dans la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2) est supérieure à la distance entre la piste conductrice intérieure (8) et la piste conductrice extérieure (9).

15. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications 13 à 14, pour lequel la profondeur du chevauchement (16a) entre les lignes de connexion (15) et les pistes conductrices (8, 9) dans la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2) est supérieure à 100  $\mu\text{m}$  pour un chevauchement linéaire ou en forme de V. 5
16. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications 13 à 15, pour lequel la longueur et la profondeur du chevauchement (16a) entre les lignes de connexion (15) et les pistes conductrices (8, 9) dans la première zone partielle d'extrémité (10) de la structure résistive PTC (2) présentent approximativement un rapport supérieur à 5:1. 10 15
17. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel l'épaisseur (d) de la structure résistive PTC (2), qui est de préférence en platine, est comprise entre 5 et 10  $\mu\text{m}$  au moins dans la première zone partielle (10). 20
18. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel l'épaisseur des lignes de connexion (15), qui sont de préférence en or, est comprise entre 3 et 10  $\mu\text{m}$ . 25
19. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel l'épaisseur des contacts de raccordement (6), qui sont de préférence en argent, est comprise entre 10 et 30  $\mu\text{m}$ . 30
20. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel la température dans la zone de surface définie (3) avec une répartition de température sensiblement uniforme se situe de préférence dans une gamme de température comprise entre 300 °C et 750 °C. 35 40
21. Élément chauffant selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, pour lequel la résistance de la structure résistive PTC (2) est inférieure à 3  $\Omega$ , de préférence inférieure à 1  $\Omega$ , à température ambiante sans tension de chauffage appliquée. 45
22. Dispositif chauffant avec un élément chauffant selon au moins l'une des revendications 1 à 21, 50
- pour lequel il est prévu une source de tension électrique (7) qui alimente la structure résistive PTC (2) en énergie, et
- pour lequel il est prévu une unité de régulation/d'évaluation (17) qui régule la structure résistive PTC (2) à une valeur de température prédéfinie. 55
23. Dispositif chauffant selon la revendication 22, pour lequel la source de tension électrique (7) est une source de tension avec une réserve d'énergie limitée, de préférence une batterie avec une tension inférieure ou égale à 3 V.
24. Dispositif chauffant selon la revendication 22 ou 23, pour lequel une structure résistive (18) est prévue pour déterminer la température et pour chauffer le produit, et pour lequel la structure résistive (18) est appliquée sur une deuxième surface (19) du substrat de support (5), laquelle deuxième surface est opposée à la première surface (4). 5
25. Procédé destiné à la fabrication d'un élément chauffant plan, lequel élément est décrit dans au moins l'une des revendications 1 à 21, lequel procédé comprend les étapes suivantes :
- Revêtement des surfaces (4, 19) du substrat de support (5) avec respectivement une couche de séparation (14)
  - Application de la structure de résistance (2) sur la couche de séparation (14) de la surface (4)
  - Application des lignes de connexion électriques (15)
  - Application des contacts de raccordement (6)
  - Application des couches de passivation (13) dans la zone des deux surfaces (4, 19).
26. Procédé selon la revendication 25, pour lequel on utilise la technique de la couche épaisse ou la technique de la couche mince pour fabriquer l'élément chauffant plan (1).

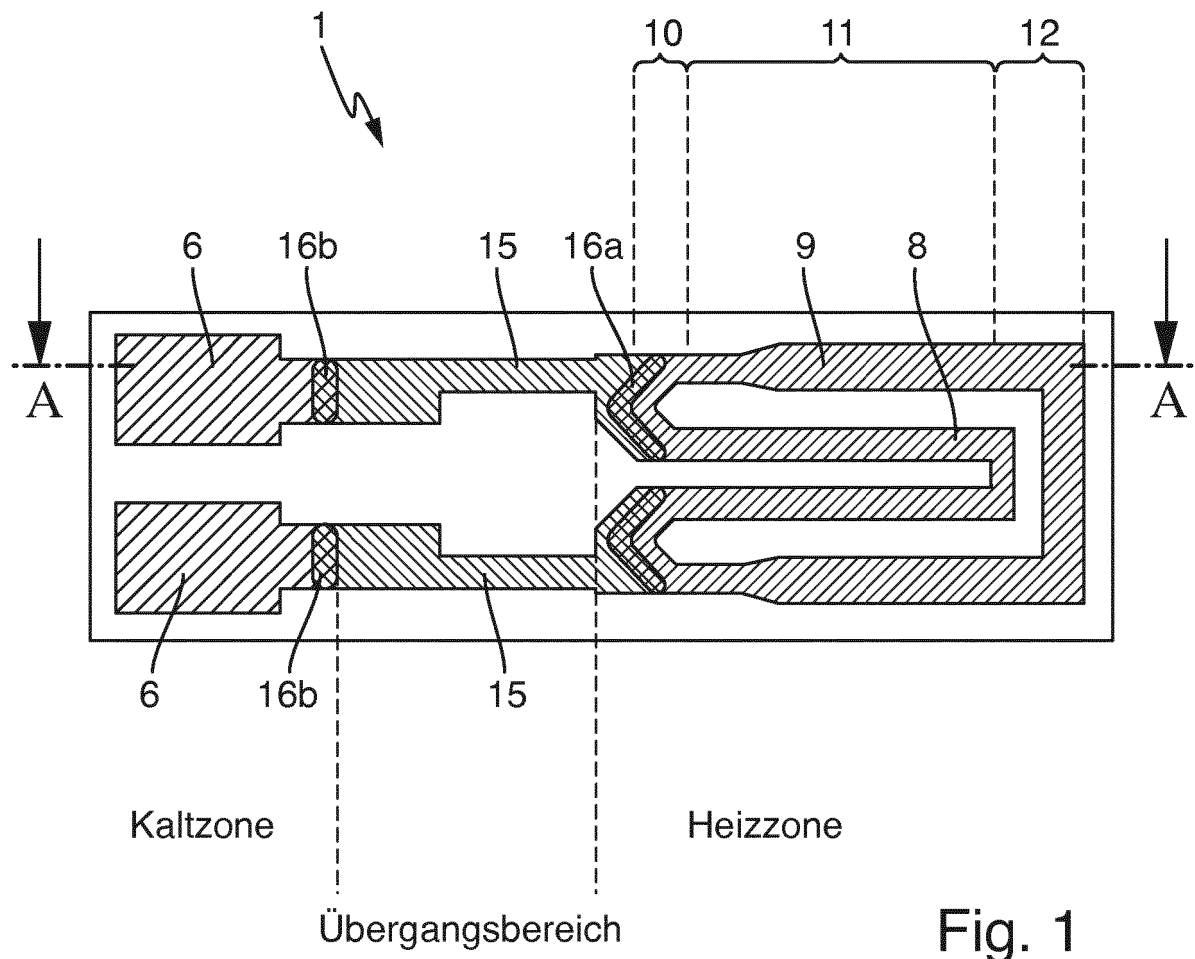


Fig. 1

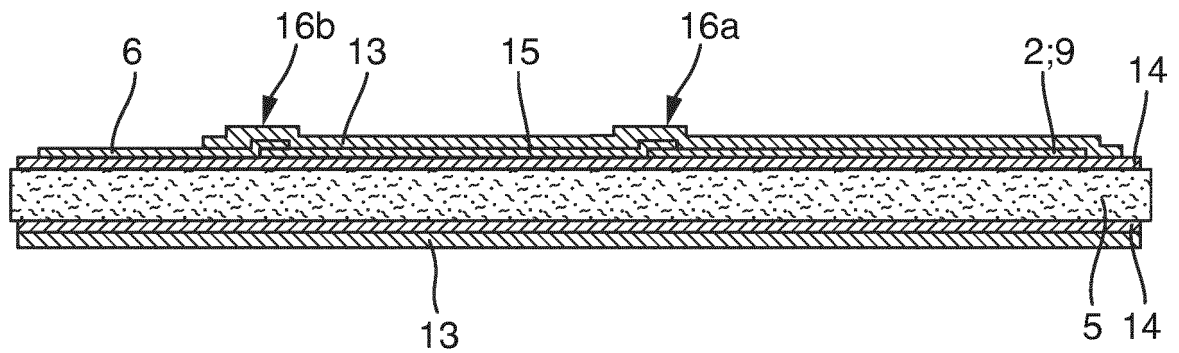


Fig. 1a

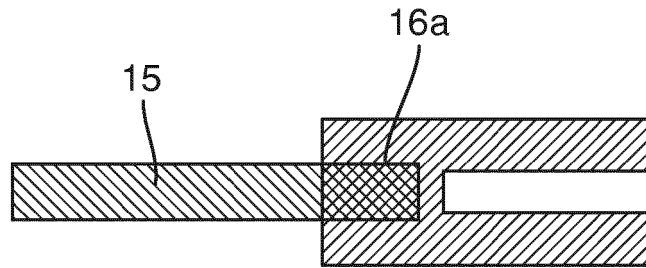


Fig. 2

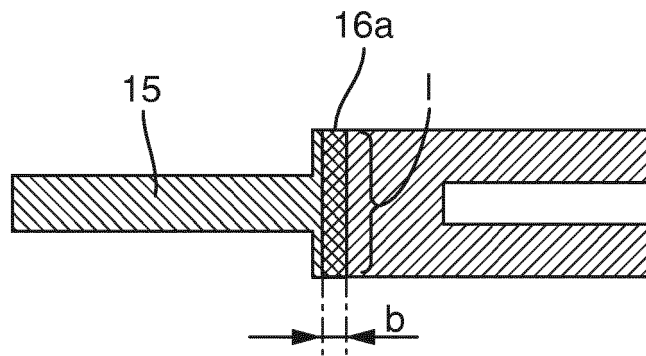


Fig. 3

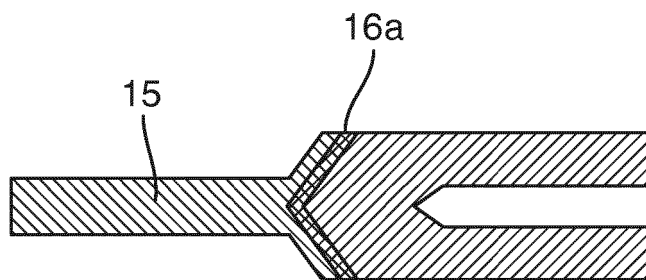


Fig. 4



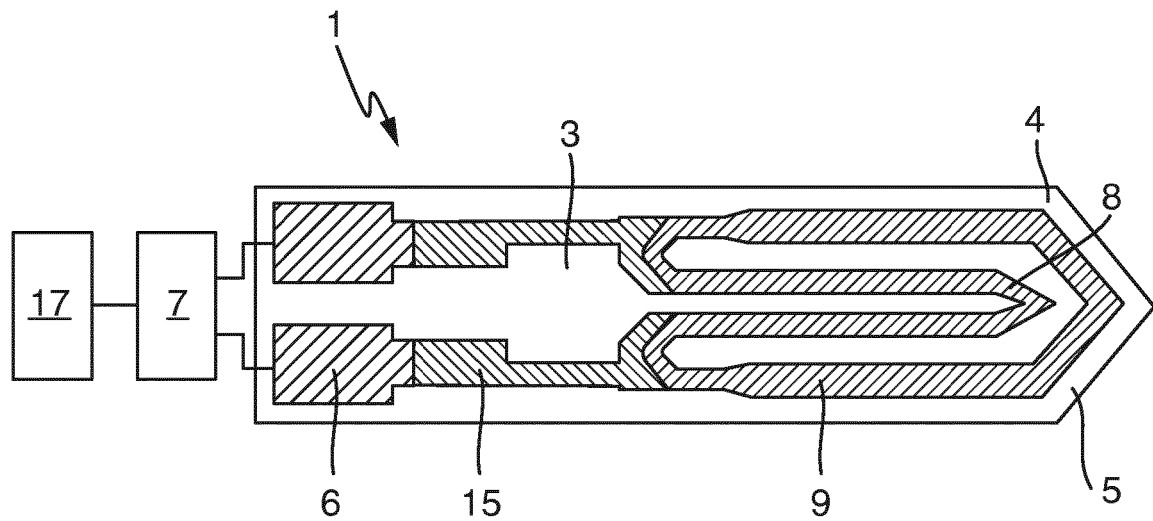


Fig. 5a

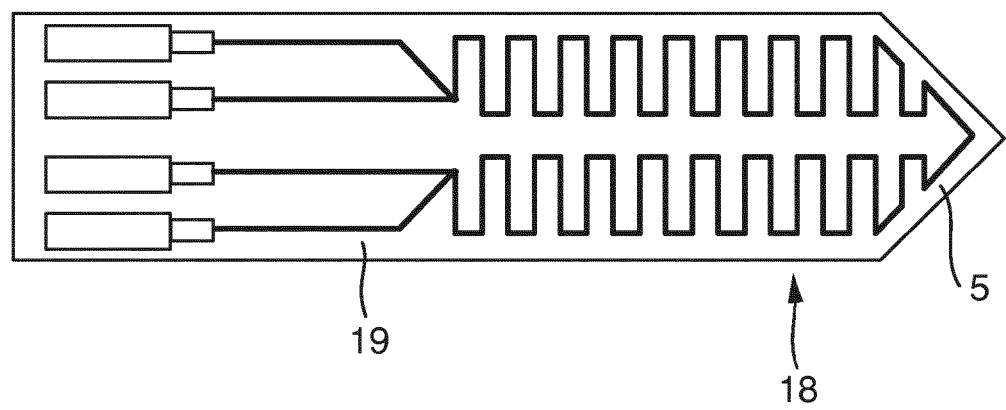


Fig. 5b

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19523301 A1 **[0006]**
- WO 2011078063 A1 **[0007]**
- DE 102005057566 A1 **[0008]**
- US 4970376 A **[0009]**
- EP 1189281 B1 **[0025]**
- EP 1801548 A2 **[0026]**
- WO 2009016013 A1 **[0027]**