



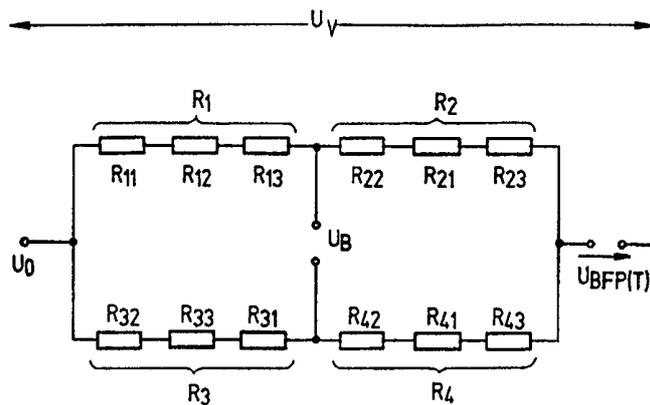
<p>(51) Internationale Patentklassifikation ⁷ : G01L 1/22</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/23777</p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. April 2000 (27.04.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/02217</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 17. Juli 1999 (17.07.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 48 362.7 21. Oktober 1998 (21.10.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MUCHOW, Joerg [DE/DE]; Baumsatzstrasse 55, D-72124 Pliezhausen (DE). HORN, Joachim [DE/DE]; Ringelbachstrasse 14, D-72762 Reutlingen (DE). SCHATZ, Oliver [DE/DE]; Heidenheimer Strasse 88, D-72760 Reutlingen (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) Title: CIRCUIT CONFIGURATION FOR COMPENSATING THE TEMPERATURE NON-LINEARITY OF THE CHARACTERISTIC CURVES OF THE PIEZORESISTIVE MEASURING RESISTORS CONNECTED IN A BRIDGE CIRCUIT

(54) Bezeichnung: SCHALTUNGSANORDNUNG ZUR KOMPENSATION DER TEMPERATURNICHTLINEARITÄT DER KENNLINIEN VON IN EINER BRÜCKENSCHALTUNG GESCHALTETEN PIEZORESISTIVEN MESSWIDERSTÄNDEN

(57) Abstract

The invention relates to a circuit configuration for compensating a temperature non-linearity of the characteristic curves of piezoresistive, metallic or polycrystalline resistors that are connected in a bridge circuit (bridge resistors), the non-linearity being caused by non-linearity's of the resistors, especially by physical variables (temperature, pressure, bimetallic effects, non-linear membrane stresses) that influence the bridge circuit. The resistors are composed of sub-resistors with different temperature coefficients, each sub-resistor having certain linear and non-linear temperature properties. According to the invention, the sub-resistors (R_{xx}) of each bridge resistor (R_x) are selected using their known linear and non-linear temperature curves in such a way as to give the bridge circuit an unsymmetrical layout and in such a way that a non-linear curve characteristic of a bridge output voltage (U_B) of the circuit configuration (10) can essentially be compensated.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Kompensation einer Temperaturnichtlinearität der Kennlinien von in einer Brückenschaltung geschalteten piezoresistiven, metallischen oder polykristallinen Widerständen (Brückenwiderstände), wobei die Nichtlinearitäten durch Nichtlinearitäten der Widerstände, insbesondere durch auf die Brückenschaltung einwirkende physikalische Größen (Temperatur, Druck, Bimetalleffekte, nichtlineare Membranspannungen) hervorgerufen werden, und die Widerstände sich aus Teilwiderständen mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten zusammensetzen, wobei jeder der Teilwiderstände ein bestimmtes lineares und nichtlineares Temperaturverhalten aufweist. Es ist vorgesehen, daß die Teilwiderstände (R_{xx}) jedes Brückenwiderstandes (R_x), anhand derer bekannten linearen und nichtlinearen Temperaturkennlinien derart ausgewählt werden, so daß eine unsymmetrische Auslegung der Brückenschaltung erfolgt und ein nichtlinearer Kennlinienverlauf einer Brückenausgangsspannung (U_B) der Schaltungsanordnung (10) im wesentlichen kompensierbar ist.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

5

Schaltungsanordnung zur Kompensation der Temperatur-
nichtlinearität der Kennlinien von in einer Brücken-
10 schaltung geschalteter piezoresistiver Meßwiderstände

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur
gezielten Verringerung beziehungsweise Kompensation
der Temperaturnichtlinearität der Kennlinien von in
15 einer Brückenschaltung geschalteter piezoresistiver
Meßwiderstände mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1
genannten Merkmalen.

Stand der Technik

20

Es ist bekannt, beispielsweise bei der Messung von
Drücken, mikromechanische Drucksensoren einzusetzen,
die eine aus einem piezoresistiven Material beste-
hende Meßmembran aufweisen. Um ein Ausgangssignal des
25 Drucksensors zu erhalten, ist bekannt, die Meßmembran
mit in einer Brückenschaltung (Wheatstone-Brücke) ge-
schalteten piezoresistiven Widerständen zu versehen,
mittels denen ein an der Meßmembran anliegender Druck
in ein elektrisches Ausgangssignal gewandelt werden
30 kann.

Die Brückenwiderstände setzen sich jeweils aus Teilwiderständen zusammen, die sich durch den gewählten Aufbau des Drucksensors ergeben. Dieser besitzt üblicherweise eine aus Silizium bestehende, beispielsweise n-dotierte Meßmembran, in die die eigentlichen Meßwiderstände als Diffusion, beispielsweise als p-dotierte Bereiche (Basisdiffusion), angelegt werden. Zum Anschließen der Meßwiderstände sind Zuleitungen vorgesehen. Die Zuleitungen können als Kombination von niederohmigen Diffusionsgebieten und metallischen Leiterbahnen aufgebaut sein. Der diffundierte Zuleitungswiderstand kann beispielsweise von einer p⁺-Dotierung gebildet werden. Der metallische Zuleitungswiderstand kann beispielsweise aus Aluminium bestehen. Die Brückenwiderstände ergeben sich somit aus der Summe von jeweils drei Teilwiderständen, nämlich dem eigentlichen piezoresistiven Meßwiderstand und den diffundierten beziehungsweise metallischen Zuleitungswiderständen. Jeder dieser Teilwiderstände besitzt einen unterschiedlichen nichtlinearen Temperaturverlauf.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet demgegenüber den Vorteil, daß in einfacher Weise eine gezielte Verringerung beziehungsweise Kompensation der Temperaturnichtlinearität der Kennlinie einer piezoresistive Meßwiderstände aufweisenden Brückenschaltung zu erreichen ist. Dadurch, daß die Teilwiderstände jedes Brückenwiderstandes anhand derer bekannten nichtli-

nearen Temperaturkennlinien ausgewählt, das heißt dimensioniert werden, lassen sich definierte unterschiedliche Kennlinienverläufe über der Temperatur und/oder dem Druck (abhängig von mechanischen Spannungen) realisieren, so daß eine nichtlineare Temperaturkennlinie des Druckwandlers zum Beispiel aufgrund von Bimetalleffekten oder Nichtlinearitäten der einzelnen Widerstandselemente oder einer temperaturabhängigen Brückenfußspannung kompensierbar ist. Insbesondere durch die Wahl der Verhältnisse der Widerstandswerte der einzelnen Teilwiderstände innerhalb des Gesamtwiderstandswertes der Brückenwiderstände läßt sich der nichtlineare Kennlinienverlauf der einzelnen Brückenwiderstände kompensieren, da bei der Auswahl der Widerstandswerte auf deren bekanntes nichtlineares Verhalten bei Temperatur und/oder Druck Einfluß genommen werden kann. Insbesondere lassen sich für die Teilwiderstände, die tatsächlich einem unterschiedlichen Einfluß unterliegen, da das Temperaturverhalten und/oder das Druckverhalten auf die einzelnen Teilwiderstände des Brückenwiderstandes unterschiedlichen Einfluß ausübt, einzeln die optimalen Widerstandswerte bestimmen.

In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Widerstandswerte der Teilwiderstände der Brückenwiderstände so ausgewählt werden, daß innerhalb eines Brückenwiderstandes Teilwiderstände mit einer Temperaturkennlinie mit umgekehrten Vorzeichen berücksichtigt werden. Hierdurch lassen sich infolge einer Temperatureinwirkung auftretende Nichtlinearitäten bereits innerhalb des Brückenwiderstandes kom-

pensieren, da die Teilwiderstände einen entsprechenden positiven oder negativen Kennlinienverlauf aufweisen, die sich durch die Integration in einem Brückenwiderstand überlagern.

5

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

10 Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

15

Figur 1 ein Schaltbild einer Brückenschaltung;

Figuren 2a und 2b Temperaturverläufe eines Ausgangssignales der Brückenschaltung;

20

Figur 3 verschiedene druckabhängige Temperaturkennlinien der Brückenschaltung und

Figur 4 eine schematische Teilansicht einer Meßbrücke.

25

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Figur 1 zeigt eine Schaltungsanordnung 10 einer Brückenschaltung der Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und R_4 (Widerstände R_x mit $x = 1, 2, 3, 4$). Die Widerstände R_1 bis R_4 sind beispielsweise die Brückenwiderstände

30

eines mikromechanischen Drucksensors. Aufbau und Wirkungsweise derartiger mikromechanischer Drucksensoren, bei denen die Schaltungsanordnung 10 in einer unter Einwirkung eines Druckes auslenkbaren Siliziummembran beziehungsweise im Randbereich der Membran strukturiert sind, sind allgemein bekannt, so daß im Rahmen der vorliegenden Beschreibung hierauf nicht näher eingegangen werden soll.

Jeder der Widerstände R_1 bis R_4 setzt sich aus Teilwiderständen R_{x1} , R_{x2} und R_{x3} zusammen, wobei die Teilwiderstände R_{x1} piezoresistive Meßwiderstände eines in die Siliziummembran eindiffundierten Widerstandsgebietes (p^- -dotiert), die Teilwiderstände R_{x2} metallische Zuleitungswiderstände, beispielsweise Aluminiumleitungen, sind, und die Teilwiderstände R_{x3} diffundierte Zuleitungswiderstände (p^+ -dotiert) sind. Für die Auslegung der Schaltungsanordnung 10 gilt also:

20

$$R_x = R_{x1} + R_{x2} + R_{x3} \quad (x = 1 \text{ bis } 4).$$

Die Spannungsgleichung der Schaltungsanordnung 10 lautet bekanntermaßen:

25

$$U_B = \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{(R_1 + R_2) \cdot (R_3 + R_4)} \cdot U_V,$$

wobei U_V die Versorgungsspannung und U_B die Brückenspannung der Schaltungsanordnung 10 ist.

30

Für die Versorgungsspannung U_V gilt, daß diese temperaturabhängig ist. Dies ergibt sich aus der Beziehung:

$$5 \quad U_V = U_0 - U_{BFP}(T),$$

wobei U_0 eine Brückenversorgungsspannung und $U_{BFP}(T)$ eine temperaturabhängige Brückenfußpunktspannung ist. Für die Brückenfußpunktspannung gilt:

$$10 \quad U_{BFP}(T) = U_{BFP0} - TK_{BFP} \cdot \Delta T.$$

Hieraus resultiert für die Brückenspannung U_B :

$$15 \quad U_B(\Delta T) = \frac{R_1(\Delta T) \cdot R_4(\Delta T) - R_2(\Delta T) \cdot R_3(\Delta T)}{(R_1(\Delta T) + R_2(\Delta T)) \cdot (R_3(\Delta T) + R_4(\Delta T))} \cdot [U_0 - U_{BFP0} + TK_{BFP} \Delta T].$$

$$p = \text{const.}$$

Hieraus erfolgt näherungsweise für eine Betrachtung bei einem konstanten Druck p :

$$U_B(\Delta T) \approx U_B \cdot [1 - TK_{Br} \cdot \Delta T]$$

$$p = \text{const.}$$

wobei der Term $1 - TK_{Br} \cdot \Delta T$ die Temperaturabhängigkeit der Brückenspannung in linearer Näherung beschreibt. Hieraus resultiert:

$$5 \quad U_B(\Delta T) \approx \underbrace{U_B| \cdot (U_0 - U_{BFPO})}_{\neq f(\Delta T)} \cdot \left[1 + \frac{TK_{BFP}}{U_0 - U_{BFPO}} \Delta T \right] \cdot \left[1 - \underbrace{TK_{Br}}_b \Delta T \right]$$

Im Ergebnis gilt anhand der Beziehung

$$10 \quad [1 + a \Delta T] \cdot [1 - b \Delta T] = 1 + [a - b] \Delta T - ab \Delta T^2$$

10

daß, selbst wenn $a = b$ ist und lineare Näherungen für $U_{BFP} \Delta t$ und die Brückenspannung bei fester Versorgungsspannung benutzt werden, ein quadratischer Term $ab\Delta T^2$ verbleibt, der die Temperaturnichtlinearität der Brückenspannung U_B bestimmt. Diese Temperaturabhängigkeit wird bei der nachfolgenden Betrachtung der Bestimmung der Teilwiderstände der Brückenschaltung mit berücksichtigt.

15

20 Jeder der Teilwiderstände R_{xx} besitzt unterschiedliche lineare und quadratische Temperaturkoeffizienten. Hierbei wird unterstellt, daß sämtliche Teilwiderstände R_{xx} im wesentlichen mit der gleichen Umgebungstemperatur am bestimmungsgemäßen Einsatzort des
25 die Schaltungsanordnung 10 aufweisenden Drucksensors beaufschlagt sind.

Die Zuleitungswiderstände R_{x2} und R_{x3} hängen nur von der Temperatur T ab, nicht aber vom anliegenden Druck

p. Somit gilt für den Temperaturverlauf der Teilwiderstände R_{x2} und R_{x3} :

$$R = R_0(1 + \Delta T \cdot TKR + \Delta T^2 \cdot TKR^2),$$

5

wobei R_0 der Grundwiderstand bei $T = T_0$ ist, $\Delta T = T - T_0$, TKR der lineare Temperaturkoeffizient und TKR^2 der quadratische Temperaturkoeffizient.

10 Der piezoresistive Meßwiderstand R_{x1} hängt ab von der mechanischen Spannung δ_x am Ort des Meßwiderstandes und der Temperatur T .

$$R_{x1} = f(\delta_x, T).$$

15

Auch hierbei wird unterstellt, daß alle vier Meßwiderstände R_{x1} dieselbe Temperatur haben. Die mechanische Spannung δ_x am Ort des Meßwiderstandes ist ihrerseits eine Funktion des Druckes p und der Temperatur T , so daß gilt:

20

$$\delta_x = \delta_x(p, T).$$

Nimmt man eine lineare Druckabhängigkeit an, sowie
25 eine intrinsische mechanische Spannung δ_0 , die der Einfachheit halber ohne Temperaturkoeffizienten modelliert wird, so gilt:

$$\delta_x = \text{const} \cdot p + \delta_0 = \delta_x(p).$$

30

Die Temperaturabhängigkeit des Meßwiderstandes R_{x1} resultiert im wesentlichen aus der Temperaturabhängigkeit des piezoresistiven Koeffizienten $\pi(T)$. Damit kann die Druck- und Temperaturabhängigkeit der piezoresistiven Meßwiderstände im einfachsten Fall durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$R_{x1} = R_{x10} \left[1 + \underbrace{\left[\pi(T) \cdot \delta_x(p) \right]}_I + \underbrace{TKR_{x1} \cdot \Delta T + TKR_{x1}^2 \cdot \Delta T^2}_II \right]$$

10 Term I beschreibt die Änderung des Widerstandswertes durch einen anliegenden Druck p auf Basis des temperaturabhängigen piezoresistiven Effektes. Term II beschreibt die Änderung des Widerstandswertes in Abhängigkeit von der Temperatur.

15

In den Figuren 2a und 2b sind hierzu beispielhaft zwei Kennlinien wiedergegeben, die den Verlauf der Brückenspannung U_B über der Temperatur bei unterschiedlichen nichtlinearen Kennlinienverläufen zeigen. Es soll eine durch Änderung der Symmetrie des Widerstandsnetzwerkes hervorgerufene Änderung der Nichtlinearität verdeutlicht werden. Gemäß Figur 2a besitzt die Kennlinie im Temperaturbereich von circa 2 °C ein Minimum, während die Kennlinie gemäß Figur 2b im Temperaturbereich von circa 50 °C ein Maximum aufweist. Der Verlauf der Kennlinie der Brückenspannung U_B über der Temperatur T ist abhängig von den unterschiedlichen linearen und quadratischen Temperaturkoeffizienten der in der Brückenschaltung eingesetzten Widerstände R_1 bis R_4 , die - wie anhand von

30

Figur 1 verdeutlicht - sich jeweils aus den Teilwiderständen R_{x1} bis R_{x3} zusammensetzen. Somit gilt für den Temperaturverlauf des Widerstandes R:

$$5 \quad R = R_0 \left(1 + \Delta T \cdot TKR + \Delta T^2 \cdot TKR^2 \right),$$

wobei R_0 der Grundwiderstand ist, TKR der lineare Widerstandskoeffizient und TKR^2 der quadratische Widerstandskoeffizient.

10

Entsprechend dieser Beziehung läßt sich für die Widerstände R_1 bis R_4 der Schaltungsanordnung 10 ableiten:

15

$$R_x(T) = R_{x10} \left[1 + \underbrace{\left[\frac{\pi(T) \cdot \delta_x(p)}{I} \right]}_I + \underbrace{TKR_{x1} \cdot \Delta T + TKR_{x1}^2 \cdot \Delta T^2}_II \right] +$$

$$R_{x20} \left(1 + \Delta T \cdot TKR_{x2} + \Delta T^2 \cdot TKR_{x2}^2 \right) +$$

$$20 \quad R_{x30} \left(1 + \Delta T \cdot TKR_{x3} + \Delta T^2 \cdot TKR_{x3}^2 \right).$$

Es wird deutlich, daß jeder der Teilwiderstände R_{xx} entsprechend seines linearen und quadratischen Temperaturkoeffizienten auf den nichtlinearen Temperaturkennlinienverlauf der Brückenspannung U_B Einfluß hat.

25

Um nunmehr die nichtlinearen Kennlinien der Schaltungsanordnung 10 zu kompensieren, erfolgt die Auf-

teilung der Widerstandswerte der Teilwiderstände R_{xx} so, daß diese ein unterschiedliches Temperaturkennlinienverhalten aufweisen. Beispielsweise wird innerhalb des erforderlichen Gesamtwiderstandes der einzelnen Brückenwiderstände R_1 bis R_4 der Anteil der Teilwiderstände R_{x1} , R_{x2} beziehungsweise R_{x3} so zueinander ausgewählt, daß beispielsweise der Widerstandswert R_{x1} eine positive Temperaturkennlinie, der Widerstandswert R_{x2} eine negative Temperaturkennlinie aufweist. Da die linearen und quadratischen Temperaturkoeffizienten für unterschiedliche Größenordnungen der Widerstände unterschiedlich sind, kann so - ohne den Gesamtwert der Brückenwiderstände R_1 bis R_4 zu verändern - durch Variation der Teilwiderstände R_{x1} bis R_{x3} mit unterschiedlichem Temperaturkennlinienverlauf gezielt eine Temperaturdrift der Schaltungsanordnung 10 eingestellt werden. Insbesondere dadurch, daß Teilwiderstände mit positiven und negativem Temperaturkennlinienverlauf in die Gesamtwiderstände R_1 bis R_4 integriert werden, wird in der Summe der Widerstandswerte eine Kompensation einer Temperaturdrift erreicht, so daß zusätzliche aktive und/oder passive Schaltungsbestandteile nicht notwendig sind.

25 Ferner läßt sich durch gezielte Dimensionierung der Teilwiderstände R_{xx} neben einer Kompensation des nichtlinearen Temperaturverlaufes ein Piezoeffekt der Schaltungsanordnung 10 kompensieren. Bei Anliegen einer mechanischen Spannung (Druck) an die die Schaltungsanordnung 10 aufweisende Membran werden die Meßwiderstände R_{x1} beeinflusst, während die Zuleitungswiderstände R_{x2} und R_{x3} hiervon unbeeinflusst sind.

Hierdurch stellt sich eine nichtlineare Verstimmung der Brückenspannung U_B über dem Druck ein. Diese nichtlineare Verstimmung über dem Druck ist zusätzlich durch den bereits erläuterten nichtlinearen Temperaturkennlinienverlauf der Teilwiderstände R_{xx} überlagert. Wenn nunmehr die Teilwiderstände R_{xx} entsprechend ihrer bekannten Nichtlinearität infolge der angreifenden mechanischen Spannung (Druck) derart ausgewählt werden, daß sich eine absichtliche definierte Verstimmung der Schaltungsanordnung ergibt, kann hierdurch die Nichtlinearität kompensiert, zumindest die maximal auftretende Nichtlinearität minimiert werden.

15 In Figur 3 sind hierzu beispielhaft Kennlinienpaare aufgezeigt, bei denen jeweils die Brückenspannung U_B über der Temperatur und sich ergebende Nichtlinearitäten infolge mechanischer Spannung aufgetragen sind. Hierbei wird von einem Druck p ausgegangen, der von einem Drucksensor detektiert werden kann, der die Schaltungsanordnung 10 aufweist. Ein oberes Kennlinienpaar zeigt hierbei in einer Kennlinie K_1 den Verlauf bei maximalem Druck p und in einer Kennlinie K_2 den Verlauf der Kennlinie bei einer erfindungsgemäßen

20 Kompensation. Ein weiteres Kennlinienpaar zeigt in einer Kennlinie K_3 den Verlauf der Kennlinie bei halbem Druck p und die Kennlinie K_4 einen kompensierten Verlauf der Kennlinie gemäß der Erfindung. Schließlich ist ein drittes Kennlinienpaar der Kennlinien K_5 (Kennlinie bei $1/10$ Druck p) und eine Kennlinie K_6 bei kompensierter Nichtlinearität gezeigt. Es wird

30 deutlich, daß durch Wahl der Größenwerte der Teilwi-

derstände R_{xx} bei einem mittleren anzunehmenden zu sensierenden Druck p (Kennlinie K_5) eine lineare Kennlinie der Brückenspannung U_B über der Temperatur eingestellt werden kann.

5

Die Erfindung beschränkt sich selbstverständlich nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel. So läßt sich die Dimensionierung der Widerstände auch auf Widerstandsnetzwerke übertragen, die aus rein metallischen Leitern (Metalldünnfilm) bestehen. In diesem Fall können durch Dotieren von metallischen Leitern Nichtlinearitäten erzeugt werden, mittels denen eine Temperaturnichtlinearität verringert beziehungsweise kompensiert werden kann. Ferner sind Widerstandsnetzwerke möglich, die in polykristallinen Materialien realisiert sind.

Figur 4 zeigt in einer schematischen Ansicht die Anordnung der Teilwiderstände R_{x1} , R_{x2} und R_{x3} . R_{x2} entspricht hierbei den Zuleitungen 12 zu p^- -dotierten Bereichen R_{x1} , während R_{x3} p^+ -dotierten Bereichen entspricht. Die, insbesondere aus Aluminium bestehenden Zuleitungen 12, die die Widerstände R_{x2} aufweisen, sind mit dem p^+ -dotierten Substrat kontaktiert. Eine unsymmetrische Auslegung der Brückenschaltung läßt sich dadurch erreichen, daß entsprechend dem eingezeichneten Doppelpfeil 16 wenigstens einer der Anschlüsse der Zuleitungen 12 bei der Anlegung des Layouts verschoben wird. Hierdurch ändert sich das Verhältnis der Widerstände R_{x1} zu R_{x3} , also der p^- -dotierten Bereiche zu den p^+ -dotierten Bereichen. Eine Verschiebung der Anschlüsse 12 entsprechend dem

Doppelpfeil 16 kann durch eine Maskenprogrammierung erfolgen.

5 Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Kompensation einer Temperaturnichtlinearität der Kennlinien von in einer Brückenschaltung geschalteter piezoresistiver, metallischer oder polykristalliner Widerstände (Brückenwiderstände), wobei die Nichtlinearitäten durch Nichtlinearitäten der Widerstände, insbesondere durch auf die Brückenschaltung einwirkende physikalische Größen (Temperatur, Druck, Bimetalleffekte, nichtlineare Membranspannungen) hervorgerufen werden, und die Widerstände sich aus Teilwiderständen mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten zusammensetzen, wobei jeder der Teilwiderstände ein bestimmtes lineares und nichtlineares Temperaturverhalten aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilwiderstände (R_{xx}) jedes Brückenwiderstandes (R_x), anhand derer bekannten linearen und nichtlinearen Temperaturkennlinien derart ausgewählt werden, so daß eine unsymmetrische Auslegung der Brückenschaltung erfolgt und ein nichtlinearer Kennlinienverlauf einer Brückenausgangsspannung (U_B) der Schaltungsanordnung (10) im wesentlichen kompensierbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandswerte der Teilwiderstände (R_{xx}) innerhalb des Gesamtwiderstandswertes eines Brückenwiderstandes (R_x) anhand ihres bekannten

unterschiedlichen Temperaturverlaufes dimensioniert werden.

3. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Widerstandswerte der Teilwiderstände (R_{XX}) so dimensioniert sind, daß innerhalb eines Brückenwiderstandes (R_X) Teilwiderstände (R_{XX}) Temperaturkennlinien mit unterschiedlichen Vorzeichen aufweisen.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß innerhalb eines Brückenwiderstandes (R_X) wenigstens ein Teilwiderstand (R_{XX}) eine positive Temperaturkennlinie und wenigstens ein Teilwiderstand (R_{XX}) eine negative Temperaturkennlinie aufweist.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schaltungsanordnung (10) in einer Meßmembran eines mikro-mechanischen Drucksensors integriert ist.
6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Teilwiderstände (R_{X1}), die mit einer mechanischen Spannung (Druck) beaufschlagbar sind, in ihren Widerstandswerten derart ausgewählt sind, daß eine bekannte Nichtlinearität der Teilwiderstände (R_{X1}) infolge der angreifenden mechanischen Spannung eine definierte Verstimmung der Schaltungsanordnung (10) ergibt, so daß der nichtlineare Kennlinienverlauf der Brückenspannung (U_B) kompensierbar ist.

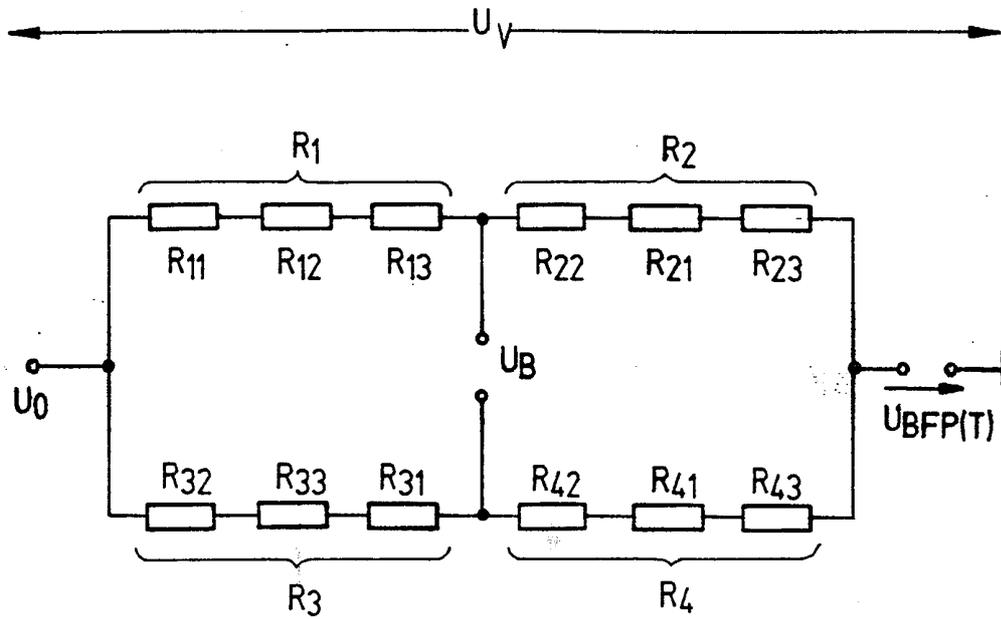


Fig. 1

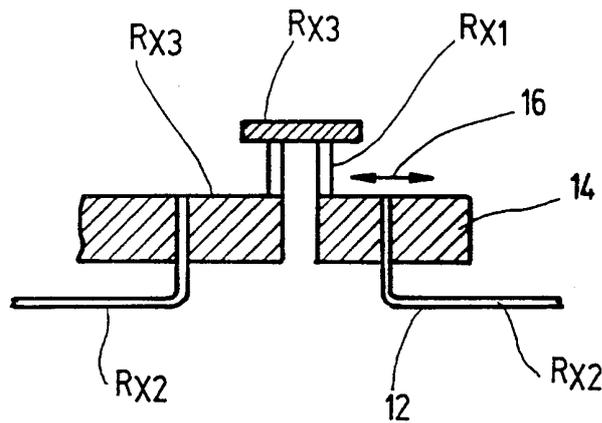


Fig. 4

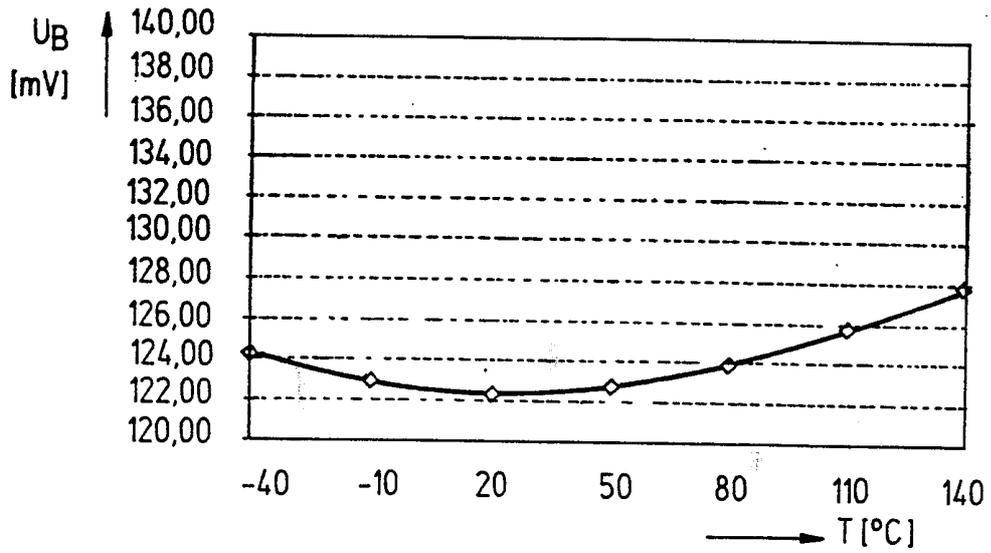


Fig. 2a

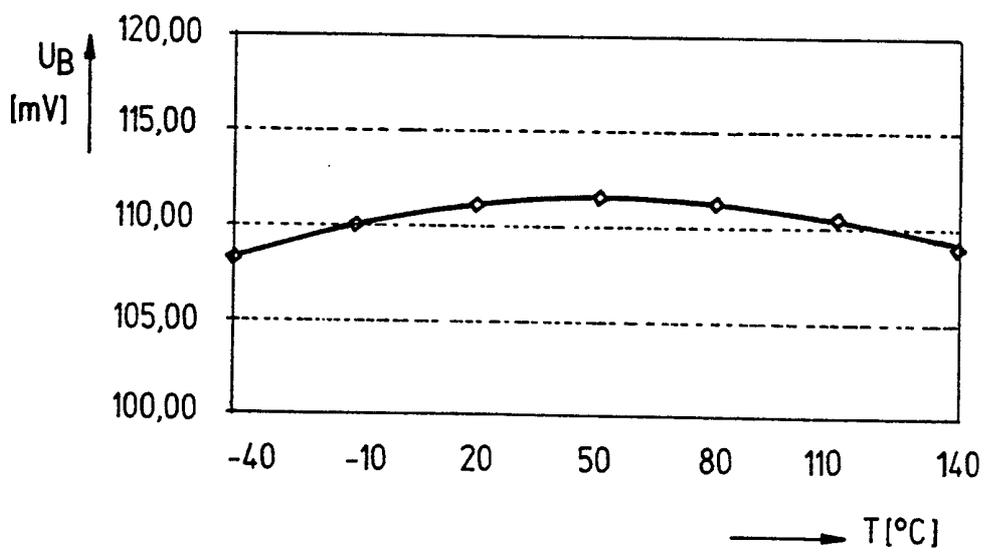


Fig. 2b

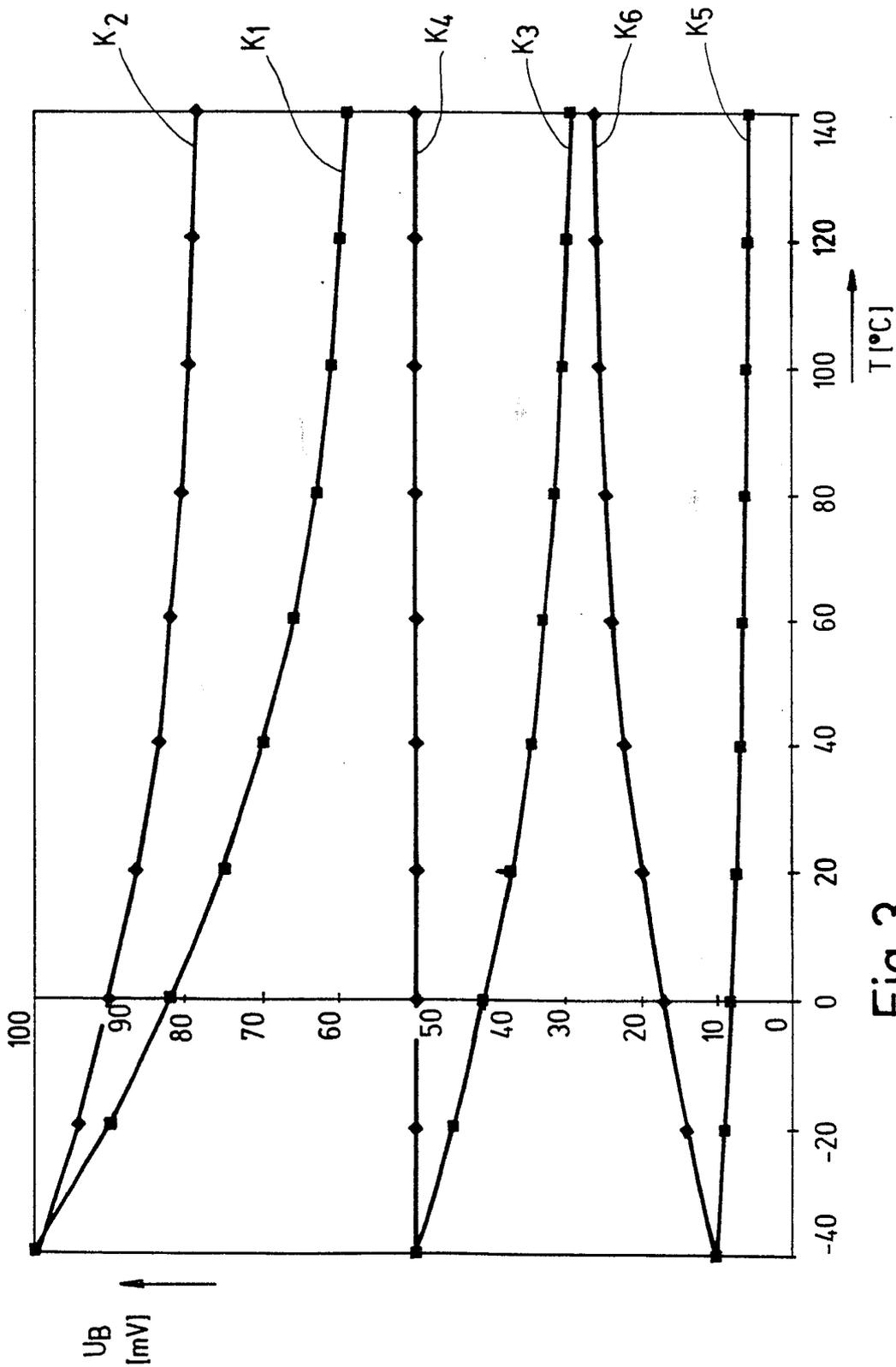


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/DE 99/02217

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01L1/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 173 148 A (YAMADA ET AL.) 6 November 1979 (1979-11-06)	1,2
Y	column 5, line 35 - column 6, line 20; claims 1,6; figure 1	3-6
Y	US 3 046 782 A (ERIC LAIMINS) 31 July 1962 (1962-07-31)	3,4
Y	column 6, line 15 - line 40; figure 7	
Y	US 5 522 266 A (NICHOLSON ET AL.) 4 June 1996 (1996-06-04)	5,6
A	claim 15	
A	DE 28 39 617 A (SIEMENS AG.) 13 March 1980 (1980-03-13)	1-6
	page 7, line 15 - line 21; figure 1	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 January 2000

Date of mailing of the international search report

28/01/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mucs, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No PCT/DE 99/02217

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4173148	A	06-11-1979		JP 1376812 C JP 54053877 A JP 61042876 B	08-05-1987 27-04-1979 24-09-1986
US 3046782	A	31-07-1962		NONE	
US 5522266	A	04-06-1996		AU 1297795 A WO 9515483 A	19-06-1995 08-06-1995
DE 2839617	A	13-03-1980		NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 99/02217

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 G01L/22		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G01L		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 173 148 A (YAMADA ET AL.) 6. November 1979 (1979-11-06)	1,2
Y	Spalte 5, Zeile 35 - Spalte 6, Zeile 20; Ansprüche 1,6; Abbildung 1	3-6
Y	US 3 046 782 A (ERIC LAIMINS) 31. Juli 1962 (1962-07-31)	3,4
Y	Spalte 6, Zeile 15 - Zeile 40; Abbildung 7	
Y	US 5 522 266 A (NICHOLSON ET AL.) 4. Juni 1996 (1996-06-04)	5,6
A	Anspruch 15	
A	DE 28 39 617 A (SIEMENS AG.) 13. März 1980 (1980-03-13)	1-6
	Seite 7, Zeile 15 - Zeile 21; Abbildung 1	
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche 20. Januar 2000		Abendedatum des internationalen Recherchenberichts 28/01/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Mucs, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 99/02217

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4173148	A	06-11-1979	JP 1376812 C JP 54053877 A JP 61042876 B	08-05-1987 27-04-1979 24-09-1986
US 3046782	A	31-07-1962	KEINE	
US 5522266	A	04-06-1996	AU 1297795 A WO 9515483 A	19-06-1995 08-06-1995
DE 2839617	A	13-03-1980	KEINE	