



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 026 642 B4** 2010.06.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 026 642.6**

(22) Anmeldetag: **03.06.2008**

(43) Offenlegungstag: **08.04.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.06.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01K 13/00** (2006.01)

A61G 11/00 (2006.01)

A61B 5/01 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Dräger Medical AG & Co. KG, 23558 Lübeck, DE

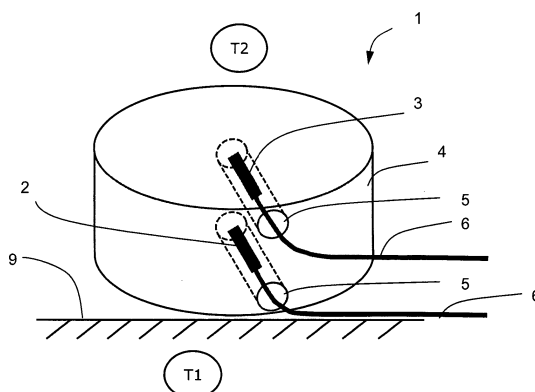
(72) Erfinder:
Sattler, Frank, Dr., 23560 Lübeck, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	100 38 247	C2
US	62 20 750	B1
DE	23 29 164	A
DE	10 2007 002369	B3

(54) Bezeichnung: **Doppeltemperatursensor mit einem Aufnahmeelement**

(57) Hauptanspruch: Doppeltemperatursensor (1) mit einem Aufnahmeelement (8), geeignet zur Erfassung einer Hautoberflächentemperatur und einer Umgebungstemperatur, bestehend aus dem Aufnahmeelement (8) und einem Isolierungsblock (4) mit eingebrachten Temperaturmessfühlern (2, 3), wobei der erste Temperaturmessfühler (2) zur Erfassung einer hautseitigen Temperatur und der zweite Temperaturmessfühler (3) zur Erfassung einer oberseitigen Umgebungstemperatur angeordnet ist, wobei das Aufnahmeelement (8) oder der Isolierungsblock (4) in der Materialstruktur derart ausgebildet sind, dass eine anisotrope Wärmeleitung vorliegt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Doppeltemperatursensor mit einem Aufnahmeelement.

[0002] Doppeltemperatursensoren werden zur Erfassung einer ersten Hautoberflächentemperatur eines Lebewesens und einer zweiten Temperatur einer Umgebung verwendet. In DE10038247C2 sind zwei Temperaturmessfühler in einem geschlossenen Sensorgehäuse im Abstand wärmeisolierend voneinander angeordnet. Aus den zwei Temperaturwerten der zwei Temperaturmessfühler wird unter Verwendung von Wärmebilanzgleichungen die körpernahe Temperatur eines Lebewesens ermittelt. Die Doppeltemperatursensoren solcher Art kommen beispielsweise bei der Steuerung eines Wärmetherapiegerätes für Neugeborene und bei der Erfassung und Überwachung der Körpertemperatur in Atemschutzprodukten zum Einsatz. Die Anbringung der Doppeltemperatursensoren auf der Haut eines Lebewesens, beispielsweise auf dem Kopf eines Feuerwehrmannes oder auf dem Bauch eines neugeborenen Kindes erfolgt mit Hilfe von einseitig klebenden Haftstreifen, wobei der Doppeltemperatursensor mittig unter dem Haftstreifen platziert wird und die Klebeflächen mit der Haut rundherum um den Doppeltemperatursensor klebend verbunden werden. Zusätzlich zur Klebeschicht ist in vielen Fällen eine luftdurchlässige textile Schicht im Haftstreifen angeordnet.

[0003] Nachteilig an einer solchen Klebeverbindung ist es, dass sowohl die mittige Platzierung des Doppeltemperatursensors nicht in jedem Fall sicher gegeben ist, dass aber zusätzlich durch den Klebestreifen eine seitliche Abfuhr von Wärme resultiert. Die seitliche Abfuhr von Wärme beeinflusst die Randbedingungen für die Anwendung der Wärmebilanzgleichungen. Aus der US7299090 ist ein Verfahren zur rechnerischen Kompensation der seitlichen Wärmeströme bekannt.

[0004] Die Anwendung der rechnerischen Kompensation setzt aber eingeschränkte und bekannte Randbedingungen, wie beispielsweise die Kenntnis des Umgebungstemperaturbereiches voraus, die aber nicht in jedem Fall der Anwendung gegeben sind.

[0005] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Doppeltemperatursensor derart weiterzubilden, dass die Wärmeverluste verringert werden.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Erfindungsgemäß besteht ein Doppeltemperatursensor aus einem inneren Isolierungsblock mit einem äußeren Aufnahmeelement, wobei durch die Strukturierung des äußeren Aufnahmeelementes und/oder des inneren Isolierungsblocks eine Anisotropie der Wärmeleitung in der Art erzielt wird, so dass die horizontale Wärmeleitung gering gegenüber der vertikalen Wärmeleitung ist.

[0007] Vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch das Aufnahmeelement bei dem erfindungsgemäßen Doppeltemperatursensor der Fehlereinfluss durch die Inhomogenität der Wärmeströme minimiert werden kann. Es werden zwei Temperaturmessfühler in einem Isolierungsblock zu einem Doppeltemperatursensor so vertikal übereinander angeordnet, dass ein erster Temperaturmessfühler zur Erfassung einer hautseitigen Temperatur, ein zweiter Temperaturmessfühler zur Erfassung einer umgebungsnahen Temperatur ausgebildet ist.

[0009] Der Doppeltemperatursensor ist dabei in ein Aufnahmeelement eingebettet.

[0010] Das Material des Aufnahmeelementes und/oder des Isolierungsblocks weist dabei eine in vertikaler und in horizontaler Ausdehnung unterschiedliche Struktur auf. Dadurch wird gewährleistet, dass die horizontale Wärmeleitung gering gegenüber der vertikalen Wärmeleitung ist. Durch die Einbettung des Doppeltemperatursensors in das erfindungsgemäße Aufnahmeelement wird die Ausbreitung des Wärmeflusses in senkrechter und waagerechter Flussrichtung gesteuert, die Hauptkomponente des Wärmestroms fließt senkrecht von der Hautoberfläche über die Oberfläche des Doppeltemperatursensors zur oberseitigen Umgebung hin und durchfließt dabei im Inneren des Isolierungsblocks zuerst den ersten hautseitigen Temperatursensor und anschließend den zweiten umgebungsseitigen Temperatursensor. Ein weiterer Teil des senkrechten Wärmestromes fließt senkrecht durch das Aufnahmeelement parallel zum Isolierungsblock. Die Anisotropie der Wärmeleitung im Material des Aufnahmeelementes bewirkt, dass die Summe der relativen flächenbezogenen senkrechten Wärmeströme im Aufnahmeelement in gleicher Größenordnung mit dem relativen flächenbezogenen senkrechten Wärmestrom im Isolierungsblock ist und damit der von den zwei Temperatursensoren erfasste Tem-

peraturgradient im Innern des Isolierblocks ebenfalls in gleicher Größenordnung mit dem Temperaturgradienten über dem Aufnahmeelement ist. Die Anisotropie der Wärmeleitung reduziert den Fehlereinfluss des seitlichen Wärmestroms in den Wärmebilanzgleichungen durch eine Verminderung des seitlichen Wärmestroms selbst. Die Anisotropie der Wärmeleitung wird durch die Ausbildung einer Strukturierung des Aufnahmeelements erreicht.

[0011] In bevorzugter Weise kann eine Strukturierung derart erfolgen, dass nach Vorgabe der Abmessungen des Isolierblocks und des Aufnahmeelements unter Einbeziehung des Wärmedurchgangskoeffizienten und der Wärmeleitfähigkeit der Materialien des Isolierblocks und des Basismaterials des Aufnahmeelements eine Anzahl ringförmiger Nuten konzentrisch zum Mittelpunkt des Isolierblocks eingebracht wird, die mit einem Material gefüllt werden, dessen Wärmeleitfähigkeit geringer als diejenige des Basismaterials des Aufnahmeelements ist. Das die Nuten ausfüllende Material kann dabei gasförmig, beispielsweise Luft, aber auch fest, porös oder viskos ausgebildet sein. Die Anzahl und die Dimensionierung der ringförmigen Nuten sind dabei neben den vorgegebenen Abmessungen und Materialeigenschaften vom beabsichtigten Grad der Anisotropie abhängig.

[0012] Die Anisotropie der Wärmeleitung im Aufnahmeelement ist bevorzugt so ausgebildet, dass der horizontale Wärmedurchgangskoeffizient um den Faktor von 2 bis 20 geringer als der vertikale Wärmedurchgangskoeffizient ausgebildet ist.

[0013] Die Anisotropie der Wärmeleitung im Isolierblock ist bevorzugt so ausgebildet, dass der horizontale Wärmedurchgangskoeffizient um den Faktor von 2 bis 20 geringer als der vertikale Wärmedurchgangskoeffizient ausgebildet ist.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Anisotropie der Wärmeleitfähigkeit im Aufnahmeelement durch eine Gruppe von vertikalen Bohrlöchern erreicht, wodurch die horizontale Wärmeleitung gering gegenüber der vertikalen Wärmeleitung ist, da die horizontale Wärmeleitfähigkeit durch die geringere Wärmeleitfähigkeit von Luft im Vergleich zur Wärmeleitfähigkeit des schaumartigen Materials des Aufnahmeelements herabgesetzt wird. Eine unterseitige Haftschrift und eine oberseitige Isolierungsschicht am Aufnahmeelement verhindern dabei eine mögliche Luftbewegung in den Bohrlöchern, welche ansonsten die isolierende Wirkung der Luft beeinträchtigen würde.

[0015] In einer weiteren Gestaltungsvariante sind anstatt der Bohrlöcher mehrere ringförmige Nuten radial-symmetrisch in das Aufnahmeelement eingebracht. Als Gestaltungsvarianten der Nuten können dabei ununterbrochene konzentrische Kreise im Aufnahmeelement eingebracht sein, eine weitere Variante ist eine Kombination aus Nuten und Stützstreben. Die Stützstreben sind dabei bevorzugt aus dem Material des Aufnahmeelements ausgebildet, wobei die Stützstreben als zusätzliche Elemente in das Aufnahmeelement eingebracht sind oder auch als Teile des Aufnahmeelements selbst ausgeprägt sein können.

[0016] Eine Anzahl konzentrischer Nuten sind dabei mit den Stützstreben in vorteilhafter Weise so versetzt im Aufnahmeelement angeordnet, dass der horizontale Wärmestrom vom Isolierblock weg nicht in direkter und geradliniger Richtung entlang der Stützstreben vom Zentrum der Isolierblocks hin zum Rand des Aufnahmeelements abfließen kann. Damit wird eine flächenmäßig weitgehend homogene Verteilung des horizontalen Wärmestroms im Aufnahmeelement erreicht.

[0017] Die Bohrlöcher oder die ringförmigen Nuten sind bevorzugt mit einem Material ausgefüllt, dessen Wärmeleitfähigkeit geringer ist als die Wärmeleitfähigkeit des Aufnahmeelements. Das ausfüllende Material in den Bohrlöchern oder Nuten ist dabei durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich zwischen 0,01 W/mK und 0,1 W/mK gekennzeichnet. Das ausfüllende Material kann dabei gasförmig, beispielsweise mit Luft, aber auch fest, porös oder viskos ausgebildet sein.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform können mindestens zwei unterschiedliche Materialien zum Ausfüllung der Nuten oder Bohrlöcher verwendet werden. Damit ist eine Gestaltung des Aufnahmeelements hinsichtlich der Festigkeit und Flexibilität möglich. Wenn die Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Füllmaterialien voneinander verschieden sind, so kann die Anisotropie der Wärmeleitung dadurch ebenfalls gestaltet werden.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Aufnahmeelement aus einem Material ausgeführt, welches durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich zwischen 0,05 W/mK und 0,3 W/mK gekennzeichnet ist. Ein bevorzugtes Material für das Aufnahmeelement ist Polyethylen (PE), weitere Materialvarianten für das

Aufnahmeelement sind Polyetheretherketon (PEEK), Polymethylmethacrylat (PMMA), geschlossenporige, poröse oder schaumartige Isolierwerkstoffe, wie Silikone, Gummi oder gummierte Schäume.

[0020] In einer weiter bevorzugten Ausführung ist der Isolierungsblock aus einem Material ausgeführt, welches durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich zwischen 0,05 W/mK und 0,3 W/mK gekennzeichnet ist. Ein bevorzugtes Material für den Isolierungsblock ist Polyetheretherketon (PEEK), weitere Materialvarianten sind Polyethylen (PE), Polymethylmethacrylat (PMMA), Polycarbonat (PC) oder Polysulfon (PSU).

[0021] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen 1 bis 8 schematisch dargestellt und wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

[0022] Dabei zeigen:

[0023] [Fig. 1](#) einen Doppeltemperatursensor nach dem Stand der Technik in zylindrischer Ausführung in perspektivischer Ansicht,

[0024] [Fig. 2](#) den Doppeltemperatursensor nach [Fig. 1](#) mit einem strukturierten Aufnahmeelement in einer Halbschnittdarstellung

[0025] [Fig. 3](#) einen Querschnitt durch den Doppeltemperatursensor und das Aufnahmeelement mit einer zusätzlichen Isolierungsschicht und einer Haftschiicht

[0026] [Fig. 4](#) eine Draufsicht der Anordnung nach [Fig. 2](#)

[0027] [Fig. 5](#) eine Variante nach [Fig. 4](#) mit einer besonderen Bohrlochanordnung

[0028] [Fig. 6](#) eine Variante nach [Fig. 4](#) mit einer Anordnung konzentrisch eingebrachter Nuten

[0029] [Fig. 7](#) eine Ausführungsvariante nach [Fig. 6](#) mit einer Anordnung von Stützstreben

[0030] [Fig. 8](#) eine Ausführungsvariante nach [Fig. 7](#) mit einer alternativen Anordnung von Stützstreben

[0031] In [Fig. 1](#) ist ein Doppeltemperatursensor **1** nach dem Stand der Technik in zylindrischer Ausführung in einer perspektivischen Ansicht dargestellt. Der Doppeltemperatursensor **1** weist einen als Gehäuse ausgeformten Isolierungsblock **4** auf. Zwei Temperaturmessfühler **2**, **3** sind in dem Isolierungsblock **4** vertikal übereinander jeweils oberflächennah eingebracht, sodass der erste Temperaturmessfühler **2** die hautseitige Temperatur T1 und der zweite Temperaturfühler **3** die umgebungsseitige Temperatur T2 sensorisch erfasst. Das Isolationsmaterial des Isolierungsblockes **4** ist gekennzeichnet durch eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,05 W/mK und 0,3 W/mK. Die elektrischen Verbindungen **6** der Temperaturmessfühler **2**, **3** werden aus dem Isolierungsblock **4** heraus an das Aufnahmeelement **8** ([Fig. 2](#)) geführt und können geradlinig, spiral-, kreis-, mäander-, zickzack-, sternförmig oder in Form eines Polygons unterseitig in dem Aufnahmeelement **8** nach außen geführt sein. Dabei sind die elektrischen Verbindungen **6** vorzugsweise in einer dafür vorgesehenen Schlitzung im Aufnahmeelement **8** eingebettet. Die Temperaturmessfühler **2**, **3** sind vorzugsweise baugleiche, temperaturabhängige, resistive Elemente, wie NTC- oder PTC-Elemente, beispielsweise Platintemperaturmessfühler.

[0032] Von einem ersten Temperatursensor **2** wird eine der Hautoberfläche **9** proportionale Temperatur T1, von einem zweiten Temperatursensor **3** wird eine der Umgebungsluft proportionale Temperatur T2 erfasst.

[0033] Zu einer Verwendung des Doppeltemperatursensors **1** zur Messung einer körpernahen Temperatur an einem Menschen ist die unterseitige Oberfläche des Isolierblocks **4**, welche zur Adaption an die Hautoberfläche **9** bestimmt ist, für eine optimale Wärmeübertragung der Hauttemperatur an das Temperatursensorelement **2** vorzugsweise zur Hautoberfläche hin gewölbt ausgeformt.

[0034] In [Fig. 2](#) ist in einem perspektivischen Halbschnitt eine erste Anordnung **11** eines Doppeltemperatursensors mit einem Isolierungsblock **4** und einem Aufnahmeelement **8** dargestellt, welches den Isolierungsblock **4** in radialer Richtung umgibt. Das Aufnahmeelement **8** dient der seitlichen Temperaturisolation. Hierbei kann das Material des Aufnahmeelements **8** entsprechend der Anwendung des Doppeltemperatursensors **1** verschieden vom Material des Isolierungsblocks **4** ausgeführt sein, beispielsweise aus einem porösen oder schaumartigen Werkstoff. Die Temperaturmessfühler im Isolierungsblock **4** und die elektrischen Verbindungen, sowie die Hautoberfläche sind in der [Fig. 2](#) nicht mit dargestellt.

[0035] Mindestens einer der Wärmeleitfähigkeiten der Materialien des Aufnahmeelementes **8** und des Isolierungsblockes **4** weisen dabei eine Anisotropie zwischen vertikaler und horizontaler Richtung auf, wobei die Anisotropie so ausgebildet ist, dass die horizontale Wärmeleitung gering gegenüber der vertikalen Wärmeleitung ist. Die Anisotropie der Wärmeleitung im Aufnahmeelement wird durch eine Gruppe von Bohrlöchern **10** bewirkt, die konzentrisch um den Isolierungsblock angeordnet sind.

[0036] In einer in [Fig. 3](#) dargestellten Ausführung ist eine zweite Anordnung **12** eines Doppeltemperatursensors mit einem Isolierungsblock **4**, einem Aufnahmeelement **8**, einer Isolierungsschicht **7** und einer Haftschrift **5** als erweiterte Variante der ersten Anordnung **11** im Querschnitt gezeigt.

[0037] Gegenüber der Ausführung der ersten Anordnung **11** nach [Fig. 2](#) wird in der zweiten Anordnung **12** die der Hautoberfläche **9** abgewandte obere Seite des Aufnahmeelementes **8** zusätzlich mit einer dünnen Isolierungsschicht **7** versehen, um bei einem plötzlichen Temperaturwechsel ein Überschwingen der Messsignale zu verhindern. Unterseitig ist ringförmig eine Haftschrift **5** an dem Aufnahmeelement **8** angebracht, welche die Anbringung der zweiten Anordnung **12** eines Doppeltemperatursensors an die Hautoberfläche **9** ermöglicht. Weiterhin ist in [Fig. 3](#) eine Gruppe von mit Luft gefüllten Bohrlöchern **10** gezeigt, durch die die Anisotropie der Wärmeleitfähigkeit so gestaltet wird, dass die horizontale Wärmeleitung gering gegenüber der vertikalen Wärmeleitung ist, da die insgesamt wirkende horizontale Wärmeleitfähigkeit durch die geringere Wärmeleitfähigkeit von Luft im Vergleich zur Wärmeleitfähigkeit des Aufnahmeelementes **8** aus schaumartigen Material herabgesetzt wird. Eine unterseitige Haftschrift **5** und eine oberseitige Isolierungsschicht **7** am Aufnahmeelement **8** decken die Bohrlöcher **10** beidseitig ab und verhindern dadurch einerseits eine mögliche Luftbewegung in den Bohrlöchern **10**, andererseits dient die Haftschrift **5** zur Befestigung der Anordnung aus Isolierungsblock **4** und Aufnahmeelement **8** an der Hautoberfläche **9**, sowie die Isolierungsschicht **7** als Schutz vor einem Überschwingen des Messsignals bei einem plötzlichen Temperaturwechsel.

[0038] In [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht einer Anordnung **11** nach [Fig. 2](#) gezeigt, eine Gruppe von **12** Bohrlöchern **10** ist dabei radialsymmetrisch um den Isolierblock **4** angeordnet. Die Anzahl von zwölf Bohrlöchern auf einem einzigen konzentrischen Kreis, sowie der Abstand des konzentrischen Kreises zum äußeren Rand des Aufnahmeelementes **8** ist beispielhaft, bedingt durch die Abmessungen des Aufnahmeelementes **8** und die Bohrl Lochdurchmesser ist die Anzahl der konzentrischen Kreise bis in einen Bereich von zwanzig Kreisen und die Anzahl von Bohrlöchern bis in einen Bereich von insgesamt einigen Hundert an Bohrlöchern im Aufnahmeelement **8** umsetzbar.

[0039] In [Fig. 5](#) ist eine besondere Variante der Anordnung **11** nach [Fig. 4](#) der Gruppen von Bohrlöchern **10** in einer Draufsicht gezeigt. Die Bohrlöcher sind dabei in mehreren Teilgruppen radialsymmetrisch um den Isolierungsblock **4** angeordnet, wobei beispielhaft zwei Teilgruppen im geringen Abstand jeweils um einen Bohrl Lochdurchmesser radial zueinander versetzt angeordnet sind. Diese Anordnung ergibt bei einer großen Anzahl von nahe beieinander liegenden Bohrlöchern eine größtmögliche verbleibende Stabilität des Aufnahmeelementes **8**.

[0040] In [Fig. 6](#) ist in einer Draufsicht eine alternative Variante einer Anordnung **11** nach [Fig. 4](#) gezeigt, wo anstatt der Bohrlöcher mehrere konzentrisch angebrachte ringförmige Nuten **20** radialsymmetrisch um den Isolierungsblock **4** angeordnet sind. Die ringförmigen Nuten **20** sind dabei mit einem Material ausgefüllt, dessen Wärmeleitfähigkeit geringer ist als die Wärmeleitfähigkeit des Aufnahmeelementes **8**. Das Material kann dabei Luft sein. Beispielhaft ist eine Anzahl von zwei Nuten **20** gezeigt, wobei eine Nut **20** direkt am Isolierungsblock **4** und eine weitere Nut **20** nahe am äußeren Umfang des Aufnahmeelementes **8** angeordnet ist.

[0041] Bedingt durch die Abmessungen des Aufnahmeelementes **8** und die Nutbreiten ist aber auch eine größere Anzahl von Nuten umsetzbar.

[0042] Die Anisotropie der Wärmeleitung wird durch die Strukturierung des Aufnahmeelementes **8** mit eingebrachten Nuten **20** erreicht. Eine beispielhafte Vorgehensweise zur Ermittlung der Dimensionierung der Strukturierung ist dabei durch den Ablauf folgender Schritte gekennzeichnet:
Zuerst wird ein Zielbereich des Faktors der Anisotropie festgelegt.

[0043] Der Faktor der Anisotropie beschreibt das Verhältnis des senkrechten Wärmedurchgangskoeffizienten zum waagerechten Wärmedurchgangskoeffizienten im Aufnahmeelement **8**. Für dies Beispiel soll der Faktor in einem Bereich von 8 bis 12 liegen.

[0044] Auf Basis der Abmessungen des Isolierblocks **4**, werden die Abmessungen des Aufnahmeelementes

8 festgelegt, wie Aufnahmeelementhöhe h_e , innerer Durchmesser d_i und äußerer Durchmesser d_e .

[0045] Unter Einbeziehung des Wärmedurchgangskoeffizienten k_s des Isolierungsblocks **4** und der Wärmeleitfähigkeiten λ_e , λ_l des Aufnahmeelementes **8** und des in die Nuten eingefüllten Materials sind die äußeren Randbedingungen vorgegeben, wie die nachfolgende Strukturierung der Nuten **20** erfolgen kann. Als weitere Bedingung wird die Anzahl der ringförmigen Nuten vorgegeben, sowie, dass die Nuten mit gleicher Breite ausgeführt sein sollen.

[0046] Aus der Lage der Nuten und der Breite der Nuten ergeben sich die Nutkreisdurchmesser d_1 , d_2 , d_3 .

[0047] Das nachfolgende Zahlenbeispiel ist auf eine Umsetzung mit homogenem Polyethylen (PE) als Basismaterial des Aufnahmeelementes **8** ausgelegt.

[0048] Die Nuten werden mit Luft gefüllt. Die Abmessungen sind wie folgt: $h_e = 6$ mm; $d_i = 10$ mm; $d_1 = 12,82$ mm; $d_2 = 23,18$ mm, $d_3 = 26$ mm; $d_4 = 28$ mm; $d_e = 30$ mm.

[0049] Die wärmespezifische Materialeigenschaft ist in diesem Beispiel im Fall von PMMA für den Isolierungsblock **4** wie folgt gegeben: $k_s = 50$ W/m²K.

[0050] Für den vertikalen Wärmedurchgangskoeffizienten k_v des Aufnahmeelementes **8** wird zur Erreichung gleicher flächenbezogener senkrechter Wärmeströme von der Körperoberfläche zur Umgebung ebenfalls ein Wert für $k_v = 50$ W/m²K gewählt.

[0051] Auf Basis der zylindrischen Geometrie des Aufnahmeelementes **8** (h_e , d_e , d_i) und dem gewählten senkrechten Wärmedurchgangskoeffizienten $k_v = 50$ W/m²K des Aufnahmeelementes **8** wird im nächsten Schritt mit Hilfe der Formel 1 ein Wert für den horizontalen Wärmedurchgangskoeffizienten k_l eines unstrukturierten Aufnahmeelementes ermittelt.

$$k_l = \frac{2 \cdot k_v \cdot h_e}{d_e \cdot \ln \frac{d_e}{d_i}} \quad \text{Formel 1}$$

[0052] In diesem Beispiel ergibt sich ein Wert für den horizontalen Wärmedurchgangskoeffizienten k_l von 18.2 W/m²K.

[0053] Aus den Nutkreisdurchmessern d_1 , d_2 , d_3 , innerem Durchmesser d_i und äußerem Durchmesser d_e , in Verbindung mit den Wärmeleitfähigkeiten $\lambda_e = 0,4$ W/mK des Aufnahmeelements, $\lambda_l = 0,026$ W/mK für ruhende Luft als Füllmaterial für die Nuten kann mit Hilfe von Formel 2 dann der veränderte horizontale Wärmedurchgangskoeffizienten k_{l_s} des strukturierten Aufnahmeelementes **8** ermittelt werden.

$$k_{l_s} = \frac{1}{d_e} \cdot \frac{1}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_l} \cdot \ln \frac{d_1}{d_i} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_e} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_l} \cdot \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_e} \cdot \ln \frac{d_e}{d_3}} \quad \text{Formel 2}$$

[0054] In diesem Beispiel ergibt sich bei einem k_v von 50 W/m²K ein k_{l_s} von 4.31 W/m²K für das strukturierte Aufnahmeelement **8**. Daraus ergibt sich ein Faktor der Anisotropie von 11,6 zwischen dem vertikalen Wärmedurchgangskoeffizienten k_v und dem horizontalen, durch Strukturierung veränderten Wärmedurchgangskoeffizienten k_{l_s} . Durch eine Variation der Anzahl und der Dimensionierung der ringförmigen Nuten und der verwendeten Materialien ist der Grad der Anisotropie einstellbar. Eine weitere Möglichkeit zur Gestaltung des Faktors der Anisotropie ist die Verwendung von mindestens zwei unterschiedlichen Füllmaterialien für die Nuten. Im Beispiel sind dann entsprechend in Formel 2 die Werte für die Wärmeleitfähigkeiten λ der unterschiedlichen Füllmaterialien einzusetzen.

[0055] Die durch die Anwendung gegebenen Randbedingungen und die für die Anwendung geeigneten Materialien (PEEK, PE, PMMA, PC, PSU) und deren Kombinationen ergeben dabei eine Vielfaltigkeit der Kombinationen.

[0056] Nach Vergleich mit dem beabsichtigten Zielbereich des Anisotropie-Faktors wird dann in iterativen Schritten durch leichte Veränderung der Geometriedaten d_1 , d_2 , d_3 eine für die Herstellung praktikable Vari-

ante im Zielbereich des Anisotropie-Faktors ausgewählt. Der Wert des Faktors der Anisotropie liegt mit 11,6 dabei in diesem Beispiel im Zielbereich der Vorgabe, sodass weitere Iterationsschritte bezüglich Nutbreite und Nut-Anzahl nicht erforderlich sind.

[0057] In [Fig. 7](#) ist eine Variante einer Anordnung **11** nach [Fig. 6](#) als Draufsicht dargestellt, wobei die Nuten **20** unterbrochen sind und somit Stützstreben **22** im Aufnahmeelement **8** entstehen. Damit wird das Aufnahmeelement in der Struktur erhalten, mit dem Vorteil, dass keine ober- und unterseitige Schicht zur mechanischen Stabilisierung notwendig ist. Die Dimensionierung der Stärke von Isolierungsschicht ([Fig. 3](#)) und der Haftschiicht ([Fig. 3](#)) ist somit unabhängig von der Struktur des Aufnahmeelementes **8** und mechanischen Anforderungen.

[0058] Beispielhaft ist eine Anzahl von zwei Nuten **20** gezeigt, wobei beide Nuten in einem Abstand voneinander und im Abstand zum Isolierungsblock **4** und dem äußeren Umfang des Aufnahmeelementes **8** angeordnet sind. Beispielhaft ist eine Anzahl von drei Stützstreben **22** gezeigt. Bedingt durch die Abmessungen des Aufnahmeelementes **8** und die Nutbreiten, die Anzahl von Nuten, die Breite der Stützstreben und die Anforderungen an die Stabilität und Flexibilität des Aufnahmeelementes kann in der Anwendung eine größere Anzahl von Stützstreben **22** erforderlich sein. Die Berechnung des horizontalen Wärmedurchgangskoeffizienten dieser Variante basiert im Prinzip auf den zu [Fig. 6](#) dargelegten Formeln, allerdings ist die Geometrie der Stützstreben **22** dabei in die Formel 2 mit einzubeziehen.

[0059] In [Fig. 8](#) ist eine Variante einer Anordnung **11** nach [Fig. 7](#) als Draufsicht dargestellt, dabei sind die verbleibenden Stützstreben **22** so in vorteilhafter Weise versetzt im Aufnahmeelement **8** angeordnet, dass kein horizontaler Wärmestrom vom Isolierungsblock **4** in direkter und geradliniger Richtung entlang der Stützstreben vom Zentrum der Isoierblocks **4** zum Rand des Aufnahmeelements **8** an die Umgebung abfließen kann. Damit wird trotz der Stützstreben **22** eine weitgehend homogene Verteilung des horizontalen Wärmestroms erreicht. Beispielhaft ist eine Anzahl von insgesamt sechs, sternförmig versetzt angeordneten Stützstreben **22** gezeigt. Andere Anordnungen der Versetzung und der Anzahl von Stützstreben **22** sind möglich.

Bezugszeichenliste

1	Doppeltemperatursensor
2	erster Temperaturmessfühler
3	zweiter Temperaturmessfühler
4	Isolierungsblock
5	Haftschiicht
6	elektrische Verbindungen
7	Isolierungsschicht
8	Aufnahmeelement
9	Hautoberfläche
10	Gruppe vertikaler Bohrlöcher
11	erste Anordnung eines Doppeltemperatursensors
12	zweite Anordnung eines Doppeltemperatursensors
20	Nuten
22	Stützstreben
he	Aufnahmeelementhöhe
di	innerer Durchmesser
de	äußerer Durchmesser
d1, d2, d3	Nutkreisdurchmesser

Patentansprüche

1. Doppeltemperatursensor (**1**) mit einem Aufnahmeelement (**8**), geeignet zur Erfassung einer Hautoberflächentemperatur und einer Umgebungstemperatur, bestehend aus dem Aufnahmeelement (**8**) und einem Isolierungsblock (**4**) mit eingebrachten Temperaturmessfühlern (**2, 3**), wobei der erste Temperaturmessfühler (**2**) zur Erfassung einer hautseitigen Temperatur und der zweite Temperaturmessfühler (**3**) zur Erfassung einer oberseitigen Umgebungstemperatur angeordnet ist, wobei das Aufnahmeelement (**8**) oder der Isolierungsblock (**4**) in der Materialstruktur derart ausgebildet sind, dass eine anisotrope Wärmeleitung vorliegt.

2. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 1, wobei die Anisotropie der Wärmeleitung so ausgebildet ist, dass die horizontale Wärmeleitung kleiner als die vertikale Wärmeleitung ist.

3. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 2, wobei die Anisotropie der Wärmeleitung im Aufnahmeelement **(8)** so ausgebildet ist, dass der horizontale Wärmedurchgangskoeffizient um den Faktor von 2 bis 20 geringer als der vertikale Wärmedurchgangskoeffizient ausgebildet ist.
4. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 2, wobei die Anisotropie der Wärmeleitung im Isolierungsblock **(4)** so ausgebildet ist, dass der horizontale Wärmedurchgangskoeffizient um den Faktor von 2 bis 20 geringer als der vertikale Wärmedurchgangskoeffizient ausgebildet ist.
5. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 1, wobei die Anisotropie der Wärmeleitung im Aufnahmeelement **(8)** durch eine Gruppe von vertikalen Bohrlöchern im Aufnahmeelement **(8)** erreicht wird.
6. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 1, wobei die Anisotropie der Wärmeleitung im Aufnahmeelement **(8)** durch vertikale Nuten **(20)** im Aufnahmeelement **(8)** erreicht wird.
7. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 6, wobei die Nuten **(20)** über Stützstreben **(22)** mit dem Aufnahmeelement **(8)** verbunden sind.
8. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 7, wobei die Nuten **(20)** mit den Stützstreben **(22)** in einer versetzten Anordnung im Aufnahmeelement **(8)** angeordnet sind, so dass der horizontale vom Isolierungsblock **(4)** fließende Wärmestrom nicht in direkter und geradliniger Form entlang der Stützstreben **(22)** abfließen kann.
9. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 7, wobei die Stützstreben **(22)** als Bestandteile des Aufnahmeelementes **(8)** ausgeprägt sind.
10. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 7, wobei die Stützstreben **(22)** als zusätzliche Elemente in das Aufnahmeelement **(8)** eingebracht sind.
11. Doppeltemperatursensor nach einem der Ansprüche 5–10, wobei die Bohrlöcher **(10)** oder die Nuten **(22)** mit einem Material ausgefüllt sind, dessen Wärmeleitfähigkeit geringer als die Wärmeleitfähigkeit des Aufnahmeelementes ist.
12. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei von dem ersten Temperaturelement **(2)** eine der Hautoberfläche **(9)** proportionale Temperatur und von dem zweiten Temperaturelement **(3)** eine der Umgebungsluft proportionale Temperatur erfasst wird.
13. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Material des Aufnahmeelementes **(8)** eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,05 W/mK und 0,3 W/mK aufweist.
14. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 13, wobei das Material des Aufnahmeelementes **(8)** aus einem Polyethylen (PE) ausgebildet ist.
15. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Isolationsmaterial des Isolierungsblocks **(4)** eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 0,05 W/mK und 0,3 W/mK aufweist.
16. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 15, wobei das Material des Isolierungsblocks **(4)** aus einem Polyetheretherketon (PEEK) ausgebildet ist.
17. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 5 oder 6, wobei das Material der Bohrlöcher **(10)** oder Nuten **(20)** eine geringere Wärmeleitfähigkeit als das Material des Aufnahmeelementes **(8)** im Bereich zwischen 0,01 W/mK und 0,1 W/mK aufweist.
18. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 5 oder 6, wobei mindestens zwei Materialien zur Füllung der Nuten **(20)** oder Bohrlöcher **(10)** verwendet werden.
19. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Verbindungen **(6)** der Temperaturmessfühler **(2, 3)** geradlinig, spiral-, kreis-, mäander-, zickzack-, sternförmig oder in Form eines Polygons unterseitig in dem Aufnahmeelement **(8)** angeordnet sind.
20. Doppeltemperatursensor nach Anspruch 19, wobei die elektrischen Verbindungen **(6)** in einer Schlitzeinbettung im Aufnahmeelement **(8)** eingebettet sind.

21. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturmessfühler (2, 3) temperaturabhängige elektrische Widerstandselemente sind.

22. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperaturmessfühler (2, 3) baugleich sind.

23. Doppeltemperatursensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die unterseitige Oberfläche des Isolierblocks 4 zur Hautoberfläche 9 hin gewölbt ausgeformt ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

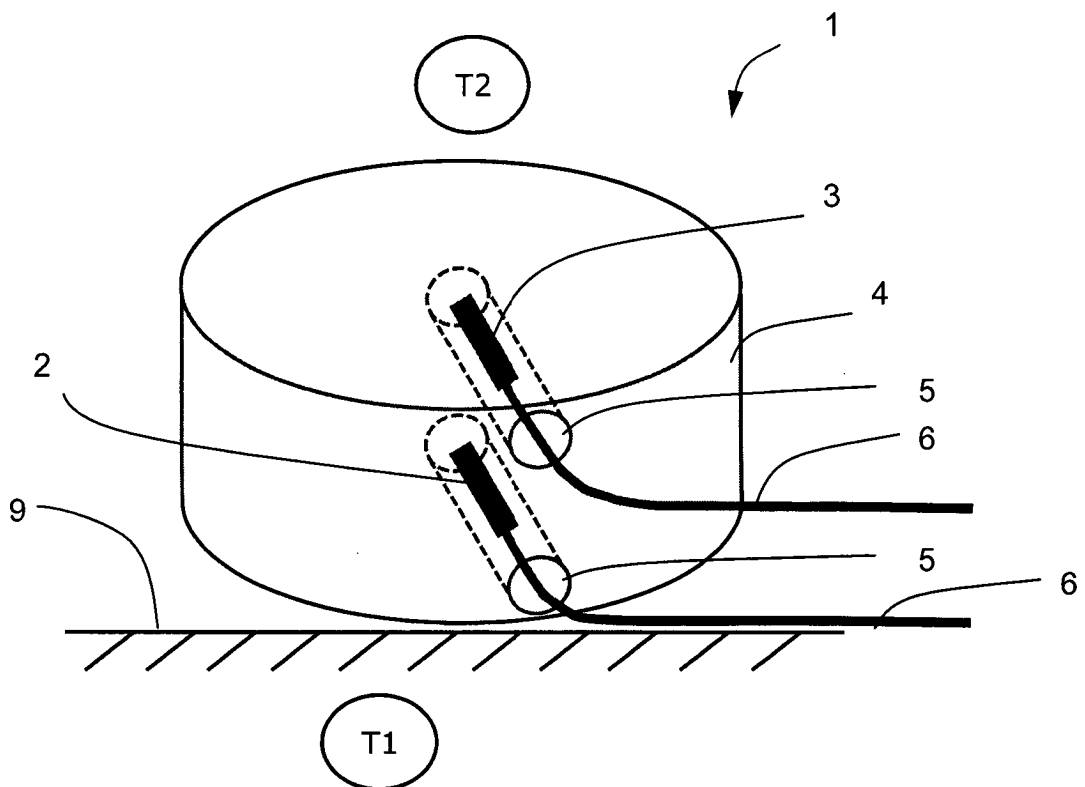


Fig. 1

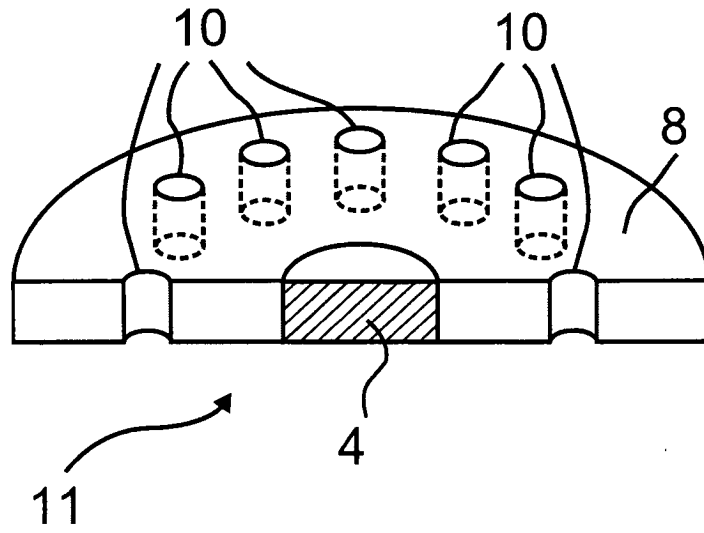


Fig. 2

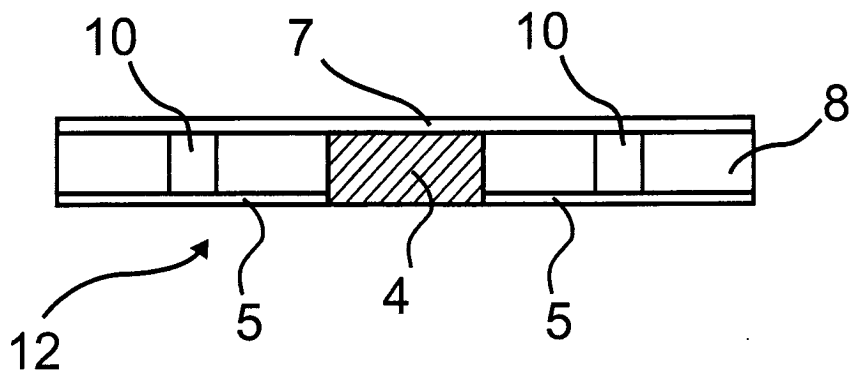


Fig. 3

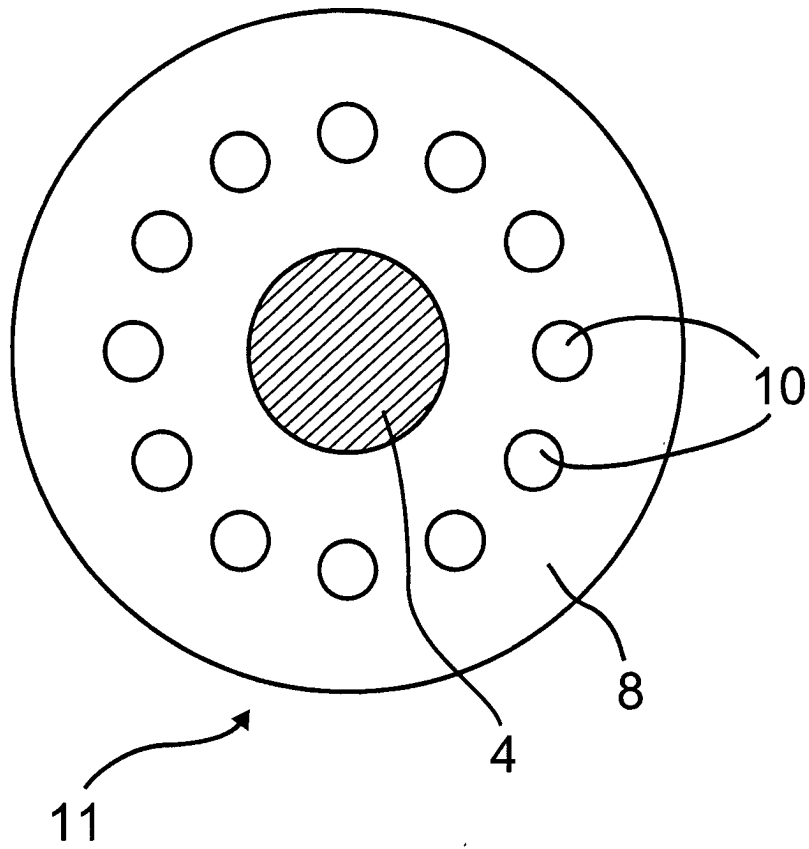


Fig. 4

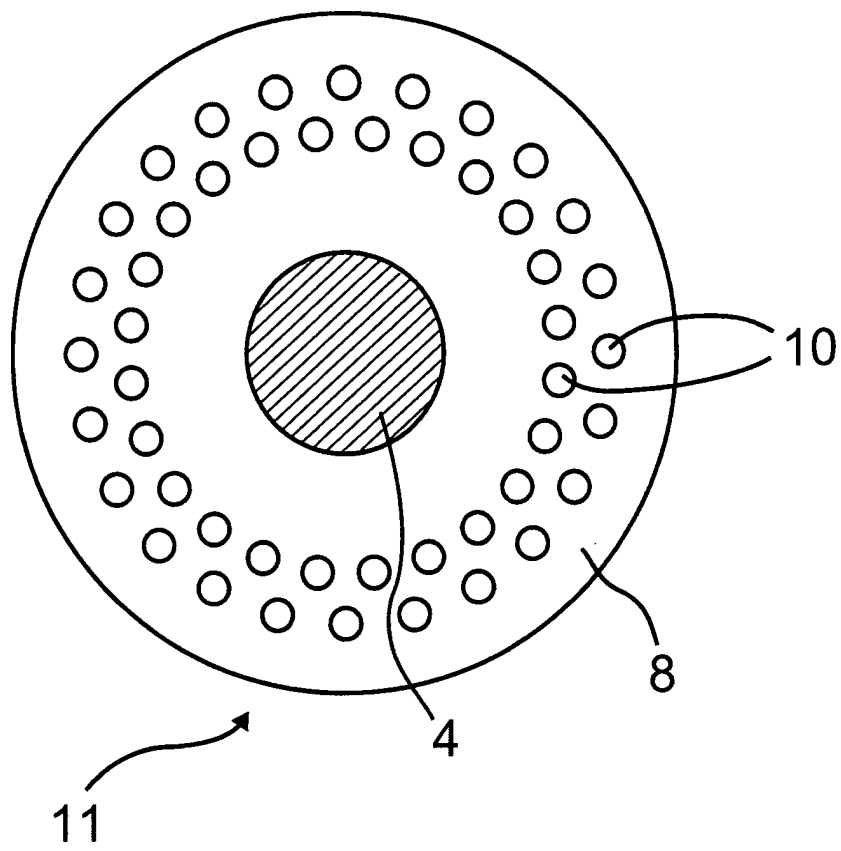


Fig. 5

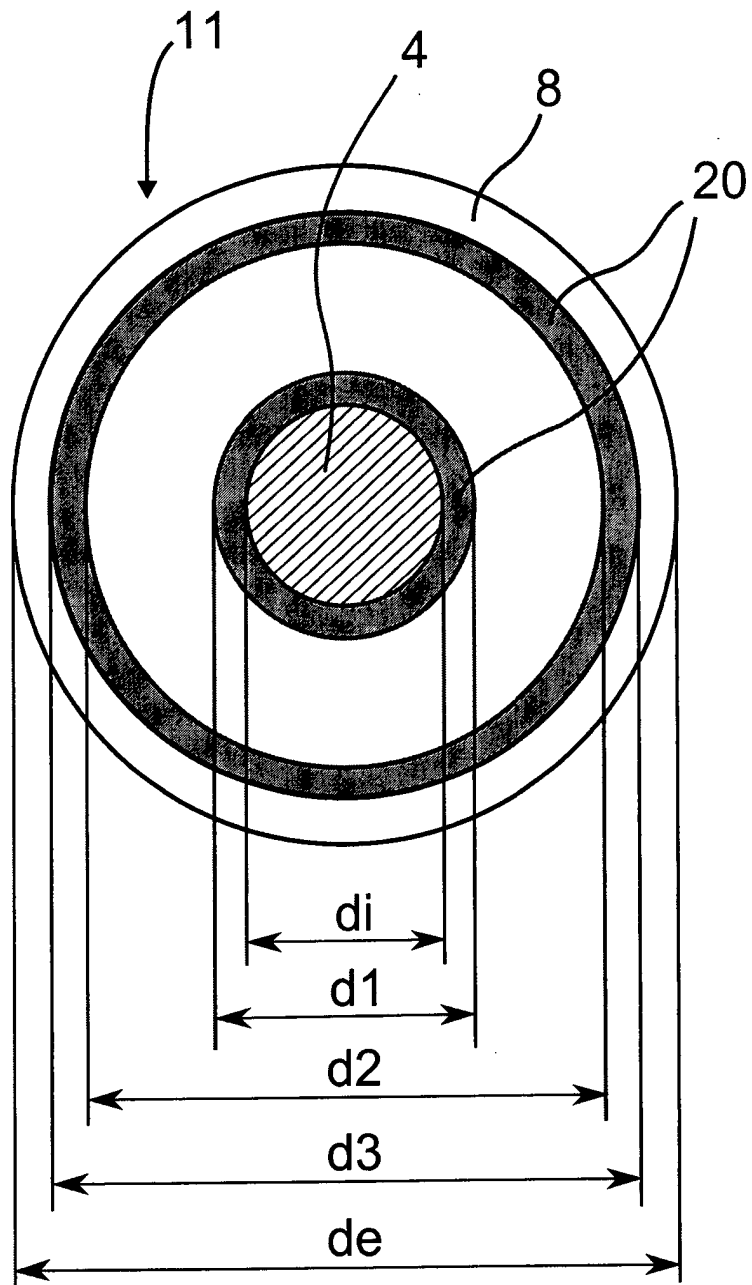


Fig. 6

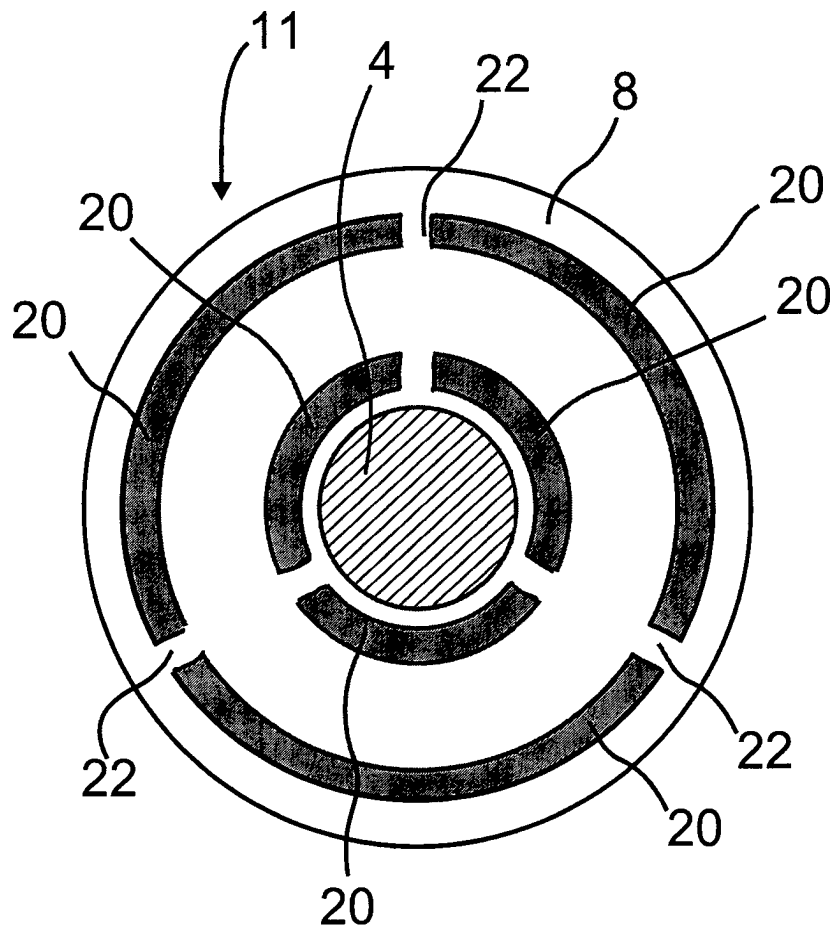


Fig. 7

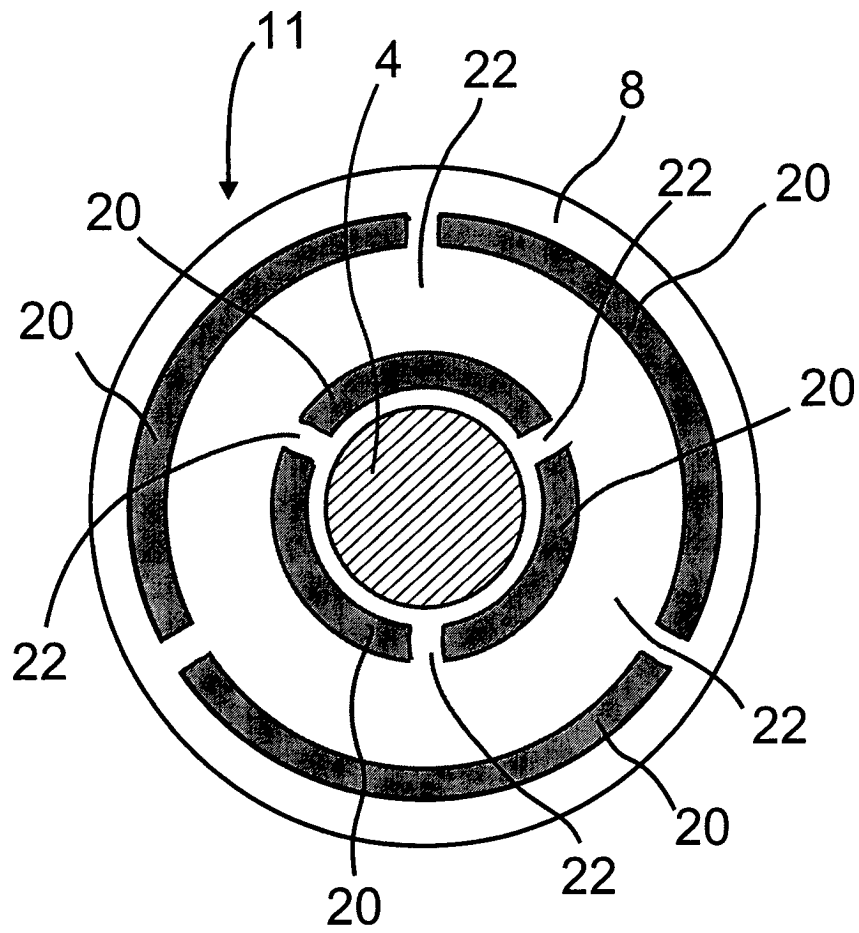


Fig. 8