



(10) **DE 10 2012 201 214 A1** 2013.08.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 201 214.1**

(22) Anmeldetag: **27.01.2012**

(43) Offenlegungstag: **01.08.2013**

(51) Int Cl.: **G01F 1/688** (2012.01)

G01F 1/684 (2012.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333, München, DE

(72) Erfinder:
Matz, Richard, 83052, Bruckmühl, DE

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

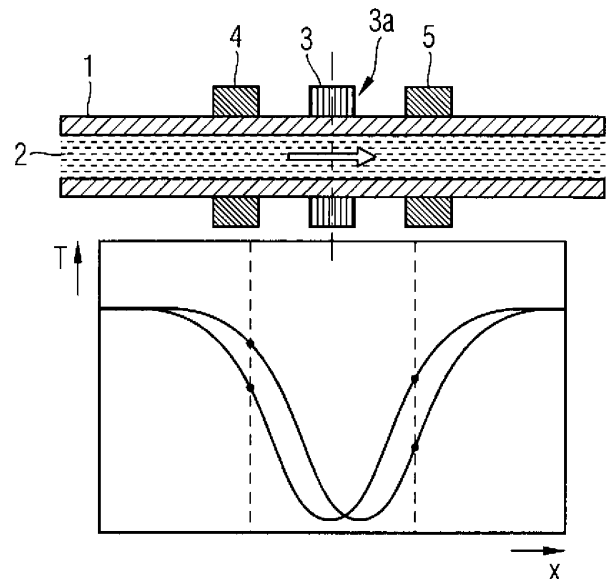
DE	43 35 332	A1
DE	94 15 073	U1
DE	100 84 999	T5
US	7 752 909	B2
US	7 971 480	B2
US	2010 / 0 037 688	A1
WO	2004/ 100 788	A1
WO	2010/ 142 999	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Durchfluss-Sensor**

(57) Zusammenfassung: Mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und eines entsprechenden Verfahrens kann eine Durchflussrate eines Strömungsmediums (2) mittels einer zu einer Querschnittsfläche flächensymmetrischen Anordnung einfach und kontaktfrei ermittelt werden. Das Strömungsmedium (2) durchströmt die Querschnittsfläche wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper (1) ein kühlender Bereich (3) angeordnet ist. Zusätzlich werden zwei Temperatursensoren (4, 5) verwendet, die symmetrisch zur Querschnittsfläche angeordnet sind. Da einem heißen Strömungsmedium (2) Wärmeenergie entzogen wird, kann ein Erfassen unterhalb von Aktivierungstemperaturen für chemische Reaktionen ausgeführt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung einer durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen Leitungskörpers fließenden Durchflussmenge eines Strömungsmediums pro Zeiteinheit.

[0002] Es soll eine Durchflussrate eines chemisch aggressiven, heißen Mediums einer Rohrleitung oder einem Behälter kontaktfrei gemessen werden können. Es sind insbesondere zwei herkömmliche Lösungen bekannt, bei denen Verschiebungen entweder in einem Ultraschallfeld oder in einem Temperaturfeld als Folge des Massenflusses detektiert werden. Im ersten Fall werden ein piezoelektrischer Sender und ein entsprechender Empfänger verwendet. In Folge einer Mitnahme von Schallwellen im fließenden Medium verändert sich die Übertragungstrecke in einer mit der Flussrate korrelierten Weise, sodass aus dem übertragenen akustischen Signal auf den Durchfluss zurückgerechnet werden kann. Im zweiten Fall wird mittels eines Heizelementes an einer Rohrleitung ein Temperaturfeld erzeugt, das sich bis ins fließende Medium erstreckt. Als Folge des Massendurchflusses wird Wärme in Fließrichtung transportiert und die Symmetrie des Feldes zu beiden Seiten des Heizers flussaufwärts beziehungsweise flussabwärts gestört. Dies wird mittels zweier thermoresistiver Elemente gemessen, die beispielsweise eine positive Temperaturcharakteristik haben, das heißt, einen mit der Temperatur zunehmenden Widerstand.

[0003] Es ist Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur kontaktfreien Bestimmung einer Durchflussrate eines Strömungsmediums durch einen Strömungsquerschnitt bereitzustellen. Das Strömungsmedium kann ein heißes, chemisch aggressives Medium sein. Der Strömungsquerschnitt kann beispielsweise mittels einer Rohrleitung oder eines Behälters bereitgestellt sein.

[0004] Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß dem Hauptanspruch und ein Verfahren gemäß dem Nebenanspruch gelöst.

[0005] Gemäß einem ersten Aspekt wird eine Vorrichtung zur Erfassung einer durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen Leitungskörpers fließenden Durchflussmenge eines Strömungsmediums pro Zeiteinheit derart bereitgestellt, dass ein erster Temperatursensor in Flussrichtung und ein zweiter Temperatursensor entgegen der Flussrichtung ausgehend von der Querschnittsfläche und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper positioniert sind und wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper ein kühlender Bereich angeordnet ist.

[0006] Gemäß einem zweiten Aspekt wird ein Verfahren zur Erfassung einer durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen Leistungskörpers fließenden Durchflussmenge eines Strömungsmediums pro Zeiteinheit ausgeführt, wobei ein erster Temperatursensor in Flussrichtung und ein zweiter Temperatursensor entgegen der Flussrichtung ausgehend von und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper positioniert werden und wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper ein kühlender Bereich angeordnet wird.

[0007] Die vorliegende Erfindung weist den Vorteil auf, dass insbesondere bei heißen Flüssigkeiten oder Gasen eine zusätzliche Beheizung mittels eines Wärmeelements vermieden werden kann, sodass unerwünschte oder für den Messvorgang nachteilige Änderungen der physikalischen oder chemischen Eigenschaften des Strömungsmediums vermieden werden können. Darüber hinaus ist in herkömmlichen Systemen hinreichend Wärme vorhanden, sodass eine zusätzliche Beheizung mittels eines Wärmeelementes keine effiziente Lösung darstellt. Die erfindungsgemäße Lösung vermeidet derartige Nachteile und ermöglicht den Betrieb eines Sensors in einem Temperaturfenster, das den Eigenschaften eines Strömungsmediums wirksamer angepasst werden kann.

[0008] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden in Verbindung mit den Unteransprüchen beansprucht.

[0009] Gemäß einer Ausgestaltung kann eine Rechereinrichtung zur Berechnung der Durchflussmenge pro Zeiteinheit mittels einer zu dieser korrelierenden Änderung eines Temperaturfeldes bereitgestellt sein, wobei die Änderung mittels des ersten und des zweiten Temperatursensors erfasst werden kann.

[0010] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann der kühlende Bereich ein Kühlelement sein. Ein Kühlelement kann elektrisch oder elektromechanisch ausgeführt sein.

[0011] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann der kühlende Bereich ein von einer Wärmeisolierung freier Bereich sein. Eine derartige Wärmeisolierung kann beispielsweise den Leitungskörper bedecken.

[0012] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper im kühlenden Bereich ein dritter Temperatursensor positioniert sein.

[0013] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung können Temperatursensoren Thermowider-

stände sein, deren elektrischer Widerstand in Abhängigkeit von der Widerstandstemperatur gemessen werden kann.

[0014] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann der elektrische Widerstand der Thermowiderstände direkt proportional zur Temperatur sein.

[0015] Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

[0016] [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel gemäß dem Stand der Technik;

[0017] [Fig. 2](#) Ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel;

[0018] [Fig. 3](#) ein zweites erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel;

[0019] [Fig. 4](#) ein drittes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel;

[0020] [Fig. 5](#) ein viertes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel;

[0021] [Fig. 6](#) ein fünftes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel;

[0022] [Fig. 7](#) ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] [Fig. 1](#) zeigt ein herkömmliches Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung und eines Verfahrens. Gemäß [Fig. 1](#) wird mittels eines Heizelementes HE an einem Leitungskörper **1**, der beispielsweise eine Rohrleitung ist, ein Temperaturfeld erzeugt. Der Graph zeigt Temperaturverläufe in Abhängigkeit von einer Position entlang einer mittels eines dicken Pfeils dargestellten Flussrichtung. Eine Position entlang der Flussrichtung entspricht einem Parameter x . T ist die Größe der Hochwertachse. Das Temperaturfeld erstreckt sich bis in ein Strömungsmedium **2**. Ausgehend von einer Querschnittsfläche des Leitungskörpers **1** wird zu dieser symmetrisch in Flussrichtung ein erster Temperatursensor **5** und entgegen der Flussrichtung ein zweiter Temperatursensor **4** bereitgestellt. Aufgrund einer Durchflussrate des Strömungsmediums **2** wird ein ursprünglich symmetrischer Temperaturverlauf verschoben. [Fig. 1](#) zeigt eine Rohrleitung als Leitungskörper **1** mit fließendem Strömungsmedium **2**, dessen Durchflussrate mit Hilfe eines außen applizierten Heizelementes HE und zweier symmetrisch angeordneter, temperaturabhängiger Widerstände **4** und **5** gemessen wird. Ein ursprüngliches symmetrisches Temperaturfeld verschiebt sich bei Durchfluss in Strömungsrichtung.

[0024] [Fig. 2](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Erfindungsgemäßen Anordnung. Die Vorrichtung erfasst eine Durchflussrate eines Strömungsmediums **2**, das durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen Leistungskörpers **1** fließt. Zu dieser Querschnittsfläche ist ein kühlender Bereich **3** und sind ein erster Temperatursensor **5** und ein zweiter Temperatursensor **4** symmetrisch ausgebildet. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der kühlende Bereich **3** ein insbesondere elektrisches Kühlelement **3a**. Der erste Temperatursensor **5** ist in Flussrichtung von der Querschnittsfläche und der zweite Temperatursensor **4** entgegen der Flussrichtung von der Querschnittsfläche symmetrisch angeordnet. Die Querschnittsfläche ist in [Fig. 2](#) als gestrichelte Linie dargestellt, die senkrecht zur Flussrichtung ausgerichtet ist. Diese Querschnittsfläche entspricht der Fläche des Leitungskörpers **1** durch die das Strömungsmedium **2** strömt. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Temperaturfeld gemäß [Fig. 1](#) umgekehrt. Dies wird dadurch bewirkt, dass ein herkömmliches Heizelement HE durch ein Kühlelement beziehungsweise einen kühlenden Bereich **3** ersetzt wird. Gemäß [Fig. 2](#) fließt in einem Leitungskörper **1**, der hier beispielsweise eine Rohrleitung ist, ein fließendes Strömungsmedium **2**, dessen Durchflussrate mit Hilfe eines außen applizierten Kühlelementes **3a** und zweier symmetrisch angeordneter temperaturabhängiger Widerstände **4** und **5** gemessen wird. Auch hier verschiebt sich ein ursprünglich symmetrisches Temperaturfeld infolge eines Durchflusses in Flussrichtung.

[0025] [Fig. 3](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Anordnung. Dabei entspricht die Anordnung gemäß [Fig. 3](#) der Anordnung gemäß [Fig. 2](#), wobei im Unterschied zu [Fig. 2](#) nun der kühlende Bereich **3** durch einen von einer Wärmeisolierung **7** freien Bereich erzeugt wird. Damit stellt [Fig. 3](#) eine erfindungsgemäße Ausführungsform eines Sensors da, die lediglich geringen aufbautechnischen Aufwand erfordert und somit Robustheit bei großer Lebensdauer bewirkt. Der gekühlte mittlere Abschnitt der Rohrleitung beziehungsweise des Behälters ist dadurch realisiert, dass eine ansonsten vorhandene Wärmeisolierung **7** lokal unterbrochen ist. An der freiliegenden Stelle der Rohrleitung kann auf diese Weise in erhöhtem Maße eine konvektive Kühlung durch die Umgebung erfolgen.

[0026] [Fig. 4](#) ergänzt die Ausführungsform gemäß [Fig. 3](#), bei der eine unterbrochene Wärmeisolierung **7** im kühlenden Bereich **3** zur Erzielung lokaler konvektiver Kühlung durch die Umgebung unterbrochen wurde, mit einem dritten Thermowiderstand **6**, der im Bereich der unterbrochenen Wärmeisolierung **7** angebracht ist. Auf diese Weise können gegebenenfalls variable Umgebungseinflüsse herausgerechnet werden, da der zusätzliche Wärmewiderstand **6** im konvektiv gekühlten Bereich Temperaturschwankungen

bei der Kühlung erfasst und diese bei der Durchflussratenbestimmung berücksichtigt werden können.

[0027] Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Fig. 5 zeigt einen kühlenden Bereich 3 und einen ersten und zweiten Temperatursensor 4 und 5 in Bezug eines im Wesentlichen parallel zu Schichten verlaufenden mikrofluidischen Kanals in einem mehrlagigen, laminierten Körper mit eingebetteten Widerstandselementen aus geeigneten metallischen Leiterbahnen, beispielsweise aus Platin, zur Realisierung von Kühlelement 3 und Thermowiderständen 4 und 5. Gemäß Fig. 5 kann eine erfindungsgemäße Vorrichtung mittels diskreter, makroskopischer Einzelelemente realisiert werden. Eine Trägheit des Temperaturfeldes und eine Messung selbst sind baugrößenabhängig, sodass ebenso miniaturisierte Versionen entwickelt werden können, beispielsweise für mikrofluidische Systeme in keramischen Mehrlagen-Schaltungsträgern, die mittels der sogenannten Niedrigtemperatur-Cofired-Keramiktechnologie gefertigt werden können. Ein entsprechendes Prinzip stellt Fig. 5 dar.

[0028] Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Fig. 6 zeigt in Ergänzung zu Fig. 5 eine schematische Darstellung eines senkrecht zu Schichten verlaufenden mikrofluidischen Kanals in einem mehrlagigen, laminierten Körper mit eingebetteten Widerstandselementen aus geeigneten metallischen Leiterbahnen, die beispielsweise Platin aufweisen, zur Realisierung eines kühlenden Bereichs 3 und von Thermowiderständen 4 und 5. Fig. 6 zeigt eine mikrofluidische Multilayer-Lösung mit einem senkrecht zu den Lagen verlaufenden Kanal, wodurch sich eine starke Miniaturisierung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bei wirksamer thermischer Entkopplung von Thermowiderständen 4 und 5 ergibt.

[0029] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur mobilen Erfassung einer Durchflussrate an einem beliebigen symmetrischen Leitungskörper. Mit einem ersten Schritt S1 wird ein erster Temperatursensor in Flussrichtung und ein zweiter Temperatursensor entgegen der Flussrichtung ausgehend von einer Querschnittsfläche des Leitungskörpers und symmetrisch zu dieser Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper positioniert. Mit einem zweiten Schritt S2 wird an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche des Leitungskörpers am oder im Leitungskörper ein kühlender Bereich angeordnet. Dies kann beispielsweise durch jede beliebige Kühlanordnung bereitgestellt werden. Die Querschnittsfläche entspricht der Fläche durch die das Strömungsmedium im Leitungskörper fließen muss.

[0030] Mittels einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und eines entsprechenden Verfahrens kann eine

Durchflussrate eines Strömungsmediums 2 mittels einer zu einer Querschnittsfläche flächensymmetrischen Anordnung einfach und kontaktfrei ermittelt werden. Das Strömungsmedium 2 durchströmt die Querschnittsfläche wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper 1 ein kühlender Bereich 3 angeordnet ist. Zusätzlich werden zwei Temperatursensoren 4, 5 verwendet, die symmetrisch zur Querschnittsfläche angeordnet sind. Da einem heißen Strömungsmedium 2 Wärmeenergie entzogen wird, kann ein Erfassen unterhalb von Aktivierungstemperaturen für chemische Reaktionen ausgeführt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung einer durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen Leitungskörpers (1) fließenden Durchflussmenge eines Strömungsmediums (2) pro Zeiteinheit, wobei ein erster Temperatursensor (5) in Flussrichtung und ein zweiter Temperatursensor (4) entgegen der Flussrichtung symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper (1) positioniert sind und wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper (1) ein kühlender Bereich (3) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Rechneinrichtung zur Berechnung der Durchflussmenge pro Zeiteinheit mittels einer zu dieser korrelierenden Änderung eines Temperaturfeldes, wobei die Änderung mittels des ersten und des zweiten Temperatursensors erfasst wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der kühlende Bereich (3) ein Kühlelement (3a) ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der kühlende Bereich (3) ein von einer Wärmeisolierung (7) freier Bereich ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper im kühlenden Bereich (3) ein dritter Temperatursensor (6) positioniert ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass Temperatursensoren Thermowiderstände sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand der Thermowiderstände direkt proportional zur Temperatur ist.

8. Verfahren zur Erfassung einer durch eine Querschnittsfläche eines zu dieser symmetrischen

Leitungskörpers fließenden Durchflussmenge eines Strömungsmediums pro Zeiteinheit, wobei ein erster Temperatursensor in Flussrichtung und ein zweiter Temperatursensor entgegen der Flussrichtung symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper positioniert werden und wobei an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper ein kühlender Bereich angeordnet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch mittels einer Rechneinrichtung ausgeführtes Berechnen der Durchflussmenge pro Zeiteinheit mittels einer zu dieser korrelierenden Änderung eines Temperaturfeldes, wobei die Änderung mittels des ersten und des zweiten Temperatursensors erfasst wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der kühlende Bereich ein Kühlelement ist.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der kühlende Bereich ein von einer Wärmeisolierung freier Bereich ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass an und symmetrisch zu der Querschnittsfläche am oder im Leitungskörper im kühlenden Bereich ein dritter Temperatursensor positioniert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 8 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass Temperatursensoren Thermowiderstände sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Widerstand der Thermowiderstände direkt proportional zur Temperatur ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

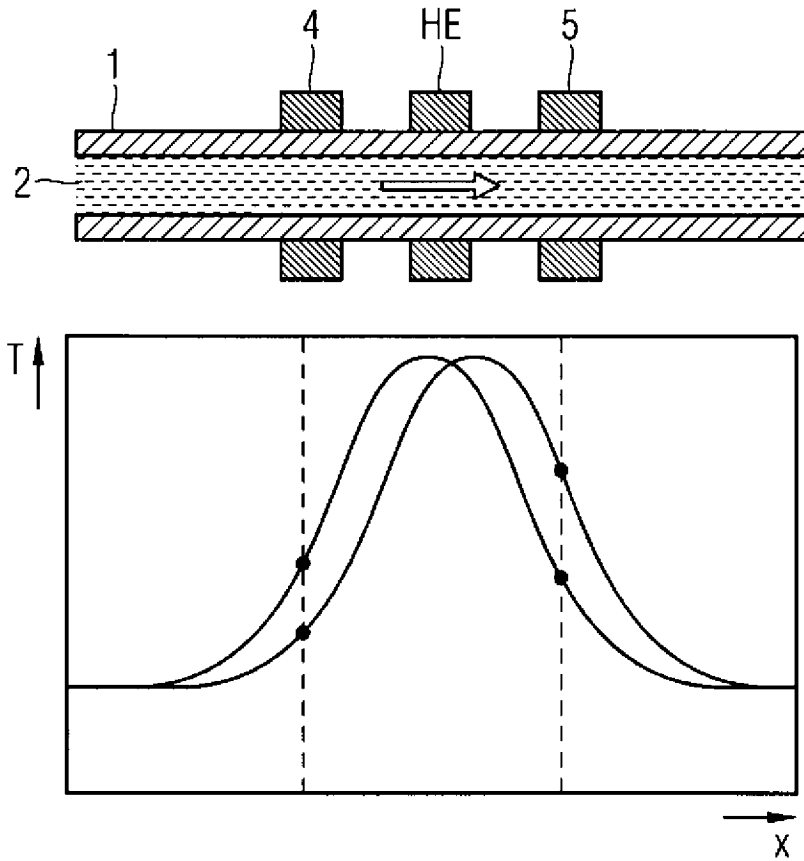


FIG 2

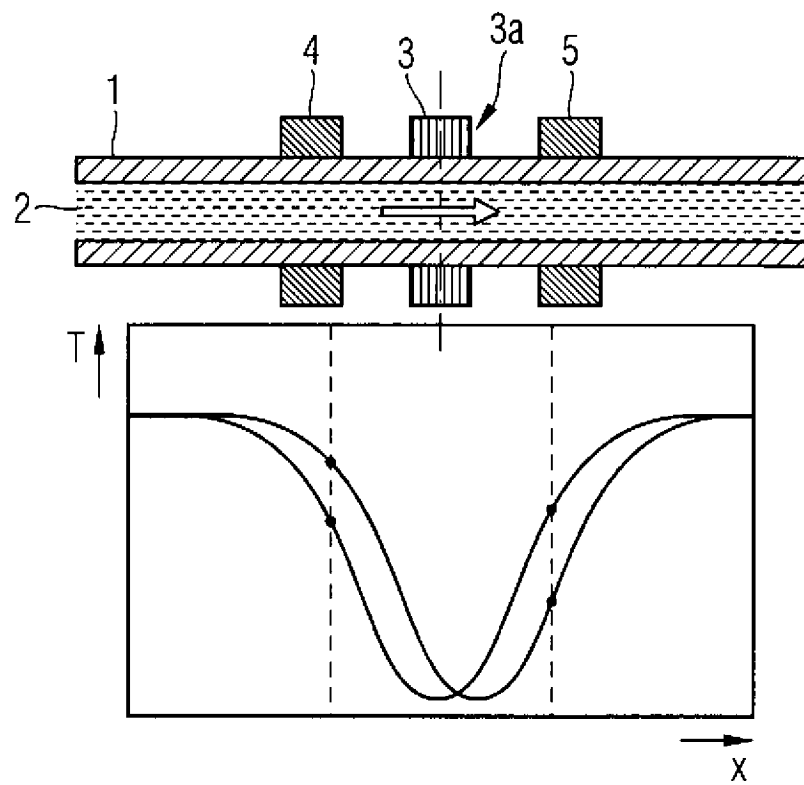


FIG 3

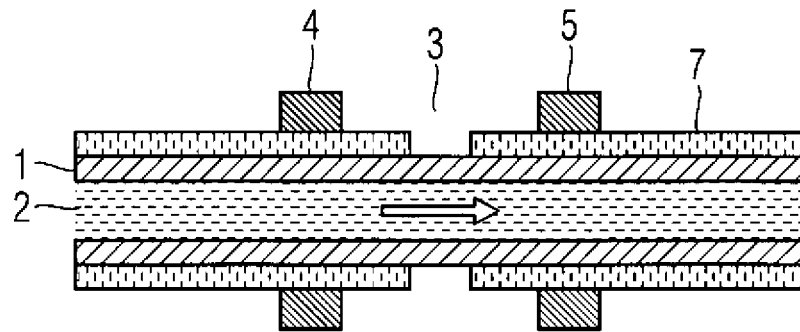


FIG 4

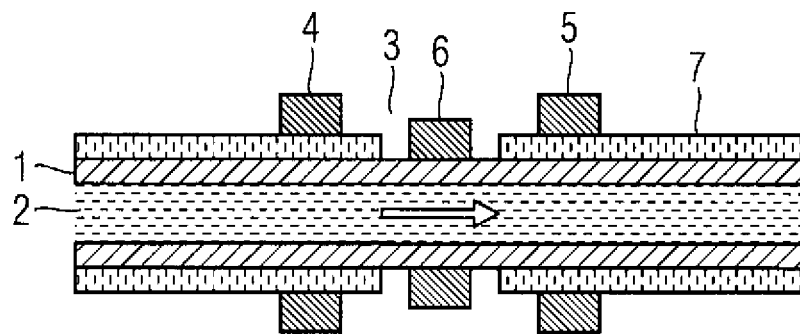


FIG 5

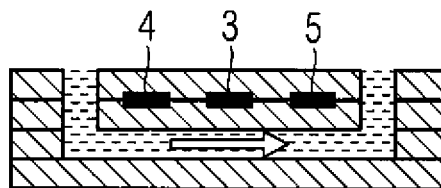


FIG 6

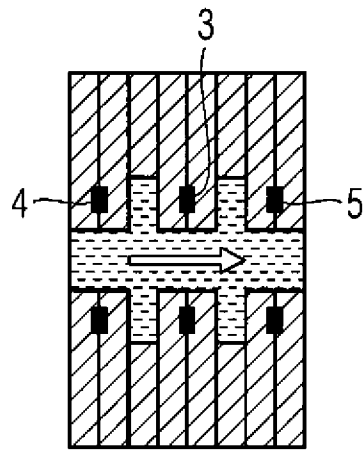


FIG 7

