



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

209 907

Int.Cl.³ 3(51) G 01 F 1/68

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 F/ 2425 388

(22) 16.08.82

(44) 23.05.84

(71) siehe (72)

(72) WERTHSCHUETZKY, ROLAND, DR.-ING., DD;

(54) **MINIATURISIERTER HALBLEITERDURCHFLUSSSENSOR**

(57) Die Erfindung betrifft einen miniaturisierten Halbleiterdurchflußsensor für Flüssigkeiten und Gase und ist besonders für die Massenproduktion derartiger Sensorelemente geeignet. Aufgabe der Erfindung ist es, einen Durchflußsensor auf der Basis integrierter Halbleiterwiderstände zu schaffen, der eine bessere Ermittlung der mittleren über dem Chip vorhandenen Strömungsgeschwindigkeit ermöglicht und damit eine geringere Abhängigkeit von Strömungsturbulenzen aufweist. Erreicht wird das dadurch, daß der auf einer isolierenden Trägerplatte befindliche erste Chip vier integrierte temperaturempfindliche Halbleiterwiderstände aufweist, von denen jeweils zwei am vorderen und zwei am hinteren Rand des Chips angeordnet sind, daß diese vier Halbleiterwiderstände zu einer Wheatstone-Brücke geschaltet sind und daß auf dem ersten Chip weiterhin ein Heizwiderstand angeordnet ist, wobei der Strom durch den Heizwiderstand durch eine geeignete Regelschaltung stets so eingestellt ist, daß die Differenz zwischen der Temperatur des ersten Chip und dem Meßmedium stets einen vorherbestimmten konstanten Betrag aufweist.

Titel der Erfindung

Miniaturisierter Halbleiterdurchflußsensor

Anwendung der Erfindung

Die Erfindung ist zur Messung des Durchflusses von Flüssigkeit und Gasen anwendbar und ist besonders vorteilhaft für die Massenproduktion von derartigen Sensorelementen geeignet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind Halbleiterdurchflußmesser, die nach dem klassischen Anemometerprinzip arbeiten, bekannt.

In der USA-PS 3992 940 ist ein derartiger Sensor beschrieben. Er besteht aus einer isolierenden Trägerplatte auf der zwei Halbleiterchips angeordnet sind. Die Trägerplatte kann in einer Rohrleitung parallel zur Rohrachse angeordnet sein. Die beiden Chips liegen beide hintereinander auf einer parallel zur Flußrichtung gedachten Linie. Der erste Chip enthält einen als Diode betriebenen Transistor als temperaturempfindliches Element und erzeugt ein der Mediumtemperatur proportionales Signal. Der zweite Chip enthält ebenfalls einen als Diode betriebenen Transistor und einen weiteren als Heizelement dienenden Transistor, wobei ein der Chiptemperatur proportionales Signal erzeugt wird. Beide Signale werden einer Regelschaltung zugeführt, die dazu dient, den zweiten Chip auf

einer Temperatur zu halten, die um einen festen Betrag oberhalb der Mediumtemperatur liegt. Wird nun die genannte Trägerplatte von dem zu messenden Medium umflossen, so wird der Transistor auf dem thermostatisierten Chip in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit infolge der abgeführten Wärme gekühlt. Die Regelschaltung bewirkt jetzt einen größeren Strom durch den Heiztransistor, um die genannte Temperaturdifferenz zwischen Mediumtemperatur und Temperatur des beheizten Chips aufrechtzuerhalten. Damit ist der Strom durch den Heiztransistor, der über eine Stromspiegelschaltung auch der Ausgangsstrom ist, ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit.

Der entscheidende Nachteil dieser Lösung ist, daß Temperaturschwankungen des Meßmediums ebenfalls eine Änderung des Ausgangssignals bewirken und damit Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit vortäuschen, die nicht vorhanden sind. Weiterhin ist es ungünstig, wenn die Kühlung des auf dem zweiten Chip vorhandenen Transistors nur an einer eng begrenzten Stelle vorgenommen wird, da dadurch Unregelmäßigkeiten im Strömungsprofil starke Auswirkungen verursachen.

Es ist ein weiterer verbesserter Halbleiterdurchflußmesser bekannt (IEEE Transactions on electron. devices, ED 29 Nr. 1/82, S. 133 ff.). Bei diesem enthält der zweite Chip, der über einen Heiztransistor und eine Regelschaltung auf eine Temperatur thermostatisiert ist, die um einen konstanten Betrag über der Mediumtemperatur liegt (z.B. 40°K), zwei Transistoren als temperaturempfindliche Elemente, die auf einer parallel zur Fließrichtung gedachten Linie nahe am Chiprand liegen. Bei diesem Sensor wird die unterschiedliche Kühlung der beiden Transistoren ausgenutzt, die sich in einer Spannungsdifferenz niederschlägt, die mit Verstärkern entsprechend verstärkt wird. Die Temperaturdifferenz ΔT_{12} , die sich infolge des strömenden Mediums an den beiden Transistoren ausbildet, ist $\Delta T_{12} \sim C (T_1 - T_2) \sqrt{v_0}$. C ist ein Proportionalitätsfaktor, der von der Chipgröße und bestimmten Parametern des fließenden Mediums, wie thermische Leitfähigkeit, dynamische Viskosität, Vorhandensein von Turbulenzen usw., abhängt.

T_1 ist die Temperatur des thermostatisierten zweiten Chips und T_2 die Mediumtemperatur. Da die Differenz von T_1 und T_2 konstant gehalten wird, ist der Einfluß der Mediumtemperatur auf das Ausgangssignal eliminiert.

Obwohl diese Lösung gegenüber Widerständen als Temperaturfühler eine höhere Empfindlichkeit besitzt, ist die Herstellung durch die größere Anzahl der technologischen Schritte im Zyklus 1 entsprechend aufwendig. Desweiteren lassen sich bekannte Widerstandsstrukturen zur Druck- oder Temperaturmessung nicht zusätzlich zur Durchflußmessung verwenden. Die Anordnung von zwei Transistoren auf einer Linie, wie oben beschrieben, schafft eine relativ hohe Abhängigkeit von Strömungsturbulenzen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, auf der Grundlage der zuletzt beschriebenen Lösung einen Durchflußsensor zu schaffen, der in der Herstellung billiger ist und der es ermöglicht, integrierte Widerstandsstrukturen, die zur Druck- oder Temperaturmessung genutzt werden, zusätzlich auch für die Durchflußmessung anwendbar zu machen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Durchflußsensor auf der Basis integrierter Halbleiterwiderstände zu schaffen, der eine bessere Ermittlung der mittleren über den Chip vorhandenen Strömungsgeschwindigkeit ermöglicht und damit eine geringere Abhängigkeit von Strömungstrubulenzen gewährleistet.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß der auf der isolierenden Trägerplatte befindliche erste Chip vier integrierte temperaturempfindliche Halbleiterwiderstände aufweist, von denen jeweils zwei am vorderen und zwei am hinteren Rand des ersten Chips (in Richtung des fließenden Mediums gesehen) angeordnet sind, daß diese vier Halbleiterwiderstände zu einer Wheatstone-Brücke geschaltet sind und daß auf dem ersten Chip weiterhin ein Heizwiderstand angeordnet ist, wobei der Strom durch den Heizwiderstand durch eine geeignete Regelschaltung stets so eingestellt

ist, daß die Differenz zwischen der Temperatur des ersten beheizten Chips und dem Meßmedium stets einen vorherbestimmten festen Betrag aufweist.

Die weitere Ausgestaltung der Erfindung sowie ihre Wirkungsweise ergibt sich aus den Unteransprüchen sowie dem Ausführungsbeispiel.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Die dazugehörigen Zeichnungen bedeuten:

- Fig. 1 Draufsicht auf den ersten Chip
- Fig. 2 Schnitt durch einen Durchflußsensor
- Fig. 3 elektronische Auswerteschaltung zur Erzeugung eines dem Durchfluß proportionalen Signals

Der erfindungsgemäße Halbleiterdurchflußsensor besteht gemäß Fig. 2 aus einer isolierenden Platte 7, die günstigerweise aus Keramik hergestellt sein kann, auf der ein erster Chip 1 und ein zweiter Chip 6 angeordnet ist. Die Abmessungen dieser Keramikplatte 7 sind etwa 5 mm x 5 mm ... 10 mm x 10 mm.

Der erste Chip 1, der zum Beispiel von quadratischer Form sein kann, enthält gemäß Fig. 1, in der Nähe seiner vier Ecken je einen temperaturempfindlichen integrierten Halbleiterwiderstand R_{s1} , R_{s2} , R_{s3} und R_{s4} , die über geeignete Anschlußbahnen 2 zu einer Wheatstone-Brücke 5 geschaltet sind.

Auf dem ersten Chip 1 ist weiterhin ein Heizwiderstand 3 angeordnet, der zur Thermostatisierung des Chips 1 dient. Die Widerstände R_{s1} ... R_{s4} und 3 sind mittels bekannter Verfahren der Planartechnologie wie z.B. Diffusion oder Implantation hergestellt. Um eine gute und gleichmäßige Aufheizung des Chips 1 zu gewährleisten, ist der Heizwiderstand 3 entlang einer der Mittellinien mäanderförmig über die ganze Chipgröße ausgebildet. Auf dem Chip 6 ist ebenfalls ein integrierter temperaturempfindlicher Halbleiterwiderstand R_{s5} zur Erzeugung eines der Mediumtemperatur proportionalen Signals angeordnet. Beide Chips 1 und 6 sind mit ihrer aktiven Seite auf dem Keramikträger befestigt und auf diese Weise wirksam vor den Einflüssen des Meßmediums geschützt. Es ist jedoch ebenso möglich, diesen notwendigen Schutz durch eine Passivierungsschicht, z.B. aus SiO_2 zu

gewährleisten.

Der Strom durch den Heizwiderstand wird durch eine Regelschaltung stets so eingestellt, daß die Temperatur des beheizten Chips 1 immer um einen konstanten Betrag, z.B. $30...50^{\circ}\text{K}$, oberhalb der Mediumtemperatur liegt. Die Regelschaltung besteht aus einem in Reihe zu dem Heizwiderstand 3 liegenden Stelltransistor 8, der von einem Operationsverstärker 9 angesteuert wird.

Der eine Eingang des Operationsverstärkers liegt an einem Spannungsteiler, bestehend aus R_{s5} und einem Festwiderstand 10 und erhält damit ein der Mediumtemperatur T_2 proportionales Signal. Der andere Eingang des Operationsverstärkers 9 liegt an einem weiteren Spannungsteiler, der aus der Wheatstone-Brücke 5 und einem weiteren Festwiderstand 11 besteht. Da der Brückenwiderstand von der Temperatur T_1 des beheizten Chips 1 abhängt, gelangt an den anderen Eingang des Operationsverstärkers 9 ein der Temperatur T_1 proportionales Signal. Der Operationsverstärker steuert über das Stellglied 8 den Strom durch den Heizwiderstand stets so, daß die Differenz $T_1 - T_2$ konstant bleibt. Erhöht sich beispielsweise durch äußere Einflüsse die Mediumtemperatur T_2 , so wird R_{s5} kleiner und damit entsteht eine Spannungsdifferenz am Operationsverstärkereingang. Diese bewirkt eine weitere Aufsteuerung des Stelltransistors 8 mit der Wirkung, daß der Heizstrom ansteigt und den Chip solange auf eine höhere Temperatur aufheizt, bis die ursprüngliche Differenz $T_1 - T_2$ wieder den vorbestimmten Wert angenommen hat. In diesem Fall ist die Spannungsdifferenz am Eingang des Operationsverstärkers 9 wieder Null.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Halbleiterdurchflußsensors beruht auf der unterschiedlichen Kühlung der vorderen Widerstände R_{s1} und R_{s2} gegenüber den hinteren Widerständen R_{s3} und R_{s4} auf dem beheizten Chip 1 durch das vorbeiströmende flüssige oder gasförmige Medium.

Der in Fig. 2 gezeigte Durchflußsensor wird zum Beispiel in einer Rohrleitung so angeordnet, daß die Längsachse der Chips 1 und 6 parallel zu der Strömungsrichtung liegt. Da der Chip 1 auf eine um ca. $30...50^{\circ}\text{K}$ über der Temperatur des vorbeiströmenden Mediums liegende Temperatur gehalten wird, werden die auf dem Chip 1 angeordneten temperaturempfindlichen Halbleiterwiderstände $R_{s1}...R_{s4}$ durch das strömende Medium gekühlt. Diese Kühlung ist bei den am vorderen Rand des Chip 1 angeordneten Widerständen R_{s1} und R_{s2} größer als bei den hinteren R_{s3} und R_{s4} .

so daß sich eine Temperaturdifferenz und damit auch eine Differenz in den Widerstandswerten in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit einstellt. Die genannte Temperaturdifferenz ΔT ist der Wurzel aus der Strömungsgeschwindigkeit und der Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ proportional. Die Widerstandswerte der vorderen Widerstände R_{s1} und R_{s2} sind somit kleiner als die der hinteren R_{s3} und R_{s4} , so daß die sonst abgegliche Wheatstone-Brücke nunmehr verstimmt ist. Die Brückenausgangsspannung U_a ist damit ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des Meßmediums. Wenn α_R der Temperaturkoeffizient der Widerstände $R_{s1} \dots R_{s4}$ ist, dann gilt: $U_a = v_o \cdot \frac{1}{2} \alpha_R \cdot \Delta T$.

Die Brückenausgangsspannung wird durch einen Operationsverstärker 12 auf einen geeigneten Wert U_a' verstärkt.

Durch die Anordnung von jeweils zwei der gleichen Temperatur ausgesetzten Widerständen wird ein Mittelwert von v_o erfaßt, wodurch die Brückenausgangsspannung U_a in geringerem Maße von Strömungsturbulenzen abhängt.

Da die Erfassung der Temperatur T_2 des Meßmediums zur Thermostatisierung des Chip 1 ohnehin notwendig ist, kann es sehr vorteilhaft sein, daß an dem einen Eingang des Operationsverstärkers 9 liegende Signal, welches der Mediumtemperatur proportional ist, über einen geeigneten Verstärker 13 zu verstärken und damit ein zusätzliches Ausgangssignal $U_a = f(T_2)$ bereitzustellen. Das ist besonders dann vorteilhaft, wenn der Durchflußsensor für die Messung der Wärmemenge eingesetzt werden soll. Damit wird die sonst notwendige Messung, z.B. der Vorlauftemperatur an einem Wärmeverbraucher eingespart.

Ein Vorteil der Erfindung ist, daß durch Einbringen der beschriebenen Widerstände in bekannte integrierte Strukturen zur Druck- oder Temperaturmessung, ohne wesentlichen zusätzlichen Aufwand eine Erweiterung des Einsatzgebietes auf die Durchflußmessung erreicht werden kann. Durch die gleichzeitige Messung der Temperatur und des Durchflusses bietet sich der erfindungsgemäße Sensor besonders vorteilhaft für die Wärmemengenmessung an.

Eine vorteilhafte Ausführung der Erfindung wird bei Wahl folgender Parameter erreicht:

242538 8

7

R_2 (2): (1...10) kOhm

α_R : $5 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-2} / K$

R_H (3): 1...5 kOhm

$T_2 - T_1 = 30 \dots 50^\circ K$

$\Delta T = 0,1 \dots 0,2 K, v_o = 10 m/s$

$U_a' = 100 mV$

Chipabmessungen: 2x2...4x4 mm

Sensorabmessung: 5x5...10x10 mm

Medium: Gase, Flüssigkeiten

$v_o = 0,5 m/s \dots 20 m/s$

26.NOV.1982*050626

Erfindungsanspruch

1. Miniaturisierter Halbleiterdurchflußsensor mit einer aus einem isolierenden Material bestehenden Trägerplatte (7), auf der zwei Siliziumchips (1) und (6) angeordnet sind, wobei der erste Siliziumchip (1) auf einen festen Wert oberhalb der Temperatur des Meßmediums aufgeheizt ist und der zweite Siliziumchip (6) einen integrierten temperaturempfindlichen Halbleiterwiderstand (R_{s5}) zur Messung der Temperatur des Meßmediums aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Siliziumchip (1) vier integrierte temperaturempfindliche Halbleiterwiderstände (R_{s1} , R_{s2} , R_{s3} , R_{s4}) aufweist, von denen jeweils zwei am vorderen Rand des Chips (1) und zwei am hinteren Rand des Chips (1) angeordnet sind, daß diese vier Halbleiterwiderstände zu einer Wheatstone-Brücke (5) geschaltet sind, deren Brückenausgangsspannung der Quadratwurzel des Durchflusses proportional ist, und daß auf dem ersten Chip (1) weiterhin ein Heizwiderstand (3) angeordnet ist, wobei der Strom durch den Heizwiderstand durch eine geeignete Regelschaltung (4) stets so eingestellt ist, daß die Differenz zwischen der Temperatur des ersten beheizten Chips (1) und dem Meßmedium stets einen vorher bestimmten festen Betrag aufweist.
2. Halbleiterdurchflußsensor nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vier Halbleiterwiderstände auf dem ersten Chip (1) in Nähe der vier Ecken des quadratischen Chips (1) jeweils symmetrisch zu den beiden Mittellinien des Chips angeordnet sind.
3. Halbleiterdurchflußsensor nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Heizwiderstand mäanderförmig entlang einer der Mittellinien des quadratischen Chips (1) verläuft.

4. Halbleiterdurchflußsensor nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung (4) einen in Reihe zu dem Heizwiderstand (3) liegenden Stelltransistor (8) enthält, dessen Basis mit dem Ausgang eines Operationsverstärkers (9) verbunden ist, wobei der erste Eingang des Operationsverstärkers (9) mit einem Spannungsteiler, bestehend aus dem Halbleiterwiderstand (R_{s5}) des zweiten Chips (6) und einem festen Widerstand (19) und der zweite Eingang mit dem einen Diagonalkpunkt der Brücke (5), der über einen Widerstand (11) mit dem Minuspol der Speisespannung in Verbindung steht, verbunden ist.
5. Halbleiterdurchflußsensor nach einem der Punkte 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiterer Operationsverstärker (12) vorgesehen ist, dessen erster Eingang an dem Spannungsteiler, bestehend aus der Reihenschaltung des temperaturempfindlichen Halbleiterwiderstandes (R_{s5}) des zweiten Chips (6) und des Widerstandes (10) und dessen zweiter Eingang an dem Minuspol der Speisespannung liegt, so daß sein Ausgangssignal der Mediumtemperatur proportional ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

2 42538 8

10

Fig 1



