



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 199 60 538 B4** 2005.11.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **199 60 538.6**
 (22) Anmeldetag: **15.12.1999**
 (43) Offenlegungstag: **06.07.2000**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **17.11.2005**

(51) Int Cl.7: **G01F 1/692**

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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
10-355978 15.12.1998 JP

(73) Patentinhaber:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP; Hitachi Car Engineering Co., Ltd., Hitachinaka, Ibaraki, JP

(74) Vertreter:
BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538 München

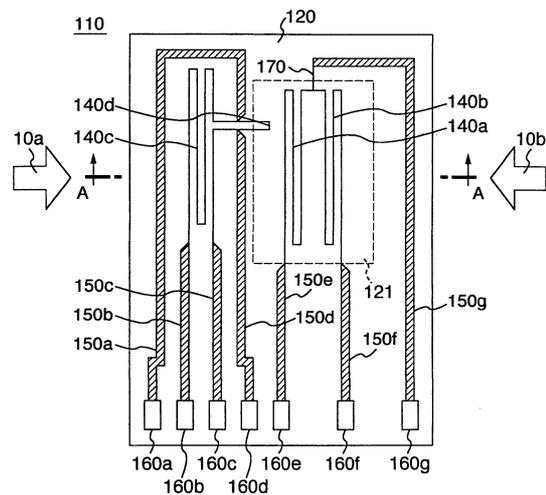
(72) Erfinder:
Nakada, Keiichi, Hitachinaka, JP; Watanabe, Izumi, Hitachinaka, JP; Yoneda, Hiroshi, Hitachinaka, JP

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

DE 42 02 733 A1
JP 10-5 00 490 A
JP 10-1 60 538 A
JP 08-0 14 976 A
JP 06-2 73 208 A
JP 06-0 50 783 A
JP 04-3 20 927 A
JP 02-2 59 527 A

(54) Bezeichnung: **Thermischer Luftdurchflußmengensensor**

(57) Hauptanspruch: Thermischer Luftdurchflußmengensensor zum Messen einer Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes (140a, 140b) und eines Temperaturmeßwiderstandes (140c) zum Messen einer Lufttemperatur, gekennzeichnet durch ein Halbleitersubstrat (120), wovon ein Teil entfernt ist, um im Substrat einen Hohlraum (121) zu definieren, wobei der Heizwiderstand (140a, 140b) und ein Abschnitt (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c) über eine elektrisch isolierende Schicht (130) über dem Hohlraum (121) angeordnet sind, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes (140c) auf dem Halbleitersubstrat (120) an einem von dem Hohlraum (121) beabstandeten Ort ausgebildet ist, und eine Einrichtung zum Korrigieren eines Luftdurchflußmengen-Meßfehlers auf der Grundlage einer Spannungsänderung an beiden Enden des über dem Hohlraum (121) befindlichen Abschnitts (140d) des Temperaturmeßwiderstandes (140c).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen thermischen Luftdurchflußmengensensor zum Messen der Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes und insbesondere einen thermischen Luftdurchflußmengensensor, der zum Messen der Ansaugluftdurchflußmenge einer Brennkraftmaschine oder dergleichen geeignet ist.

[0002] Ein thermischer Luftdurchflußmengensensor wird als Sensor zum Messen der Durchflußmenge der durch eine Luftansaugleitung einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs oder dergleichen strömenden Ansaugluft verwendet. Ein solcher thermischer Luftdurchflußmengensensor kann den Massendurchsatz direkt erfassen.

Stand der Technik

[0003] In letzter Zeit hat ein thermischer Luftdurchflußmengensensor, der durch eine Halbleiter-Feinbemusterungstechnologie auf einem Halbleitersubstrat wie etwa Silicium (Si) oder dergleichen hergestellt wird, zunehmende Aufmerksamkeit erlangt, da er verhältnismäßig einfach und in einem Massenproduktionssystem herstellbar ist und mit niedriger Leistung betrieben werden kann.

[0004] In den **Fig. 12A** und **12B** ist ein Grundprinzip des die herkömmliche Halbleitertechnologie verwendeten thermischen Luftdurchflußmengensensors gezeigt. **Fig. 12A** ist ein Schaltplan des thermischen Luftdurchflußmengensensors, während **Fig. 12B** eine Draufsicht des Entwurfs eines Heizwiderstandes R_h und eines Lufttemperatur-Meßwiderstandes R_c zum Messen der Luftdurchflußmenge ist.

[0005] Der Heizwiderstand R_h des gezeigten Beispiels arbeitet sowohl als Luftdurchflußmengen-Meßelement als auch als Heizeinrichtung. Andererseits wird der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c dazu verwendet, die Aufrechterhaltung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand und der Lufttemperatur zu regeln, wenn sich die Temperatur der Ansaugluft ändert. Diese Widerstände R_h und R_c sind aus temperaturempfindlichen Widerständen mit gemeinsamer Änderungsrichtung ihrer Widerstandswerte in Abhängigkeit von der Temperatur gebildet. Die Widerstandswerte des Heizwiderstandes R_h bzw. des Lufttemperatur-Meßwiderstandes R_c sind so gesetzt, daß durch den Heizwiderstand R_h ein großer Strom fließt, um Wärme zu erzeugen, daß jedoch durch den Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c ein geringer Strom fließt, der keine Wärmeerzeugung verursacht. Der Heizwiderstand R_h und der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c bilden zusammen mit festen Widerständen R_1 und R_2 eine Brückenschaltung. Die Spannung zwischen den Widerständen R_h und R_1 sowie die Spannung zwischen den Widerständen R_c und R_2 werden in einen Operationsverstärker Op eingegeben, der den durch den Operationsverstärker Op , einen Transistor Tr und durch den Heizwiderstand R_h fließenden Heizstrom so regelt, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand R_h und der vom Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c erfaßten Lufttemperatur einen vorgegebenen Wert ΔTh beibehält. Der Heizstrom wird zu einem der Luftdurchflußmenge entsprechenden Wert. Durch Umsetzen dieses Stroms in eine Spannung durch den Widerstand R_1 wird die Luftdurchflußmenge erfaßt.

[0006] Wie in **Fig. 12B** gezeigt ist, werden der Heizwiderstand R_h und der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c bei der Herstellung mittels einer Halbleiterfeinbemusterung eines Halbleitersubstrats **300** über einem elektrisch isolierenden Film (elektrisch isolierende Schicht) auf dem Halbleitersubstrat **300** wie etwa einem Siliciumsubstrat (Si-Substrat) oder dergleichen gebildet. Unter dem Heizwiderstand R_h wird ein Teil des Halbleitersubstrats **300** entfernt, um einen Raum (Hohlraumabschnitt) **301** zu definieren, über dem der gesamte Heizwiderstand R_h über die elektrisch isolierende Schicht angeordnet ist. Daher kann eine Abführung von Wärme des Heizwiderstandes R_h durch Wärmeübertragung an das Halbleitersubstrat **300** vermieden werden (so daß die Wärme im wesentlichen nur durch die Luftdurchflußmenge erfolgt). Andererseits muß der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c so wenig Wärme wie möglich erzeugen, um die Genauigkeit der Messung der Lufttemperatur zu verbessern. Daher ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c auf dem Halbleitersubstrat **300** außerhalb des Raums **301** angeordnet.

[0007] Die **Fig. 13A** und **13B** sind Darstellungen des Prinzips eines weiteren Beispiels des herkömmlichen thermischen Luftdurchflußmengensensors.

[0008] In dem gezeigten Beispiel bilden ein Temperaturmeßwiderstand R_s , der durch den Heizwiderstand R_h erhitzt wird (wobei der Temperaturmeßwiderstand R_s ein Temperaturerfassungswiderstand ist, der die Wärme des Heizwiderstandes R_h erfaßt), ein Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c und feste Widerstände R_1 und R_2 eine Brückenschaltung. Die Spannung zwischen den Widerständen R_s und R_1 sowie die Spannung zwischen

den Widerständen R_c und R_2 werden in einen Operationsverstärker $Op1$ eingegeben, der den durch den Heizwiderstand R_h , die Brückenschaltung, den Operationsverstärker $Op1$ und den Transistor Tr fließenden Heizstrom in der Weise regelt, daß die Temperaturdifferenz zwischen dem Temperaturmeßwiderstand R_s , d. h. dem Heizwiderstand R_h , und der Lufttemperatur, d. h. dem Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c , auf einem vorgegebenen Temperaturwert gehalten wird. Der so geregelte Heizwiderstand R_h erhitzt einen stromaufseitig vom Heizwiderstand R_h angeordneten Temperaturmeßwiderstand R_u und außerdem einen stromabseitig vom Heizwiderstand R_h angeordneten Temperaturmeßwiderstand R_d . Die Temperaturmeßwiderstände R_u und R_d bilden zusammen mit festen Widerständen $R1'$ und $R2'$ eine Brückenschaltung. Wenn eine Luftströmung erzeugt wird, wird eine Heizwertdifferenz zwischen den stromaufseitigen und stromabseitigen Temperaturmeßwiderständen R_u und R_d in Abhängigkeit von der Luftdurchflußmenge aufgrund ihrer räumlichen Beziehung kompensiert. Durch Erfassen der kompensierten Differenz durch einen Operationsverstärker $Op2$ kann die Luftdurchflußmenge erfaßt werden.

[0009] Auch bei einem solchen Sensortyp ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand R_c , der für die Aufrechterhaltung der Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand R_h und der Lufttemperatur auf einem vorgegebenen Wert verwendet wird, außerhalb des durch Entfernen eines Teils des Substrats **300** gebildeten Hohlraums **301** angeordnet. Andererseits sind der Heizwiderstand R_h und die Temperaturmeßwiderstände R_s , R_u und R_d , die durch den Heizwiderstand erhitzt werden sollen, über die elektrisch isolierende Schicht (den elektrisch isolierenden Film) über dem Hohlraumabschnitt **301** angeordnet.

[0010] Thermische Luftdurchflußmengensensoren, die das obenbeschriebene Prinzip verwenden, sind beispielsweise bekannt aus JP 2-259527-A, JP 4-320927-A, JP 6-273208-A, JP 6-50783-A, JP 8-14976-A, JP 10-160538-A und Tokuhyo Hei Nr. 10-500490-A.

[0011] In dem obenbeschriebenen Stand der Technik wird einem Fehler bei der Erfassung der Luftdurchflußmenge in dem Fall, in dem eine Schmutzsubstanz wie etwa in der Ansaugluft vorhandener Staub oder dergleichen an einer Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors anhaftet oder sich abgelagert, nicht ausreichend beachtet. Falls ein solcher thermischer Luftdurchflußmengensensor für eine verhältnismäßig lange Zeitperiode ununterbrochen verwendet wird, ist zu erwarten, daß die anfängliche Genauigkeit aus dem obengenannten Grund nicht aufrechterhalten werden kann.

[0012] Als Schmutzsubstanzen für den thermischen Luftdurchflußmengensensor, die möglicherweise in der Ansaugluft der Brennkraftmaschine enthalten sein könnten, können Si, Fe, Ca, Mg und Na, die in festen Teilchen, typischerweise Sandkörnern, enthalten sind, NaCl, MgCl₂, CaCl₂, die z. B. in Schneeschmelzmitteln wie etwa Streusalz enthalten sind, Motorschmieröl, das im Abgas enthalten ist, H₂O, C, das Imprägnierungsöl eines Luftfilters eines Luftreinigers des Naßtyps usw. gelten. Die obengenannten Substanzen können an der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors aufgrund der intermolekularen Anziehung, der Flüssigkeitsbrückenkräfte, der elektrostatischen Kräfte und zusammengesetzter Kräfte hiervon anhaften.

[0013] Sobald die Schmutzsubstanzen an der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors anhaften, kann sich die thermische Übertragung vom Heizwiderstand an die Umgebungsluft aufgrund der anhaftenden oder abgelagerten Substanzen ändern, wodurch die Meßgenauigkeit unzureichend wird. Ein solches Problem kann für unterschiedliche Typen thermischer Luftdurchflußmengensensoren, wie sie in den **Fig. 12A**, **12B** und **13A**, **13B** gezeigt sind, auftreten.

[0014] Die DE 42 02 733 A1 zeigt einen thermischen Luftdurchflußmengensensor zum Messen einer Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstands und eines Temperaturmeßwiderstands, mit einem Halbleitersubstrat. Der Heizwiderstand und ein Abschnitt des Temperaturmeßwiderstands sind über eine elektrisch isolierende Schicht über einem Hohlraum im Substrat angeordnet, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstands auf dem Halbleitersubstrat an einem von dem Hohlraum beabstandeten Ort ausgebildet ist.

Aufgabenstellung

[0015] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen thermischen Luftdurchflußmengensensor zu schaffen, der Änderungen der Eigenschaften des Sensors aufgrund des Anhaftens oder Ablagerns von in der Ansaugluft enthaltenen Schmutzsubstanzen korrigieren kann und somit die anfängliche Genauigkeit beibehalten kann.

[0016] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen thermischen Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0017] Der erfindungsgemäße thermische Luftdurchflußmengensensor zum Messen der Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes und eines Temperaturmeßwiderstandes zum Messen der Lufttemperatur umfaßt in seiner Grundkonstruktion ein Halbleitersubstrat, wovon ein Teil entfernt ist, um im Substrat einen Hohlraum zu definieren, wobei der Heizwiderstand und ein Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes über eine elektrisch isolierende Schicht über dem Raum angeordnet sind, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes auf dem Halbleitersubstrat an einem von dem Hohlraum beabstandeten Ort ausgebildet ist, und eine Einrichtung zum Korrigieren eines Luftdurchflußmengen-Meßfehlers auf der Grundlage einer Spannung über dem über dem Hohlraum befindlichen Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes.

[0018] Der Widerstandswert des Temperaturmeßwiderstandes ist ausreichend größer als derjenige des Heizwiderstandes, so daß ein äußerst niedriger Strom fließt, um eine Wärmeerzeugung zu unterdrücken. Obwohl in dem Temperaturmeßwiderstand aufgrund des äußerst niedrigen Stroms nur eine geringe Wärmemenge erzeugt wird, wird diese Wärme, da der größte Teil des Temperaturmeßwiderstands von dem durch Entfernen des Halbleitersubstrats definierten Hohlraum beabstandet ist, über die elektrisch isolierende Schicht an das Halbleitersubstrat übertragen. Somit erzeugt der Temperaturmeßwiderstand nur eine kleine Wärmemenge.

[0019] Da in der Erfindung ein Teil des Temperaturmeßwiderstandes über dem Hohlraum angeordnet ist, ist dieser Teil des Temperaturmeßwiderstandes durch den Hohlraum thermisch isoliert. Im Ergebnis ist die Wärmeübertragung an das Halbleitersubstrat von diesem Abschnitt gering, so daß sich das Halbleitersubstrat nicht durch Selbsterwärmung erwärmt. Die Selbsterwärmung wird in der vollständig gleichen Weise wie die Erwärmung im Heizwiderstand hervorgerufen, wenn von dem Wert des Stroms abgesehen wird. Da andererseits der Temperaturmeßwiderstand mit der Ansaugluft in der vollständig gleichen Weise wie der Heizwiderstand in Kontakt ist, kann sich eine Schmutzsubstanz in ähnlicher Weise wie auf dem Heizwiderstand ablagern. Daher wird durch Ablagern der Schmutzsubstanz eine Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung in ähnlicher Weise wie beim Heizwiderstand hervorgerufen.

[0020] Wenn das Selbsterwärmungsvermögen für den Teil des Temperaturmeßwiderstandes wie oben erwähnt vorhanden ist, wird, wenn die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmeübertragung durch Ablagern von Schmutzsubstanzen auf dem Temperaturmeßwiderstand wie oben erwähnt geändert werden, eine Spannungsänderung in Verbindung mit der Änderung der Eigenschaften, die durch die Änderung der Erwärmungsbedingung und somit eine Änderung der Widerstandseigenschaften hervorgerufen wird, bewirkt, selbst wenn an den Temperaturmeßwiderstand eine gegebene Spannung angelegt wird. Wenn daher die Spannung (Potentialdifferenz) des Abschnitts des Temperaturheizwiderstandes, in dem das Erwärmungsvermögen vorhanden ist, erfaßt wird, können die Änderung der Eigenschaften des Heizwiderstandes, die durch die Ablagerung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, indirekt erfaßt und der erfaßte Wert der Luftdurchflußmenge unter Verwendung dieser erfaßten Spannung korrigiert werden.

[0021] Es wird darauf hingewiesen, daß für den Temperaturmeßwiderstand, der für die Steuerung der Aufrechterhaltung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Heizwiderstand und der Lufttemperatur verwendet wird, eigentlich bevorzugt wird, das Erwärmungsvermögen zu begrenzen. Wenn jedoch das Erwärmungsvermögen nur für den Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes wie in dieser Erfindung vorhanden ist, wird auf die Genauigkeit der Luftdurchflußmengenmessung nur ein geringer Einfluß ausgeübt. Durch Korrigieren des Meßfehlers in Verbindung mit der Änderung der Eigenschaften des Heizwiderstandes, die durch die Ablagerung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, trägt das Erwärmungsvermögen eher zur Verbesserung der Genauigkeit der Messung der Luftdurchflußmenge bei.

[0022] Es wird darauf hingewiesen, daß aus JP 8-14976-A eine beispielhafte Technik zur Erwärmung des Temperaturmeßwiderstandes bekannt ist. Dieser Stand der Technik bezieht sich jedoch auf die Verbesserung des Ansprechverhaltens des thermischen Luftdurchflußmengensensors und erwärmt den gesamten Temperaturmeßwiderstand. Die Erfindung unterscheidet sich von dieser bekannten Technik aus JP 8-14976-A dadurch, daß der gesamte Temperaturheizwiderstand erwärmt wird und ein Teil der Spannung des Temperaturmeßwiderstandes (Spannung des Widerstandsabschnitts des Temperaturmeßwiderstandes, der zum Teil über dem Hohlraum des Halbleitersubstrats angeordnet ist) für die Korrektur des Meßfehlers verwendet wird.

Ausführungsbeispiel

[0023] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden deutlich beim Lesen der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, die auf die Zeichnung Bezug nimmt; es zeigen:

- [0024] [Fig. 1](#) eine Draufsicht eines Elements gemäß einer ersten Ausführungsform des Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;
- [0025] [Fig. 2](#) eine Schnittansicht des Elements nach [Fig. 1](#) längs der Linie A-A in [Fig. 1](#);
- [0026] [Fig. 3](#) eine Teildraufsicht der ersten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls;
- [0027] [Fig. 4](#) eine Schnittansicht des Moduls nach [Fig. 3](#) längs der Linie B-B in [Fig. 3](#);
- [0028] [Fig. 5](#) eine Schnittansicht des thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls, das in einer Luftdurchflußleitung angebracht ist;
- [0029] [Fig. 6](#) einen Schaltplan einer Treiberschaltung des thermischen Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;
- [0030] [Fig. 7](#) einen Graphen zur Erläuterung des Meßfehlers aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen;
- [0031] [Fig. 8](#) einen Blockschaltplan zur Erläuterung eines Meßfehler-Korrekturverfahrens der Erfindung;
- [0032] [Fig. 9](#) einen Blockschaltplan zur Erläuterung eines weiteren Korrekturverfahrens der Erfindung;
- [0033] [Fig. 10](#) eine Draufsicht eines Elements gemäß einer zweiten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensors der Erfindung;
- [0034] [Fig. 11](#) eine Schnittansicht längs der Linie A-A in [Fig. 10](#);
- [0035] [Fig. 12A, B](#) die bereits erwähnten Darstellungen zur Erläuterung eines Grundprinzips eines thermischen Luftdurchflußmengensensors; und
- [0036] [Fig. 13A, B](#) die bereits erwähnten erläuternden Darstellungen eines weiteren Grundprinzips eines thermischen Luftdurchflußmengensensors.
- [0037] In der folgenden Beschreibung werden zahlreiche spezifische Einzelheiten angegeben, um ein vollständiges Verständnis der Erfindung zu ermöglichen. Es ist jedoch offensichtlich, daß Fachleute in der Lage sind, die Erfindung ohne diese spezifischen Einzelheiten auszuführen. Andererseits sind wohlbekannte Strukturen nicht im einzelnen gezeigt, um die Darstellung der Erfindung nicht unnötig zu überladen.
- [0038] [Fig. 1](#) ist auf die erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen thermischen Luftdurchflußmengensensors gerichtet und ist eine Draufsicht, die insbesondere einen Erfassungsabschnitt (abhängiges Element) **110** zeigt, während [Fig. 2](#) eine Schnittansicht längs der Linie A-A von [Fig. 1](#) ist.
- [0039] Von den in einem thermischen Luftdurchflußmengensensorelement **110** dieser Ausführungsform verwendeten Elementen entsprechen die Widerstände **140a** und **140b** dem Heizwiderstand R_h , der in den [Fig. 12A, Fig. 12B](#) und 13 erwähnt wird. Um in der gezeigten Ausführungsform zusätzlich die Richtung der Luftströmung in bezug auf die Richtung einer normalen Luftströmung **10a** in der Luftansaugleitung einer Brennkraftmaschine zu erfassen, ist der thermische Luftdurchflußmengensensor in einen stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** und einen stromabseitigen Heizwiderstand **140b** unterteilt, die in Serie geschaltet sind. Die Spannung zwischen den Widerständen **140a** und **140b** wird über einen Leitungsdraht **150e**, einen Anschluß **160e**, einen Leitungsdraht **150f** sowie einen Anschluß **160f** herausgeführt. Das Prinzip der Erfassung der Richtung unter Verwendung des stromaufseitigen Heizwiderstands **140a** und des stromabseitigen Heizwiderstands **140b** wird später erläutert.
- [0040] Die Widerstände **140c** und **140d** entsprechen einem Lufttemperatur-Meßwiderstand (Temperaturerfassungswiderstand) R_c , der bereits in den [Fig. 12](#) und 13 erwähnt worden ist.
- [0041] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist auf einem monokristallinen Siliciumsubstrat (Halbleitersubstrat) **120** eine elektrisch isolierende Schicht (ein elektrisch isolierender Film) **130** gebildet. Auf der elektrisch isolierenden Schicht **130** sind der stromaufseitige Heizwiderstand **140a**, der stromabseitige Heizwiderstand **140b** und der

Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** (einschließlich **140d**) ausgebildet.

[0042] Der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** ist in bezug auf die Richtung der Ansaugluftströmung **10a** stromaufseitig angeordnet, während der stromabseitige Heizwiderstand **140b** in Strömungsrichtung der Ansaugluftströmung **10a** hinter dem stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** angeordnet ist. Der Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** ist so beschaffen, daß er die Temperatur der Ansaugluft mißt.

[0043] Jeder dieser Widerstände ist aus einem Material hergestellt, für das Phosphor-Fremdatome in polykristallines Silicium diffundiert sind.

[0044] Der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** und der stromabseitige Heizwiderstand **140b** sind über die elektrisch isolierende Schicht **130** auf dem monokristallinen Substrat **120** über einem Hohlraumabschnitt **121** durch eine Feinbemusterungstechnologie in Form eines Films gebildet. Andererseits ist ein Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** herausgeführt und über dem Hohlraumabschnitt **121** über der elektrisch isolierenden Schicht **130** vorhanden. Der verbleibende Abschnitt des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** ist auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat **120** an einem vom Hohlraumabschnitt **121** beabstandeten Ort ausgebildet, so daß er durch die Wärme von den Heizwiderständen **140a** und **140b** im wesentlichen nicht beeinflusst wird.

[0045] An einem Endabschnitt des Elements **110** (Endabschnitt des Substrats **120**) sind Anschlußelektroden **160a** bis **160g** ausgebildet.

[0046] Wie erwähnt, ist ein Ende des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a** mit der Anschlußelektrode **160e** über einen Leitungsdraht **150e** verbunden, während ein Ende des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b** mit der Anschlußelektrode **160f** über einen Leitungsdraht **150f** verbunden ist. Eine Verbindungsstelle zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** und dem stromabseitigen Heizwiderstand **140b** ist mit der Anschlußelektrode **160g** über den Leitungsdraht **150g** verbunden.

[0047] Die beiden Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** sind mit den Anschlußelektroden **160b** und **160c** über Leitungsdrähte **150b** bzw. **150c** verbunden. Andererseits sind Leitungsdrähte **150a** und **150d** für die Erfassung einer Spannung (Potentialdifferenz) des Teils **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140d** mit den Anschlußelektroden **160a** und **160d** verbunden.

[0048] Das Substrat **120**, auf dem die genannten Widerstände, Leitungsdrähte und Anschlußelektroden vorgesehen sind, ist mit Ausnahme derjenigen Abschnitte, an denen die Anschlußelektroden **160a** bis **160d** gebildet sind, mit einer Schutzschicht **180** bedeckt.

[0049] Die tatsächliche Größe des Elements **110** hat in der gezeigten Ausführungsform Abmessungen von ungefähr 2 mm für die kürzere Kante und von ungefähr 6 mm für die längere Kante.

[0050] Auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat **120** sind eine Siliciumdioxidschicht (SiO_2 -Schicht) **130a** und eine Siliciumnitrid-Schicht (Si_3N_4 -Schicht) **130b**, die als elektrisch isolierende Schicht **130** dienen, übereinandergestapelt. Da die Siliciumdioxidschicht **130a** einen viel kleineren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das monokristalline Siliciumsubstrat **120** besitzt, etwa in der Größenordnung eines Zehntels, kann durch Ausbilden der Siliciumnitridschicht **130b** mit einem etwas größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das monokristalline Siliciumsubstrat **120** und größerer mechanischer Festigkeit die thermische Beanspruchung zwischen dem monokristallinen Siliciumsubstrat **120** und der elektrisch isolierenden Schicht **130** verringert werden, ferner kann die Festigkeit verbessert werden.

[0051] Auf der Siliciumnitridschicht **130b** sind Widerstände **140a**, **140b**, **140c** und **140d** sowie Leitungsdrähte **150a** bis **150e** aus einem Material gebildet, für das Phosphor-Fremdatome (P-Fremdatome) mit hoher Konzentration in das polykristalline Silicium diffundiert sind.

[0052] Über den Widerständen **140a**, **140b**, **140c** und **140d** und Leitungsdrähten **150a** bis **150g** ist die Schutzschicht aus der Stapelstruktur aus einer Siliciumnitridschicht **180b** und einer Siliciumdioxidschicht **180a** gebildet. Die Schutzschicht **180** schützt die Widerstände **140a**, **140b**, **140c** und **140d** vor Öl, Wasser, Schmutzsubstanzen und dergleichen, die in der Ansaugluft enthalten sein können.

[0053] In dem im wesentlichen in der Mitte befindlichen Abschnitt des monokristallinen Siliciumsubstrats **120** sind Anbringungsabschnitte für die Heizwiderstände **140a** und **140b** angeordnet. In einem Bereich unterhalb

der Heizwiderstand-Anbringungsabschnitte ist der Hohlraum **121** als Abschnitt ausgebildet, aus dem ein Teil des Substratmaterials entfernt ist.

[0054] Der Hohlraumabschnitt **121** ist durch Entfernen des monokristallinen Siliciumsubstrats **120** durch anisotropes Ätzen bis zu einer Grenzfläche mit der elektrisch isolierenden Schicht **130** gebildet. Durch Bilden des Hohlraumabschnitts **121** wird eine Struktur geschaffen, in der die Heizwiderstände **140a** und **140b** durch die elektrisch isolierende Schicht **130** und die Schutzschicht **180** unterstützt sind. Im Ergebnis sind die Heizwiderstände **140a** und **140b** thermisch isoliert. Daher zeigt die Konstruktion im Vergleich zu dem Fall, in dem der Hohlraumabschnitt **121** nicht vorhanden ist, eine bessere thermische Isolation der Heizwiderstände **140a** und **140b**, wodurch die Ansprechgeschwindigkeit des thermischen Luftdurchflußmengensensors verbessert wird.

[0055] Nun wird mit Bezug auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) ein Herstellungsprozeß der gezeigten Ausführungsform des Elements **110** erläutert.

[0056] Auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat wird, nachdem die Siliciumdioxidschicht **130a** mit einer Dicke von ungefähr 0,4 µm durch thermische Oxidation oder ein CVD-Verfahren (chemische Abscheidung aus der Dampfphase) gebildet worden ist, die Siliciumnitridschicht **130b** mit einer Dicke von ungefähr 0,2 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet.

[0057] Dann werden als jeweilige Widerstände **140a**, **140b**, **140c** und **140d** und Verbindungsleitungen (Leitungsdrähte) **150a** bis **150g** polykristalline Siliciumschichten mit einer Dicke von ungefähr 1 µm durch ein CVD-Verfahren gebildet, woraufhin Phosphor-Fremdatome in die polykristallinen Siliciumschichten durch thermische Diffusion oder Ionenimplantation diffundiert werden. Danach wird durch eine photolithographische Technik zum Bemustern des Halbleiterfilms mittels einer Ionenätzung oder dergleichen ein Resistfilm mit vorgegebener Form gebildet, um Widerstände **140a**, **140b**, **140c** und **140d** sowie die Verbindungsleitungen **150a** bis **150g** zu bilden.

[0058] Anschließend wird als Schutzschicht **180** die Siliciumnitridschicht **180b** mit einer Dicke von 0,2 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet. Danach wird die Siliciumdioxidschicht **180a** mit einer Dicke von 0,4 µm durch ein CVD-Verfahren oder ein anderes Verfahren gebildet. Durch Entfernen des über den Anschlußelektroden **160a** bis **160g** befindlichen Abschnitts der Schutzschicht **180** mittels Ätzung werden Anschlußelektroden **160a** bis **160g** aus Aluminium gebildet.

[0059] Schließlich wird von der hinteren Oberfläche des monokristallinen Siliciumsubstrats **120** eine anisotrope Ätzung ausgeführt, wobei Siliciumnitrid als Maske verwendet wird, um den Hohlraumabschnitt **121** zu bilden. Anschließend wird durch Zerschneiden das Element **110** des thermischen Luftdurchflußmengensensors erhalten.

[0060] Nun wird mit Bezug auf die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) die Konstruktion des thermischen Luftdurchflußmengensensors, das das Element mit der obenbeschriebenen Konstruktion umfaßt, erläutert.

[0061] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht eines Teils eines thermischen Luftdurchflußmengensensor-Moduls mit dem Element **110**, während [Fig. 4](#) eine Schnittansicht längs der Linie B-B in [Fig. 3](#) ist und [Fig. 5](#) eine Darstellung eines Zustandes ist, in dem das Sensormodul in einer Luftansaugleitung **240** angebracht ist.

[0062] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, sind das Element **110** und eine Signalverarbeitungsschaltung **210** an einem Träger **200** befestigt. Mit mehreren Anschlußelektroden **230** der Signalverarbeitungsschaltung **210** sind durch Bonden mit Golddraht oder dergleichen mehrere Anschlußelektroden **160a** bis **160g**, die im folgenden mit dem allgemeinen Bezugszeichen **160** bezeichnet sind, verbunden. Die Signalverarbeitungsschaltung **210** ist auf einem elektrisch isolierenden Substrat wie etwa Aluminiumoxid oder dergleichen gebildet.

[0063] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ist das Element **110** auf einem Träger **200** angebracht. Ein offenes Ende des Hohlraumabschnitts **121** ist so angeordnet, daß es zum Träger **200** mündet.

[0064] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, ist der Träger **200**, auf dem das Element **110** befestigt ist, in einer Hilfsansaugleitung **250** in der Luftansaugleitung **240** angeordnet.

[0065] Nun wird das Prinzip der Erfassung der Luftdurchflußmenge mittels des Luftdurchflußmengensensors **110** mit Bezug auf [Fig. 6](#) erläutert.

[0066] Der stromaufseitige Heizwiderstand **140a**, der stromabseitige Heizwiderstand **140b**, der Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** und ein Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes bilden zusammen mit den festen Widerständen R1 und R2 eine Brückenschaltung. Die Differenz zwischen den Heizwerten des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a** und des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b** wird in Abhängigkeit von der Luftdurchflußmenge kompensiert. Der Heizstrom für den stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** und für den stromabseitigen Heizwiderstand **140b** wird jedoch durch den Operationsverstärker Op und den Transistor Tr so geregelt, daß die Temperaturen auf einem Wert gehalten werden können, der um eine gegebene Temperaturdifferenz ΔT_h (z. B. 150 °C) höher als derjenige der Ansauglufttemperatur ist, der von dem Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** erfaßt wird. Da die Ansaugluftdurchflußmenge zu der kompensierten Heizwertdifferenz der Heizwiderstände **140a** und **140b** proportional ist, entspricht der Wert des durch die Heizwiderstände **140a** und **140b** fließenden Stroms der Luftdurchflußmenge. Dieser Strom wird durch den Widerstand R1 in eine Spannung umgesetzt und ausgegeben.

[0067] Nun wird das Prinzip der Richtungserfassung in der gezeigten Ausführungsform des thermischen Luftdurchflußmengensensors **100** mit Bezug auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) erläutert.

[0068] Wenn die Luftdurchflußmenge null ist, wird zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** und dem stromabseitigen Heizwiderstand **140b** keine Temperaturdifferenz erzeugt. Wenn jedoch die Ansaugluftmenge strömt, wird der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** durch die Ansaugluft **10a** stärker gekühlt als der stromabseitige Heizwiderstand **140b**. Der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** und der stromabseitige Heizwiderstand **140b** sind in Serie geschaltet, so daß durch sie der gleiche Heizstrom fließt. Da folglich die zugeführte Wärmemenge für beide Widerstände konstant ist, ist die Temperatur des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a** niedriger als die Temperatur des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b**. Wenn jedoch die Strömungsrichtung der Ansaugluft umgekehrt wird, ist die Kühlungswirkung entgegengesetzt, so daß der stromabseitige Heizwiderstand **140b** stärker als der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** gekühlt wird. Dann ist die Temperatur des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b** niedriger als diejenige des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a**. Durch Vergleichen der beiden Klemmenspannungen des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a** und des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b** durch einen Operationsverstärker Op3, was einem Temperaturvergleich der beiden Widerstände entspricht, kann die Strömungsrichtung der Ansaugluft erfaßt werden.

[0069] Wenn der thermische Luftdurchflußmengensensor in der Ansaugluftleitung einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs oder dergleichen installiert ist, strömt die Luft normalerweise von einem Luftreiniger zur Brennkraftmaschine **10a**. Unter bestimmten Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine tritt jedoch gelegentlich eine entgegengesetzte Luftströmung von der Brennkraftmaschine zum Luftreiniger (Pumpströmung **10b**) auf. Daher ist die Richtungserfassungsfunktion ein wichtiges Merkmal.

[0070] Nun wird ein Verfahren zur Korrektur der Änderung von Eigenschaften bei einem Anhaften oder Ablagern von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors beschrieben.

[0071] Die Ansaugluft, die sich durch den thermischen Luftdurchflußmengensensor **100** bewegt, bewegt sich zunächst durch den Luftreiniger, mit dem in der Ansaugluft enthaltene Schmutzsubstanzen entfernt werden sollen. Es ist jedoch nicht möglich, mit dem Luftreiniger die Schmutzsubstanzen vollständig zu entfernen. Somit kann die Ansaugluft der Brennkraftmaschine Si, Fe, Ca, Mg und Na, die in festen Partikeln, typischerweise in Sandkörnern, enthalten sind, NaCl, MgCl₂, CaCl₂, die in einem Schneesmelzmittel wie etwa Streusalz enthalten sind, Motorschmieröl, das in Abgasen enthalten sind, H₂O, C, das Imprägnierungsol eines Luftfilters in einem Luftreiniger des Naßtyps und dergleichen enthalten.

[0072] Da das thermische Luftdurchflußmengensensorelement **110** mit der diese Schmutzsubstanzen enthaltende Ansaugluft in direktem Kontakt ist, kann die Schmutzsubstanz auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensorelements während einer langen Nutzungsperiode anhaften oder sich ablagern.

[0073] Wenn Schmutzsubstanzen auf dem thermischen Luftdurchflußmengensensorelement **110** anhaften oder sich ablagern, wird sich eine Ausgangsspannung relativ zur Luftdurchflußmenge aufgrund eines Fehlers, der durch das Anhaften oder Ablagern der Schmutzsubstanzen verursacht wird, zur negativen Seite verschieben. Der Grund hierfür besteht darin, daß, wenn die Heizwerte der Heizwiderstände **140a** und **140b** vor der Ablagerung von Schmutzsubstanzen zunächst an die Schutzschicht **180** und dann an die Luft übertragen werden, die Heizwerte nach der Ablagerung von Schmutzsubstanzen zunächst an die Schutzschicht **180**, anschließend an die abgelagerte Schmutzsubstanzschicht und erst danach an die Luft übertragen werden. Somit ist die Temperatur der äußersten Oberfläche, die mit der Luft in Kontakt ist, um einen Betrag erniedrigt, der

dem an die abgelagerte Schmutzsubstanzschicht übertragenen Heizwert entspricht, so daß der durch den Heizwiderstand fließende Strom bei gleicher Luftdurchflußmenge abnimmt. Mit anderen Worten, die Empfindlichkeit des Wärmeaustausches zwischen der durchströmenden Luft und dem Heizwiderstand wird verringert.

[0074] Durch Anordnen eines Teils **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** über der Isolierschicht **130** (in [Fig. 2](#) die mit dem Bezugszeichen **130'** bezeichnete Membran) über dem Hohlraumabschnitt **121** und durch Erfassen der Potentialänderung (Spannungsänderung) an beiden Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140d** kann erfindungsgemäß die Korrektur der Änderung der Eigenschaften ausgeführt werden.

[0075] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist der Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** außerhalb der Membran **130'** angeordnet, während ein Teil **140d** hiervon zusammen mit den Heizwiderständen **140a** und **140b** eine Brückenschaltung bildet, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist.

[0076] Da der Widerstandswert des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** ungefähr zwanzigmal so groß wie die jeweiligen Widerstandswerte der Heizwiderstände **140a** und **140b** ist, beträgt die Größe des durch den Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** fließenden Stroms ungefähr ein Zwanzigstel des durch die Heizwiderstände **140a** und **140b** fließenden Stroms. Somit kann der Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** nur eine geringe Wärmemenge erzeugen. Ein Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstands, der über die elektrisch isolierende Schicht (elektrisch isolierender Film) über dem Hohlraumabschnitt **121** angeordnet ist, ist jedoch durch den Hohlraumabschnitt thermisch isoliert, so daß seine Wärme im wesentlichen nicht an das monokristalline Siliciumsubstrat **120** übertragen wird. Dadurch kann sich der Teil **140d** geringfügig selbst erwärmen. Die Selbsterwärmung wird mit Ausnahme des Wertes des Stroms durch denselben Mechanismus wie bei der Erwärmung der Heizwiderstände **140a** und **140b** erzeugt. Da außerdem der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstands **140c** mit der Ansaugluft in der vollständig gleichen Weise wie die Heizwiderstände **140a** und **140b** in Kontakt ist, erfolgt eine ähnliche Anhaftung oder Ablagerung von Schmutzsubstanzen wie auf den Heizwiderständen **140a** und **140b**. Aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen kann der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** somit eine Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung in ähnlicher Weise wie bei den Heizwiderständen **140a** und **140b** hervorrufen. Hierbei sind, wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, beide Enden des Paares **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstands **140c** über Leitungsdrähte **150a** bzw. **150d** mit Elektroden **160a** bzw. **160d** verbunden. Durch Messen der Potentialdifferenz V_r wird somit eine Änderung der Spannung, die mit einer Änderung der Eigenschaften aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen einhergeht, verursacht.

[0077] In [Fig. 8](#) ist ein Blockschaltplan zur Erläuterung eines arithmetischen Algorithmus gemäß einem ersten Korrekturverfahren unter der Steuerung eines Mikrocomputers, der die Spannung (Potentialdifferenz) V_r als Eingangssignal verwendet, gezeigt.

[0078] Das Potential V_r , das zwischen den Elektroden **160a** und **160b** (des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c**) vorhanden ist, und eine Spannung V_s zwischen den Elektroden **160c** und **160d** sowie ein Strom I_r werden als Eingangsparameter verwendet. Der Strom I_r wird aus dem Widerstand R_2 und der Spannung V_3 abgeleitet. Anhand der Größen V_r , V_s und I_r wird die folgende Berechnung ausgeführt:

$$R_a = \frac{V_r - V_s}{I_r} \quad (1)$$

[0079] Durch Subtrahieren des Potentials V_s des Teils **140d** des auf dem Hohlraumabschnitt (Membran) **121** befindlichen externen Lufttemperatur-Meßwiderstandes vom Potential V_r des Teils des Widerstandes **140c** wird die Komponente der Widerstandsänderung, die durch die Änderung der Ansauglufttemperatur bedingt ist, entfernt, so daß nur die Komponente der Widerstandsänderung, die mit einer Änderung des Heizzustandes aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen einhergeht (Änderung des Heizzustandes in Verbindung mit einer Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung der vom Teil **140d** des Widerstandes **140c** erzeugten Wärme) berücksichtigt wird. Durch Berechnen von V_2 mit einem aus R_a abgeleiteten Koeffizienten α_1 kann die folgende Gleichung (2) für die Korrektur einer Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen wie in [Fig. 7](#) gezeigt erhalten werden:

$$V_0 = \alpha_1 \times A \times V_2 + B \quad (2)$$

wobei A und B Koeffizienten sind.

[0080] Nun wird mit Bezug auf [Fig. 9](#) ein arithmetischer Algorithmus eines zweiten Korrekturverfahrens unter der Steuerung eines Mikrocomputers, der die Potentialdifferenz V_r als Eingangsparameter verwendet, erläu-

tert. Das erläuterte Korrekturverfahren ist ein Verfahren zum gemeinsamen Korrigieren der Änderung der Eigenschaften aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen und der Änderung der Eigenschaften aufgrund von Temperaturänderungen der Ansaugluft.

[0081] Das Potential V_r und der Strom I_r zwischen den Elektroden **160a** und **160d** werden berechnet. Hierbei wird der Strom I_r aus dem Wert des Widerstandes R_2 und aus dem Potential V_3 über dem Widerstand R_2 abgeleitet. Auf der Grundlage von V_r und I_r wird ein Widerstand des Teils **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** anhand der folgenden Gleichung (3) abgeleitet:

$$R = \frac{V_r}{I_r} \quad (3)$$

[0082] Hierbei R ist durch die folgende Gleichung (4) gegeben:

$$R = R_a + R_t \quad (4)$$

wobei R_a die Komponente der Widerstandsänderung des Heizwiderstandes aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen ist und R_t eine Komponente der Veränderung des Widerstands aufgrund der Temperaturänderung der Ansaugluft ist. Durch Berechnen von V_2 mit α_2 , d. h. mit einem Koeffizienten, der aus R abgeleitet wird, kann die folgende Gleichung (5), in der die Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund der Ablagerung von Schmutzsubstanzen korrigiert ist, erhalten werden:

$$V_0 = \alpha_2 \times A \times V_2 + B \quad (5)$$

wobei A und B Koeffizienten sind.

[0083] Es wird darauf hingewiesen, daß, obwohl in der gezeigten Ausführungsform die Isolierschicht über dem Hohlraumabschnitt **121** durch eine Membran gebildet ist und die Heizwiderstände **140a** und **140b** sowie der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** auf der Isolierschicht **130'** gebildet sind, es auch möglich ist, die Isolierschicht über dem Hohlraumabschnitt **121** anstelle der Membran als Brücke auszubilden und die Heizwiderstände sowie einen Teil des Lufttemperatur-Meßwiderstandes auf der Isolierschicht auszubilden.

[0084] Nun wird mit Bezug auf die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) eine Struktur des thermischen Luftdurchflußmengen-sensors gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung beschrieben. [Fig. 10](#) ist eine Draufsicht des thermischen Luftdurchflußsensorelements **110**, das in der gezeigten Ausführungsform verwendet wird, während [Fig. 11](#) eine Schnittansicht längs der Linie C-C in [Fig. 10](#) ist.

[0085] Das Element **110** der gezeigten Ausführungsform wird ähnlich wie in der obenbeschriebenen ersten Ausführungsform hergestellt durch Bilden der elektrisch isolierenden Schicht **130** auf dem monokristallinen Siliciumsubstrat und des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a**, des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b**, der Lufttemperatur-Meßwiderstände **140c** und **140d**. Ein von der ersten Ausführungsform abweichender Aspekt besteht darin, daß die Lufttemperatur-Meßwiderstände **140c** und **140d** in mehrere Teile (hier zwei) unterteilt sind. Diese Teile des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** und **140d** sind in Serie geschaltet. Von diesen Teilen ist ein Widerstand **140d** über dem Hohlraumabschnitt **121** angeordnet.

[0086] Es wird darauf hingewiesen, daß ähnlich wie in der ersten Ausführungsform jeder Widerstand aus einem Material gebildet ist, für das Phosphor-Fremdatome in das polykristalline Silicium diffundiert sind. Der stromaufseitige Heizwiderstand **140a** und der stromabseitige Heizwiderstand **140b** sind in dem im monokristallinen Siliciumsubstrat **110** gebildeten Hohlraumabschnitt **121** ausgebildet. Andererseits ist der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** an einer Position angeordnet, an der er durch die von den Heizwiderständen **140a** und **140b** erzeugte Wärme beeinflusst wird.

[0087] An dem Endabschnitt des Elements **110** sind die Anschlußelektroden **160a** bis **160h** ausgebildet. Ein Ende des stromaufseitigen Heizwiderstandes **140a** ist mit der Anschlußelektrode **160e** durch den Leitungsdraht **150e** verbunden. Ein Ende des stromabseitigen Heizwiderstandes **140b** ist mit der Anschlußelektrode **160f** des Leitungsdrahts **150f** verbunden. Die Verbindungsstelle **170** zwischen dem stromaufseitigen Heizwiderstand **140a** und dem stromabseitigen Heizwiderstand **140b** ist mit der Anschlußelektrode **160g** durch den Leitungsdraht **150g** verbunden. Andererseits sind beide Enden des Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140c** mit den Anschlußelektroden **160b** und **160c** durch die Leitungsdrähte **150b** bzw. **150c** verbunden. Ein Ende eines Lufttemperatur-Meßwiderstandes **140d** ist mit den Anschlußelektroden **160a** bzw. **160d** über die Leitungsdräh-

te **150a** bzw. **150d** verbunden. Die von den Anschlußelektroden **160** verschiedenen Abschnitte sind durch die Schutzschicht **180** bedeckt.

[0088] Die Querschnittsstruktur und der Herstellungsprozeß des Elements **110** sowie die Konstruktion des thermischen Luftdurchflußmengensensors **100** sind ähnlich wie in der ersten Ausführungsform der Erfindung. Daher wird eine nochmalige Beschreibung weggelassen, um die Offenbarung der Erfindung zu vereinfachen und ihr Verständnis zu erleichtern. Ebenso sind das Prinzip der Erfassung der Luftdurchflußmenge und das Prinzip der Erfassung der Strömungsrichtung der Ansaugluft ähnlich denen der ersten Ausführungsform. Daher wird eine nochmalige Beschreibung dieser Prinzipien weggelassen, um die Offenbarung der Erfindung zu vereinfachen und ihr Verständnis zu erleichtern.

[0089] Nun wird anhand der zweiten Ausführungsform der Erfindung das Verfahren zum Korrigieren der Eigenschaftsänderungen bei einer Anhaftung oder einer Ablagerung von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensors beschrieben. Der Lufttemperatur-Meßwiderstand **140c** ist ähnlich wie im Fall der ersten Ausführungsform außerhalb der Membran angeordnet, wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, und bildet zusammen mit den Heizwiderständen die Brückenschaltung.

[0090] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, ist in der zweiten Ausführungsform der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes an einer Position angeordnet, an der er durch die Wärme der Heizwiderstände **140a** und **140b** beeinflusst wird, die auf eine Temperatur in der Nähe einer vorgegebenen Temperatur ΔT_h (z. B. ungefähr 150 °C) erhitzt werden. Hierbei kann ähnlich wie in der ersten Ausführungsform auch eine Selbsterwärmung stattfinden. Im Vergleich zu der Erwärmung durch die Heizwiderstände **140a** und **140b** kann jedoch die Selbsterwärmung vernachlässigt werden.

[0091] Die Erwärmung des Teils **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes durch die Heizwiderstände **140a** und **140b** ist zu dem Heizwert der Heizwiderstände **140a** und **140b** proportional. Wenn sich daher die Wärmeleitung und die Wärmeübertragung der Heizwiderstände **140a** und **140b** aufgrund des Anhaftens oder der Ablagerung ändern, ändert sich der Heizwert, den der Teil **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes von den Heizwiderständen **140a** und **140b** aufnimmt, in ähnlicher Weise.

[0092] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, sind beide Enden des Teils **140d** des Lufttemperatur-Meßwiderstandes mit den Elektroden **160a** und **160d** durch die Leitungsdrähte **150a** und **150d** verbunden, wodurch eine Änderung der Spannung aufgrund einer Änderung der Eigenschaften, die durch eine Ablagerung oder Anhaftung von Schmutzsubstanzen bedingt ist, verursacht wird.

[0093] Durch Verwenden der Potentialdifferenz V_r ähnlich wie in der ersten Ausführungsform kann ein Ausgangssignal erhalten werden, bei dem die Änderung der Wärmeleitung und der Wärmeübertragung aufgrund von Ablagerungen von Schmutzsubstanzen mittels des in den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) gezeigten Verfahrens korrigiert ist.

[0094] In der Erfindung wie oben beschrieben ist es möglich, eine Änderung der Eigenschaften des Ausgangs des thermischen Luftdurchflußmengensensors, die durch eine Anhaftung oder Ablagerung von Schmutzsubstanzen auf der Oberfläche des thermischen Luftdurchflußmengensensorelements bedingt ist, zu vermeiden, so daß stets die anfängliche Genauigkeit des thermischen Luftdurchflußmengensensors beibehalten werden kann. Andererseits ermöglicht das Korrekturverfahren, die Eigenschaftsänderung einschließlich eines Fehlers der Eigenschaften, der durch eine Änderung der Ansauglufttemperatur bedingt ist, zu korrigieren.

[0095] Obwohl die Erfindung anhand beispielhafter Ausführungen erläutert und beschrieben worden ist, kann der Fachmann selbstverständlich viele verschiedene Änderungen, Weglassungen und Hinzufügungen vornehmen, ohne vom Erfindungsgedanken und vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Daher ist die Erfindung nicht auf die beschriebenen spezifischen Ausführungsformen eingeschränkt, sondern umfaßt alle möglichen Ausführungsformen innerhalb des Umfangs der Erfindung, der durch den Äquivalenzbereich der beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Thermischer Luftdurchflußmengensensor zum Messen einer Luftdurchflußmenge unter Verwendung eines Heizwiderstandes (**140a**, **140b**) und eines Temperaturmeßwiderstandes (**140c**) zum Messen einer Lufttemperatur, gekennzeichnet durch ein Halbleitersubstrat (**120**), wovon ein Teil entfernt ist, um im Substrat einen Hohlraum (**121**) zu definieren, wobei der Heizwiderstand (**140a**, **140b**) und ein Abschnitt (**140d**) des Tempera-

turmeßwiderstandes (**140c**) über eine elektrisch isolierende Schicht (**130**) über dem Hohlraum (**121**) angeordnet sind, während der verbleibende Abschnitt des Temperaturmeßwiderstandes (**140c**) auf dem Halbleitersubstrat (**120**) an einem von dem Hohlraum (**121**) beabstandeten Ort ausgebildet ist, und eine Einrichtung zum Korrigieren eines Luftdurchflußmengen-Meßfehlers auf der Grundlage einer Spannungsänderung an beiden Enden des über dem Hohlraum (**121**) befindlichen Abschnitts (**140d**) des Temperaturmeßwiderstandes (**140c**).

2. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der über dem Hohlraum (**121**) befindliche Abschnitt (**140d**) des Temperaturmeßwiderstandes (**140c**) an einer Position angeordnet ist, an der er durch den Heizwiderstand (**140a**, **140b**) erwärmt wird.

3. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch isolierende Schicht (**130**) in Form eines dünnen Films ausgebildet ist.

4. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch isolierende Schicht (**130**) in Form eines dünnen Films ausgebildet ist.

5. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt (**140d**) des Temperaturmeßwiderstandes (**140c**) ausgehend vom Halbleitersubstrat (**120**) über den Hohlraum (**121**) übersteht.

6. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschnitt (**140d**) des Temperaturmeßwiderstandes (**140c**) ausgehend von dem Halbleitersubstrat (**120**) über den Hohlraum (**121**) übersteht.

7. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturmeßwiderstand durch eine Serienschaltung mehrerer Widerstände (**140c**, **140d**) gebildet ist, wovon sich einer über dem Hohlraum (**121**) befindet.

8. Thermischer Luftdurchflußmengensensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturmeßwiderstand durch eine Serienschaltung mehrerer Widerstände (**140c**, **140d**) gebildet ist, wovon sich einer über dem Hohlraum (**121**) befindet.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

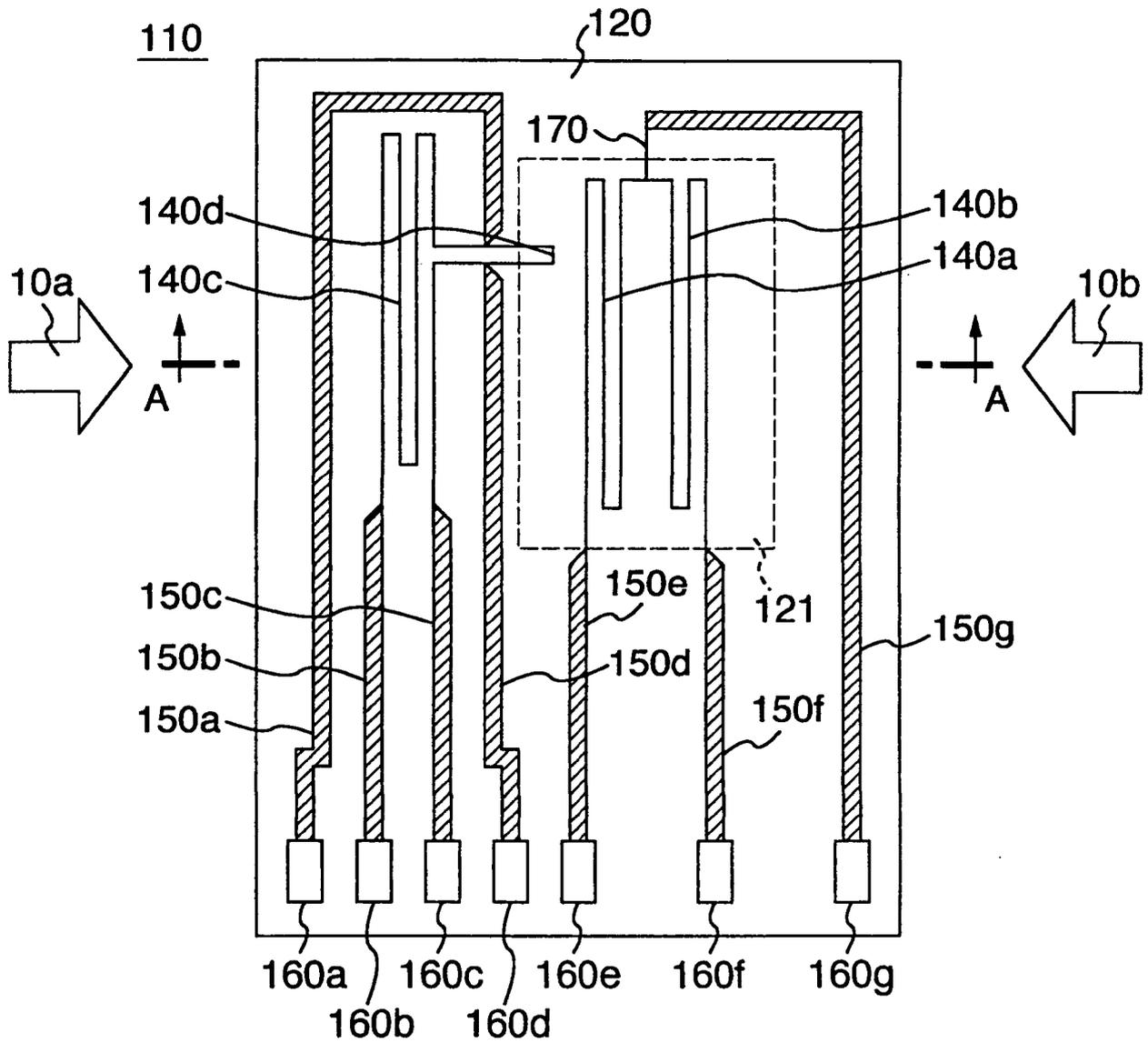


FIG. 2

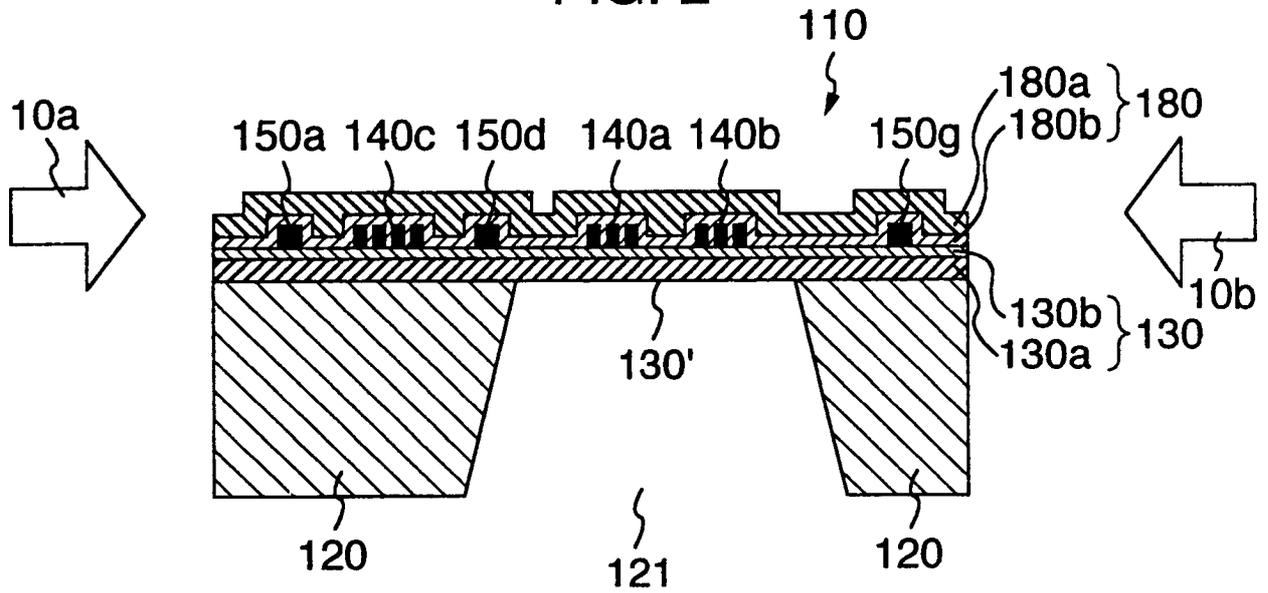


FIG. 3

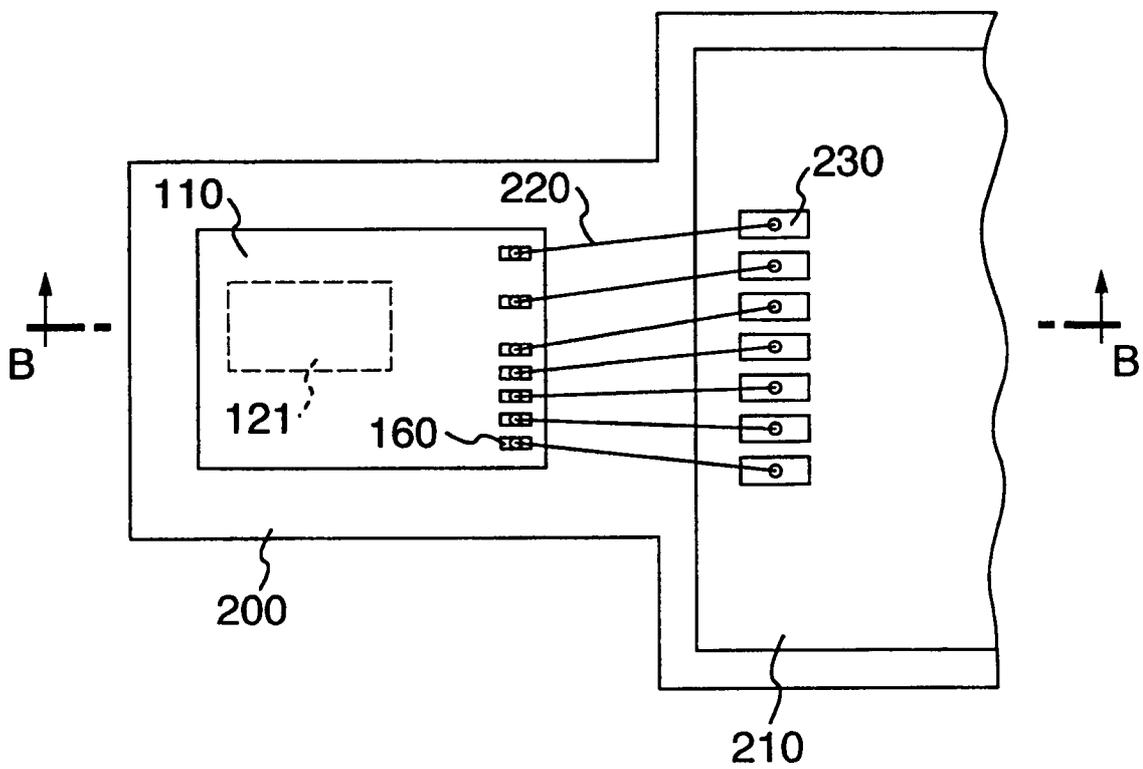


FIG. 4

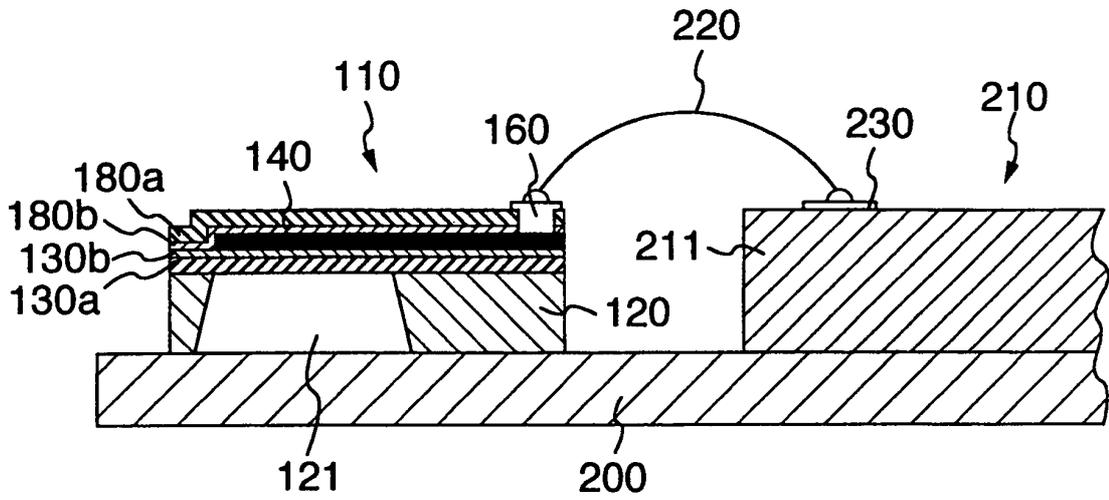


FIG. 5

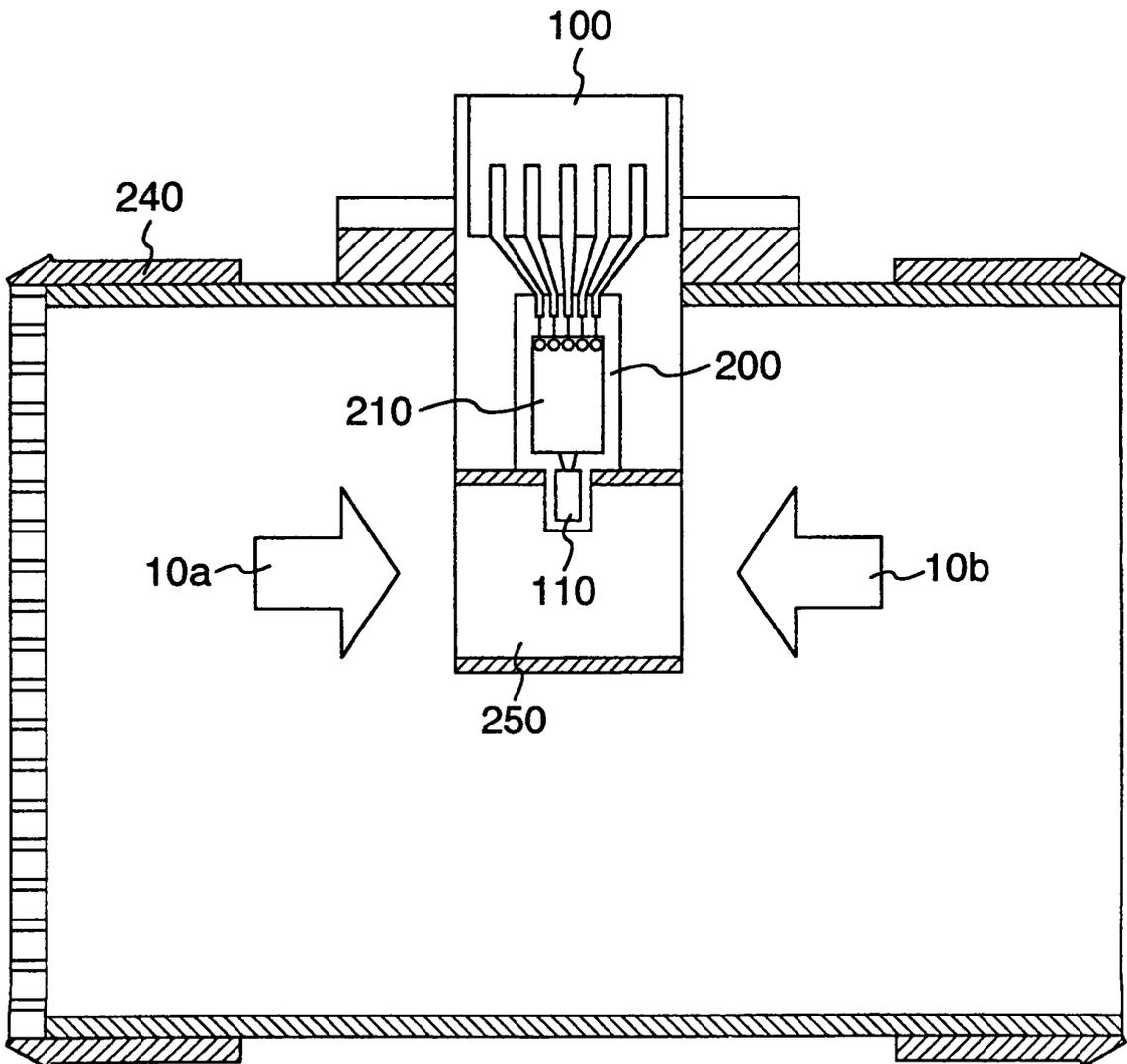


FIG. 6

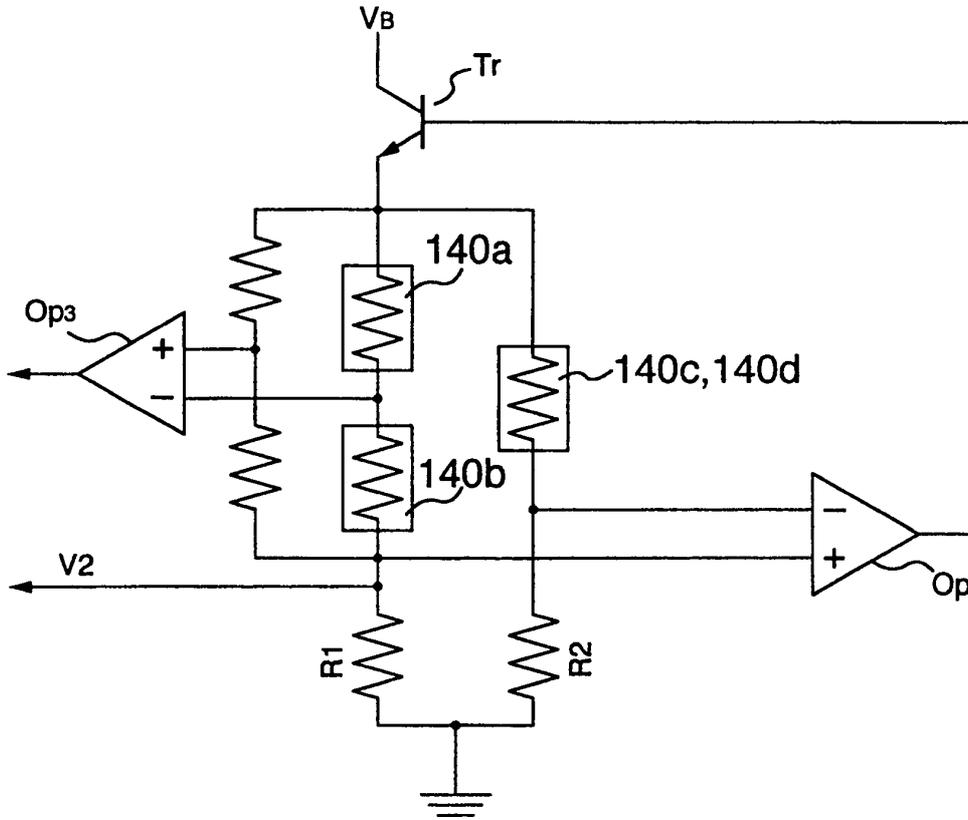


FIG. 7

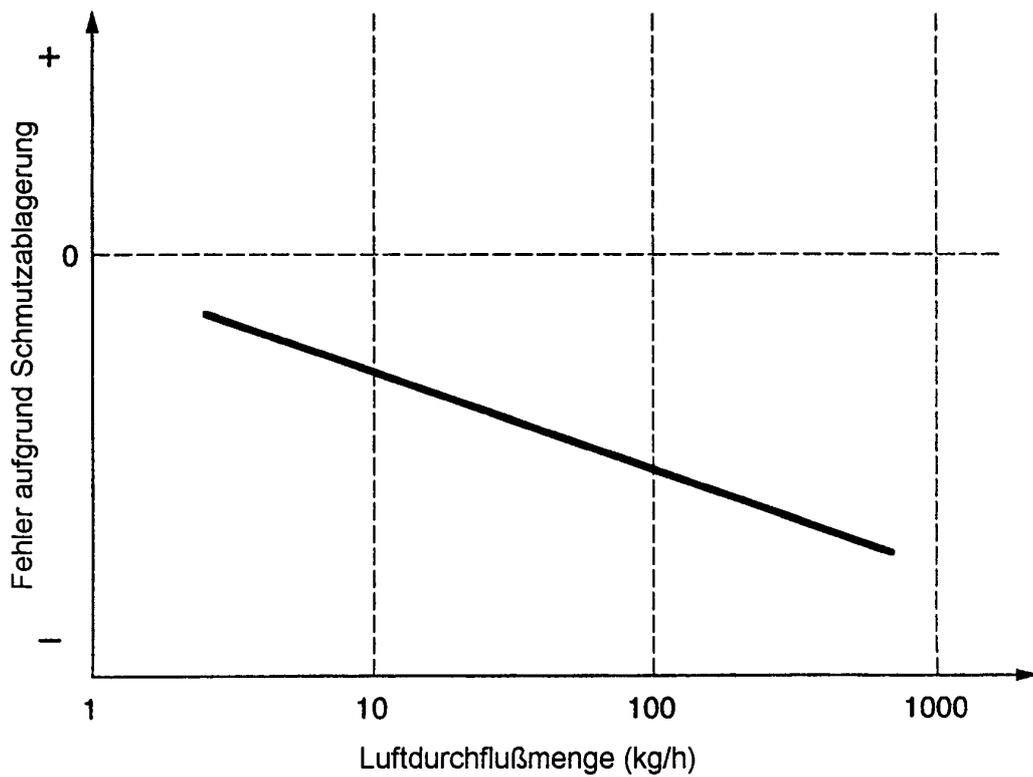


FIG. 8

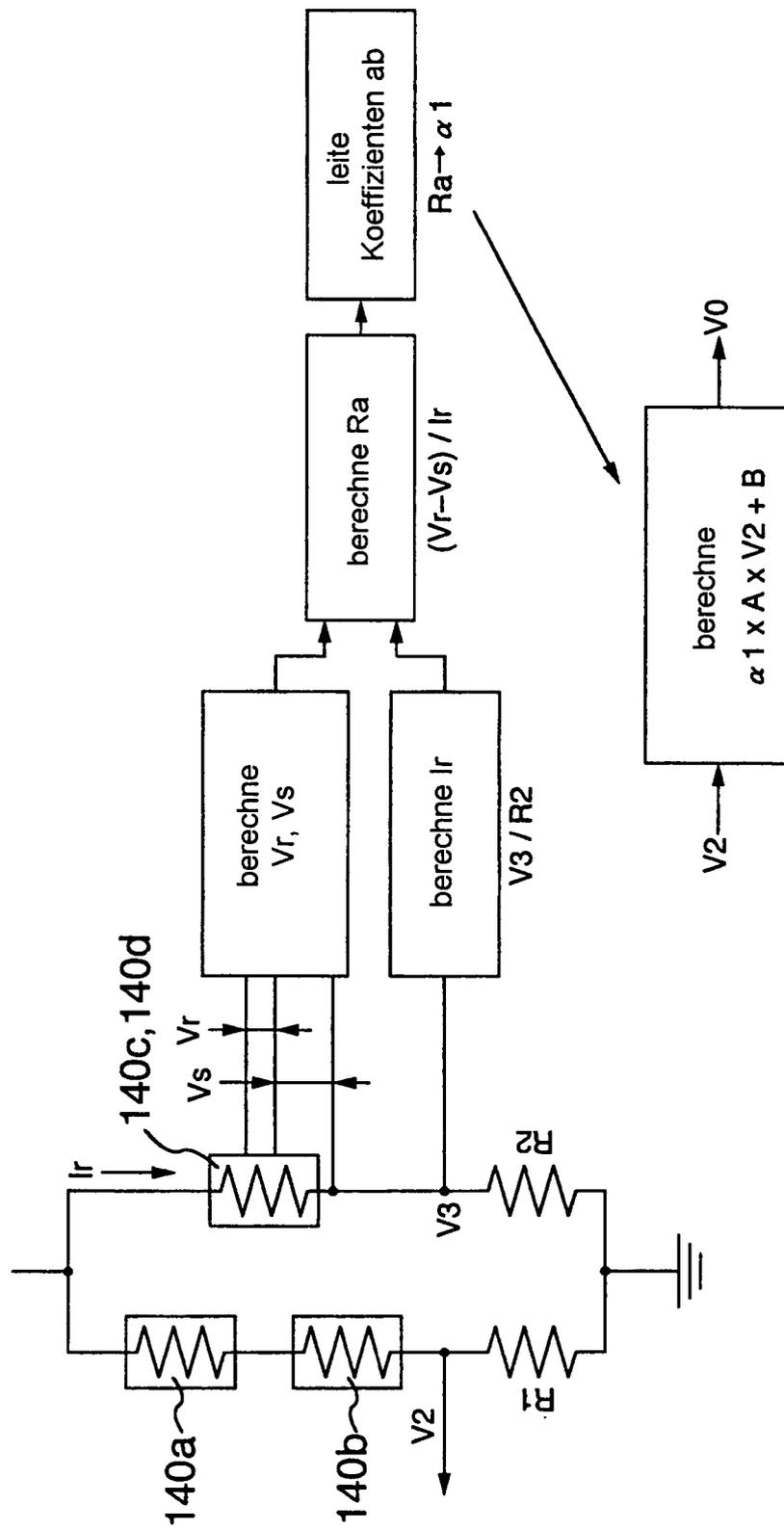


FIG. 9

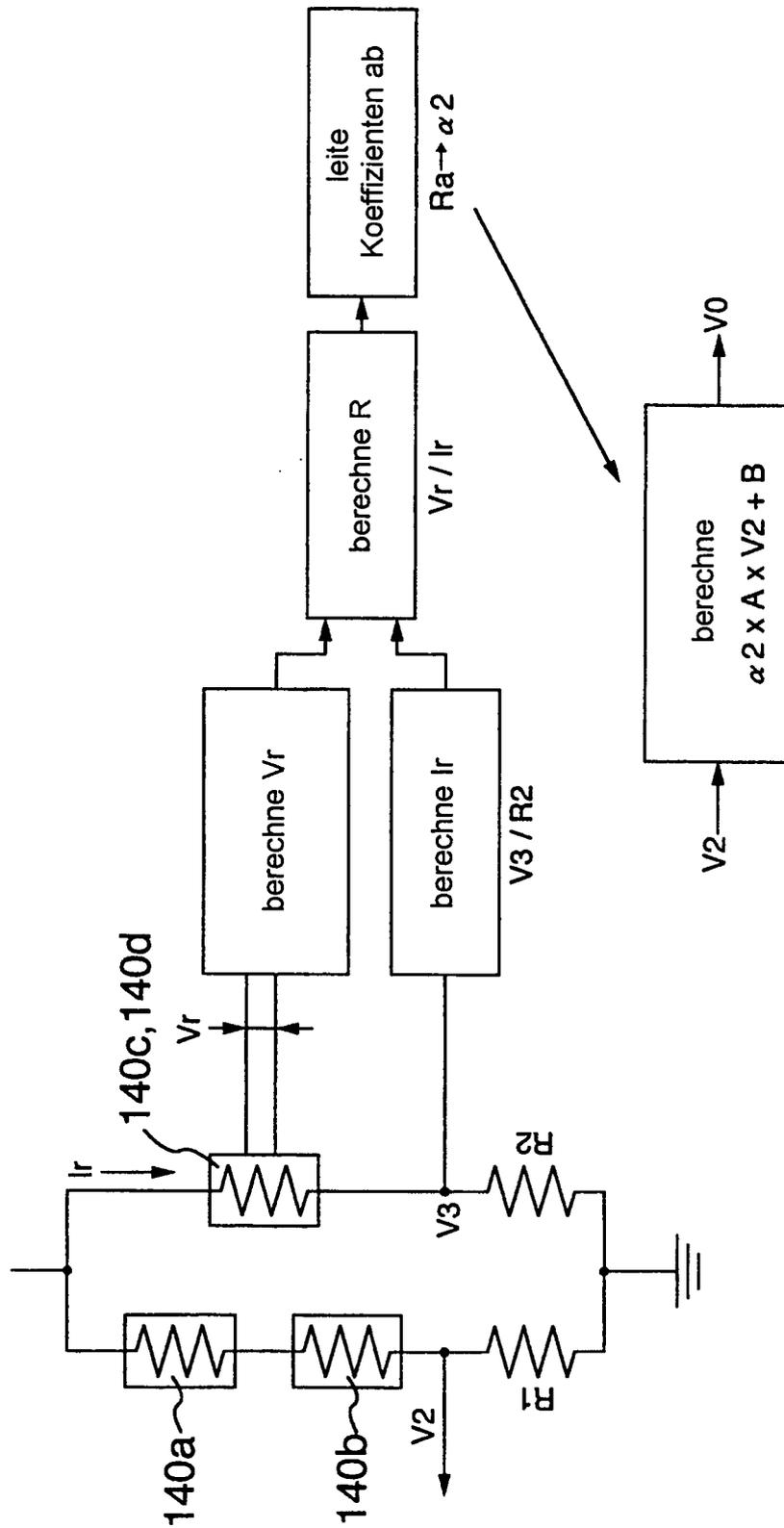


FIG. 10

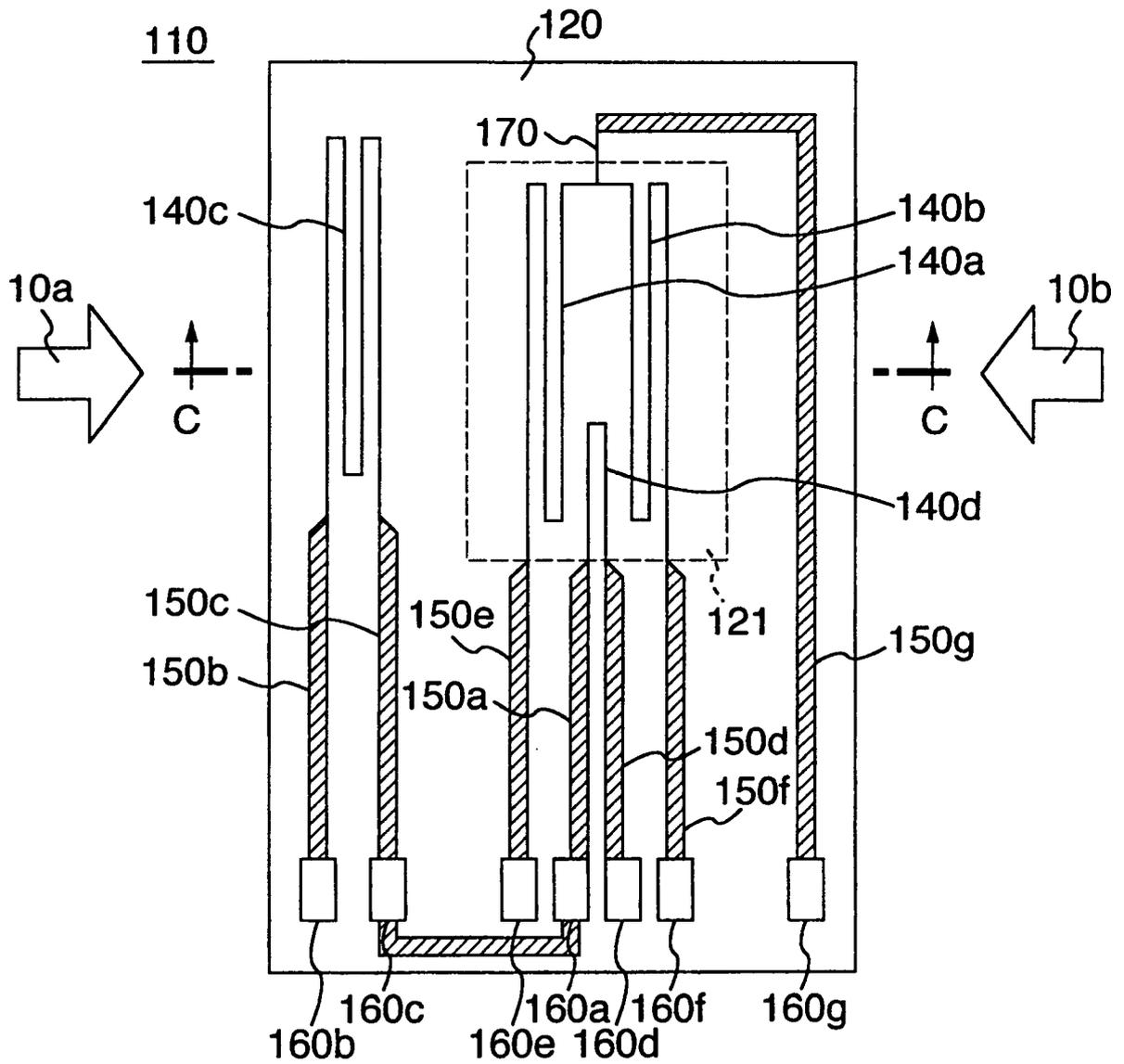


FIG. 11

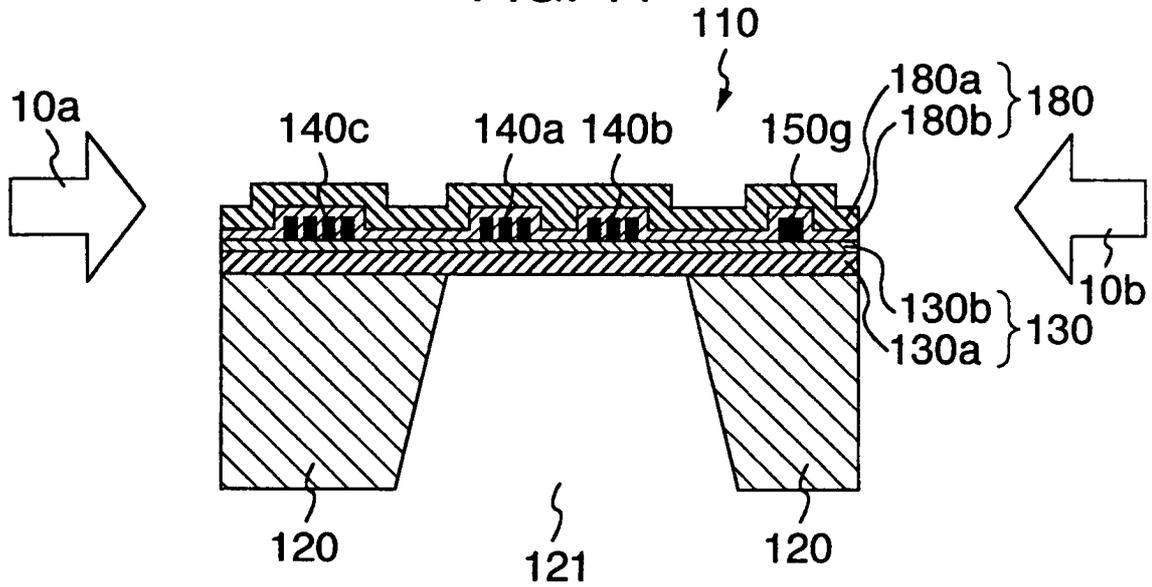


FIG. 12A

Stand der Technik

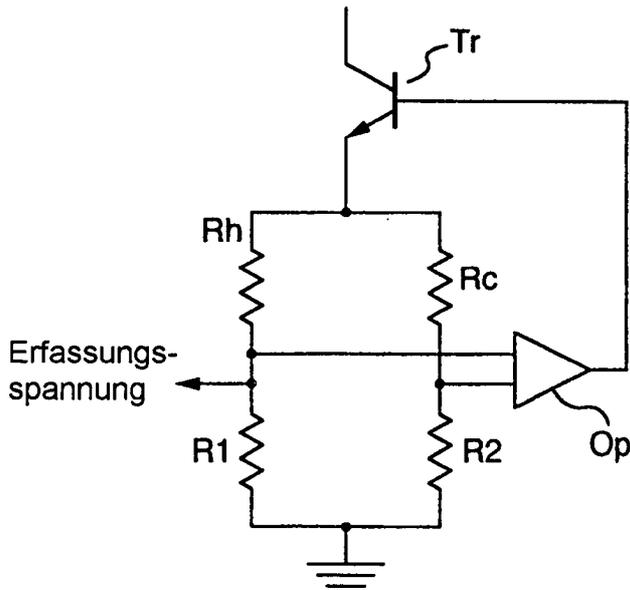


FIG. 12B

Stand der Technik

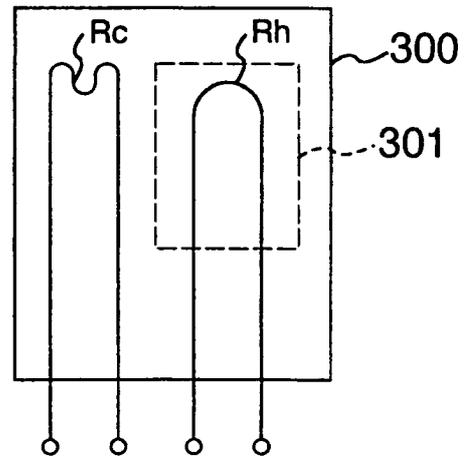


FIG. 13A
Stand der Technik

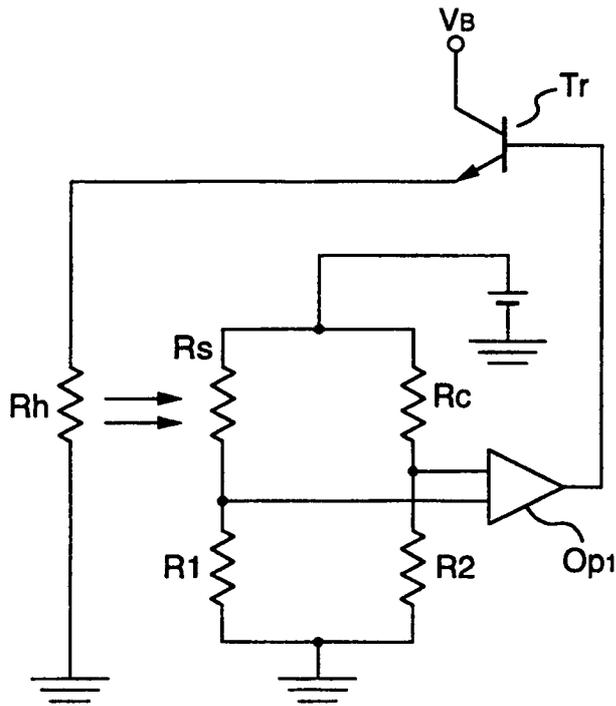


FIG. 13B
Stand der Technik

