



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 12 266 T2 2006.06.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 269 027 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 12 266.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/05639**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 916 156.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/066955**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.02.2001**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **13.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2003**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **27.07.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F15B 15/28 (2006.01)**
G01F 1/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
521537 08.03.2000 US

(73) Patentinhaber:
Rosemount Inc., Eden Prairie, Minn., US

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(72) Erfinder:
WIKLUND, E., David, Eden Prairie, US; KROUTH, F., Terrance, Eden Prairie, US; BRODEN, A., David, Andover, US; SCHUMACHER, S., Mark, Minneapolis, US

(54) Bezeichnung: **BIDIREKTIONALER DIFFERENZDRUCK- DURCHFLUSSSENSOR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen bidirektionalen Durchflusssensor zur Messung der Durchflussmenge bzw. -rate eines Fluidstroms. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen Differenzdruck-Durchflusssensor in der Ausführung mit einem Durchfluss-Drosselement zur Erzeugung eines Druckgefälles im Fluidstrom, dessen Messung benutzt werden kann, um die Richtung und Durchflussrate bzw. Durchflusssatz eines Fluidstroms zu bestimmen.

[0002] Durchflusssensoren lassen sich für viele unterschiedliche Verwendungszwecke einsetzen, so beispielsweise bei der Steuerung industrieller Prozesse zur Messung der Durchflussraten von Prozessmedien (Flüssigkeiten und Gasen) sowie zur Erzeugung von Signalen für Durchflussanzeiger, Steuerungen und Durchflussvolumenmesser. Differenzdruck-Durchflusssensoren messen die Fluiddurchflussrate in einem Rohr oder einer Leitung durch Erfassen des Druckgefälles über eine Diskontinuität im Innern der Leitung hinweg. Eine Möglichkeit zum Ausbilden der Diskontinuität ist die Anordnung eines Durchfluss-Drossel- oder Primärelements in der Leitung zur Erzeugung des gewünschten Druckgefälles. Ein derartiges Durchfluss-Drosselement ist beispielsweise eine Normblende, welche den Fluidfluss drosselt und das gemessene Druckgefälle erzeugt. Als Beispiel für eine Normblende wäre die von Rosemount Inc., Eden Prairie, Minnesota hergestellte Blende Modell 1195 zu nennen. Diese Durchfluss-Drosselemente sind im Allgemeinen unidirektional ausgeführt und ermöglichen Durchflussratenmessungen von Fluidströmen in nur einer Richtung.

[0003] Die US-A-5 576 498 betrifft als am nächsten kommender Stand der Technik ein Präzisions-Laminarströmungselement zur Verwendung in Massen- und Volumen-Fluiddurchflussmessern. Das Durchflusselement weist eine oder mehrere drahtumwickelte Platten mit Anordnung im Strömungspfad auf. Der Durchfluss durch das Laminarströmungselement resultiert in einem der Durchflussrate linear proportionalen Druckgefälle über das Element hinweg. Die symmetrische Konstruktion des Laminarströmungselements ermöglicht bidirektionale Durchflussmessungen.

[0004] Typische Durchflussmesssysteme zapfen die den Fluidstrom führende Leitung zu beiden Seiten des Durchfluss-Drosselements an, messen den Druck in jedem Anzapfpunkt und bedienen sich zur Erfassung des Druckgefälles eines äußeren Drucksensors. Mit Fluid gefüllte Impuls- oder Messleitungen geben den Druck eines jeden der Anzapfpunkte an den äußeren Drucksensor. Derartige Systeme erfordern relativ hohe Einbaukosten aufgrund der Tatsache, dass äußere Drucksensoren auf der Leitung aufgebracht und dass im Bereich der Leitungsanzapfpunkte Lecksicherungen vorgesehen werden müssen. Darüber hinaus dämpfen Impulsleitungen die Drucksignale und verursachen Verzögerungen, wodurch die Messempfindlichkeit und das Ansprechvermögen der Durchflussmessung reduziert werden. Auch können beim Einsatz in Gassystemen kondensierende Gase in den Impulsleitungen zu fehlerhaften Anzeigen führen. Weiter können durch den Einsatz von Impulsleitungen diese Arten von Durchflussmesssystemen lagesensitiv sein. Dies hat zur Folge, dass sie nach jeder Positionsänderung nachkalibriert werden müssen.

[0005] Es wird ein bidirektionaler Differenzdruck-Durchflusssensor bereitgestellt, der zur Bestimmung der Richtung und der Durchflussmenge bzw. Durchflussrate eines Fluidstroms konzipiert ist. Der Durchflusssensor weist ein Durchflussdrosselement, einen Differenzdrucksensor sowie eine Verarbeitungselektronik auf. Das Durchflussdrosselement ist zur Erzeugung eines Druckgefälles ausgelegt, wenn es sich im Fluidstrom befindet. Der Differenzdrucksensor ist in das Durchflussdrosselement eingebettet oder einstückig mit diesem ausgeführt und erzeugt ein für das Druckgefälle repräsentatives Differenzdrucksignal. Die Verarbeitungselektronik ist in das bidirektionale Drosselement eingebettet und bildet ein für die Richtung und die Durchflussmenge bzw. Durchflussrate des Fluidstroms repräsentatives Durchflussratensignal als Funktion des Differenzdrucksignals.

[0006] Es zeigen:

[0007] [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Schema eines an einer Leitung in einer Prozessanlage angebrachten Durchflusssensors;

[0008] [Fig. 2](#) eine Darstellung eines im Innern einer Leitung angeordneten Durchflusssensors nach einer Ausführungsform der Erfindung;

[0009] [Fig. 3a–Fig. 3c](#) Querschnittsansichten von Ausführungsformen eines Durchfluss-Drosselements entlang der Linie A-A von [Fig. 2](#), in denen einzelne Komponenten weggelassen sind;

- [0010] [Fig. 4–Fig. 6](#) Querschnittsansichten von Ausführungsformen der Erfindung entlang der Linie B-B von [Fig. 2](#);
- [0011] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) vereinfachte Blockschaltbilder der zur Erstellung von Durchflussratenberechnungen vorgesehenen Schaltungen gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung;
- [0012] [Fig. 9](#) eine Querschnittsansicht eines in einer Leitung installierten Durchflusssensors;
- [0013] [Fig. 10](#) eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;
- [0014] [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) Querschnittsansichten weiterer Ausführungsformen der Erfindung;
- [0015] [Fig. 13a–f](#) Darstellungen von Durchfluss-Drosselementen nach verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung; und
- [0016] [Fig. 14](#) eine Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.
- [0017] Mit der vorliegenden Erfindung wird ein bidirektionaler Differenzdruck-Durchflusssensor bereitgestellt, in dem Komponenten eines Differenzdrucksensors einstückig bzw. integral mit dem Durchfluss-Drosselement ausgebildet sind. Der Durchflusssensor ist in den Fluidstrom einsetzbar, so dass das Durchfluss-Drosselement ein Druckgefälle erzeugt, das vom Differenzdrucksensor erfasst werden kann. Der Differenzdrucksensor ist so konzipiert, dass er ein für das erfasste Druckgefälle repräsentatives Signal erzeugt. Eine mit dem Differenzdrucksensor gekoppelte Verarbeitungselektronik ist für die Bildung eines Signals geeignet, das für die Größe der Durchflussmenge bzw. Durchflussrate und die Richtung des Fluidstroms als Funktion des Differenzdrucksignals steht.
- [0018] [Fig. 1](#) stellt auf das Beispiel einer Prozessanlage bezogen eine Umgebung dar, in welcher der generell mit der Bezugsziffer **10** bezeichnete erfindungsgemäße Durchflusssensor eingesetzt werden kann. Der Durchflusssensor **10** ist zur Erzeugung und Erfassung eines Druckgefälles, das zur Bestimmung der Durchflussrate bzw. Durchflussmenge eines Fluidstroms durch die Leitung sowie in den und aus dem Prozessbehälter **14** in der Leitung **12** installiert. Der Fluidstrom kann eine Flüssigkeit oder Gas umfassen. Der Durchflusssensor **10** kann über eine Zweidraht-Steuerschleife **18** elektronisch mit dem Steuersystem **16** oder eine sonstige Verarbeitungselektronik gekoppelt sein. Das Steuersystem **16** befindet sich üblicherweise im Leitstand **17** der Prozessanlage. Das Steuersystem **16** ist zur Steuerung und zum Empfang von durchfluss-relevanten Informationen vom Durchflusssensor **10** über die Zweidraht-Steuerschleife **18** mittels eines normalen 4–20 mA Analogsignals oder eines Digitalsignals nach einem digitalen Übertragungsprotokoll wie eines multiplex adressierbaren Ferntransducers = Highway Addressable Remote Transducer (Hart[®]), Foundation[™], Fieldbus, Profibus PA, Profibus DP, Device Net, Controller Area Network (CAN), Asi oder sonstigen digitalen Übertragungsprotokollen, wie sie normalerweise in der Industrie benutzt werden, einsetzbar. Weiter kann der Durchflusssensor **10** in leistungsarmer Ausführung zur ausschließlichen Versorgung mit über die Steuerschleife **18** empfangener Energie vorgesehen werden.
- [0019] Das vom Durchflusssensor **10** erzeugte Durchflussratensignal repräsentiert die Durchsatzmenge bzw. -rate des Fluidstroms und dessen Strömungsrichtung. Ist das Durchflusssignal beispielsweise ein Analogsignal (4–20 mA), so lassen sich die Durchflussmenge bzw. rate und die Richtung des Fluidstroms über die Signalstärke darstellen. Eine Null-Durchflussmenge kann durch eine Null-Durchsatzgröße wie die Stromstärke 12 mA angezeigt werden. Ein in Negativrichtung fließender bzw. negativer Fluidstrom ist durch ein Durchflusssignal mit einer Stromstärke darstellbar, welche geringer ist als die Null-Durchsatzgröße. Ein positiver Fluidstrom ist durch ein Durchflusssignal mit einer Stromstärke darstellbar, welche größer ist als die Null-Durchsatzgröße. Die Differenz zwischen der Stärke des Durchflusssignals und der Null-Durchsatzgröße lässt sich zur Bestimmung der Durchflussmenge bzw. -rate von positiven oder negativen Fluidströmen heranziehen. Beispielsweise könnte eine Vergrößerung der Differenz zwischen der Größe des Durchflusssignals und der Null-Durchsatzgröße eine Zunahme der Durchflussrate eines positiven oder des negativen Fluidstroms bedeuten. Weiter können die vorerwähnten Übertragungsprotokolle ebenfalls die Richtung und die Durchflussrate des Fluidstroms mitteilen.
- [0020] [Fig. 2](#) zeigt eine vereinfachte Darstellung einer Ausführungsform des Durchflusssensors **10** in einer Leitung **12**. Der Durchflusssensor **10** weist allgemein ein Durchfluss-Drossel- oder Primärelement **20** sowie einen in das Drosselement **20** eingebetteten oder einstückig mit diesem ausgebildeten Differenzdrucksensor **22** auf. Generell ist das Durchfluss-Drosselement **20** als bidirektionale Drossel ausgebildet, die eine Diskon-

tinuität im Fluidstrom zur Erzeugung eines Druckgefälles über die erste und zweite Seite **24**, **26** des Drossellements **20** bildet. Ein positives Druckgefälle tritt dann ein, wenn der Druck auf der ersten Seite **24** größer als der Druck auf der zweiten Seite **26** ist. Das positive Druckgefälle ist einem positiven bzw. von links nach rechts oder von der ersten Seite **24** zur zweiten Seite **26** gerichteten positiven Fluidstrom zugeordnet. Ein negatives Druckgefälle ist zu verzeichnen, wenn der Druck auf der ersten Seite **24** geringer ist als der auf der zweiten Seite **26**. Das negative Druckgefälle entspricht einem negativen bzw. von rechts nach links oder von der zweiten Seite **26** zur ersten Seite **24** gerichteten Fluidstrom. Je größer das Druckgefälle, umso schneller die Strömungsgeschwindigkeit bzw. -rate des Fluidstroms. Dies bedeutet, dass das Druckgefälle für sowohl die Richtung des Fluidstroms als auch dessen Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durchflussmenge steht. Für den Fachmann ist erkennbar, dass zum Erzeugen eines gewünschten Druckgefälles das Durchfluss-Drossellement **20** in vielen unterschiedlichen Formen vorgesehen werden kann. Hierzu gehören beispielsweise Drosselplatten mit konzentrischen und exzentrischen Öffnungen, Platten ohne Öffnungen, Keilelemente aus zwei eine Spitze bildenden nicht parallelen Flächen oder andere übliche Durchfluss-Drossellemente.

[0021] Die in [Fig. 2](#) dargestellte Ausführungsform eines Durchfluss-Drossellements **20** weist einen Fluiddurchlass oder eine Öffnung **28** zwischen der ersten und der zweiten Seite **24**, **26** auf. Das Drossellement **20** ist in einem durch die Leitung **12** gehenden Fluidstrom angeordnet und zwingt den Fluidstrom durch den Fluidstromdurchlass **28**, wodurch sich ein Druckgefälle über die erste und die zweite Seite **24**, **26** des Drossellements **20** ergibt. Der Differenzdrucksensor **22** ist zur Erfassung des Drucks auf der ersten und zweiten Seite **24**, **26** des Drossellements **20** und zum Erzeugen eines für das Druckgefälle bzw. die Druckdifferenz zwischen der ersten und zweiten Seite **24**, **26** repräsentativen Signals konzipiert. Im Ergebnis kann das Differenzdrucksignal zur Berechnung der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit bzw. Durchflussmenge des Fluidstroms herangezogen werden.

[0022] [Fig. 3a–Fig. 3c](#) zeigen Querschnittsansichten verschiedener Ausführungsformen des Drossellements **20** entlang der Linie A-A in [Fig. 2](#). Zum Zwecke einfacherer Darstellung ist der Differenzdrucksensor **22** nicht dargestellt. Der Fluidstromdurchlass **28** ist symmetrisch um die Achse **29** herum angeordnet und durch erste und zweite Halsabschnitte **30**, **32** definiert, die der ersten bzw. zweiten Seite **24**, **26** entsprechen. Diese Ausführungsformen des Drossellements **20** ermöglichen den Einsatz des Durchflusssensors **10** in bidirektionalen Fluidströmen. In [Fig. 3a](#) sind die Halsabschnitte **30**, **32** des Durchfluss-Drossellements senkrecht zu den ersten und zweiten Seiten **24**, **26** ausgebildet. Wahlweise können die ersten und zweiten Halsabschnitte **30**, **32** aber auch zur Mitte des Fluidstromdurchlasses **28** abgeschrägt sein, wie dies [Fig. 3b](#) und [Fig. 3c](#) zeigen.

[0023] Im Durchflusssensor **10** ist der Differenzdrucksensor **22** mit dem Durchflussdrossellement **20** zu einer einzigen Einheit integriert, die in einem Fluidstrom angeordnet werden kann. [Fig. 4–Fig. 6](#) zeigen Querschnittsansichten verschiedener Ausführungsformen des Durchflusssensors **10** entlang der Linie B-B in [Fig. 2](#). In jeder der dargestellten Ausführungsformen misst der Differenzdrucksensor **22** das Druckgefälle über das Durchflussdrossellement **20** hinweg, weil er an die ersten und zweiten Seiten **24** und **26** angekoppelt ist. Der Differenzdrucksensor **22** könnte beispielsweise als piezosensitiver Sensor vorgesehen sein, der nach dem Dehnungsmessprinzip auf eine kapazitiv arbeitende Differenzdruckzelle wirkt, in welcher sich die Kapazität des Differenzdrucksensors **22** als Funktion des Druckgefälles ändert, oder in jeder in der Industrie üblichen sonstigen geeigneten Ausführung. Der Differenzdrucksensor **22** erzeugt ein für das Druckgefälle repräsentatives Drucksignal, das zur Berechnung der Durchflussrate des Fluidstroms einer Verarbeitungselektronik zugeführt werden kann.

[0024] In einer Ausführungsform des Durchflusssensors **10** ist der Differenzdrucksensor **22** über erste bzw. zweite Öffnungen **34**, **36** an die Drücke auf den ersten und zweiten Seiten **24**, **26** angekoppelt, wie dies die [Fig. 4](#) zeigt. Da in dieser Ausführungsform keine Impulsleitungen oder Fluidfüllungen zum Ankoppeln an die ersten und zweiten Seiten **24**, **26** benutzt werden, ist sie lageunempfindlich. Dies hat zur Folge, dass der Differenzdrucksensor **22** in dieser Ausführungsform lagemäßig umgesetzt werden kann, ohne dass der Durchflusssensor **10** nachkalibriert werden muss. Der Differenzdrucksensor **22** kann durch eine Sperrmembran oder eine Beschichtung **37** auf seinen den ersten und zweiten Öffnungen **34**, **36** zugewandten Seiten vom Fluid in der Leitung **12** getrennt sein. Die Beschichtung **37** ist vorzugsweise fluidundurchlässig, um den Sensor **22** zu schützen. Andererseits sollte die Beschichtung jedoch den Prozessdruck auf den Sensor **22** übertragen und die Erfassung des Drucks auf den ersten und zweiten Seiten **24**, **26** durch den Differenzdrucksensor **22** nicht verhindern können. Es ist jedes Material einsetzbar, das den Sensor elektrisch gegen das Prozessfluid isoliert und dennoch den Fluiddruck an den Sensor weitergibt. Für die Beschichtung **37** verwendbare Materialien sind beispielsweise Fett oder Vergussmassen.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform des Durchflusssensors **10** ist der Differenzdrucksensor **22** durch erste und zweite Membranen **38, 40** und entsprechende erste und zweite Aussparungen **42, 44** vom Fluidstrom abgetrennt, wie dies aus [Fig. 5](#) ersichtlich ist. Die Aussparungen **42, 44** enthalten vorzugsweise ein geeignetes Füllfluid zur Übertragung des von den ersten und zweiten Membranen **38, 40** an den entsprechenden ersten und zweiten Seiten **24, 26** erfassten Drucks an den Differenzdrucksensor **22**. Als Füllfluid werden beispielsweise Silikon, Öl, Glycerin und Wasser, Propylen und Wasser oder jedes sonstige Medium verwendet, das vorzugsweise im Wesentlichen unkomprimierbar ist. Diese Ausführungsform ist anders als die Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) aufgrund des Füllfluids etwas lagesensitiv. Diese Lagesensitivität lässt sich jedoch durch Reduzieren der Dicke des Durchfluss-Drosselements **20** oder durch Anordnen der ersten und zweiten Membranen **38, 40** näher am Differenzdrucksensor **22** verringern.

[0026] [Fig. 7](#) zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Ausführungsform der zum Erzeugen eines für die Richtung und die Strömungsdurchflussrate bzw. -menge repräsentativen Durchflusssignals erfindungsgemäß eingesetzten Verarbeitungsschaltung **50**. Hier liefert der Differenzdrucksensor **22** das für das Druckgefälle über das Durchfluss-Drosselement **20** hinweg repräsentative Signal an die Verarbeitungselektronik **50**. Die Verarbeitungselektronik **50** weist allgemein einen A/D-Wandler **52**, einen Mikroprozessor **54** sowie eine Ein-/Ausgabe-Schnittstelle **56** auf. Der A/D-Wandler **52** digitalisiert das vom Differenzdrucksensor **22** empfangene Drucksignal und gibt das digitalisierte Drucksignal weiter an den Mikroprozessor **54**. Der Mikroprozessor **54** ist zur Bestimmung der Fluidströmungsrichtung über das Vorzeichen des Drucksignals, d.h. plus oder minus, konzipiert. Weiter ist der Mikroprozessor **54** zur Berechnung der Durchflussrate des Fluidstroms als Funktion des Absolutwertes des digitalisierten Drucksignals ausgelegt. So könnte der Mikroprozessor **54** beispielsweise die folgenden Gleichungen zur Berechnung des Massen- (Q_m) und des Volumendurchsatzes (Q_v) benutzen:

$$Q_m = NC_d Y \frac{d^2}{\sqrt{1-\beta^4}} \sqrt{\rho h} \quad Q_v = NC_d Y \frac{d^2}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{\rho}}$$

wobei:

- Q_m = der Massendurchsatz
- Q_v = der Volumendurchsatz
- N = der Umrechnungsfaktor der Einheiten (Konstante)
- C_d = die Ausflusszahl für das Primärelement (bezogen auf die Halsgeometrie)
- Y = der Gasausdehnungsfaktor ($Y = 1,0$ für Flüssigkeiten)
- d = der Halsdurchmesser des Primärelements
- β = das Beta-Verhältnis des Primärelements (Verhältnis Hals-/Leitungsquerschnitt)
- ρ = die Fluidichte
- h = der Absolutwert des vom Differenzdrucksensor **22** gemessenen Differenzdrucks.

[0027] Der Mikroprozessor **54** ist weiterhin zur Erzeugung eines Durchflusssignals über die Ein-/Ausgangsschnittstelle **56** konzipiert, das die Richtung und den Durchsatz bzw. die Rate des Fluidstroms repräsentiert. Das Durchflusssignal kann, wie bereits erwähnt, an ein Steuersystem **16** ([Fig. 1](#)) gegeben werden. Nach einem Aspekt der Erfindung wird das vom Differenzdrucksensor **22** erzeugte Signal als Ausgangssignal gebildet, das zur Korrektur von Fehlern wie beispielsweise infolge von Spitzen in den Messungen benutzt werden kann. Derartige Spitzen können ein Problem darstellen, wenn die Erfindung zum Messen der Kolbenposition in Hydrauliksystemen als Funktion des Hydraulikflüssigkeitsdurchsatzes eingesetzt wird.

[0028] Zurück zu [Fig. 6](#) zeigt dies eine weitere Ausführungsform eines Durchflusssensors **10** mit einem Temperaturfühler **58**, der zur Messung der Temperatur des Fluidstroms und/oder der Betriebstemperatur des Differenzdrucksensors **22** eingesetzt werden kann. Der Temperaturfühler könnte beispielsweise ein resistiver Temperaturdetektor (RTD) oder eine sonstige geeignete Temperaturerfassungseinrichtung sein. Der Temperaturfühler **58** ist zur Erzeugung eines für die erfasste Temperatur repräsentativen Temperatursignals konzipiert, das wie aus [Fig. 8](#) ersichtlich am A/D-Wandler **52** in die Verarbeitungselektronik eingebracht wird. Der A/D-Wandler **52** digitalisiert das Temperatursignal und gibt das digitalisierte Temperatursignal an den Mikroprozessor **54**. Der Mikroprozessor **54** kann so ausgelegt sein, dass er das digitalisierte Temperatursignal zum Berechnen verschiedener Fluidparameter, beispielsweise der Viskosität und Dichte, benutzt, wobei die entsprechenden Ergebnisse ihrerseits vom Mikroprozessor zur Berechnung des Fluidstromdurchsatzes herangezogen werden können. Weiterhin kann der Mikroprozessor **54** das Temperatursignal zur Temperaturkompensation des vom Differenzdrucktransmitter **22** empfangenen Drucksignals benutzen. Der Mikroprozessor **54** kann ein für die Durchflussrate des Fluidstroms repräsentatives Durchflusssignal als Funktion des Differenz-

druck- und Temperatursignale erzeugen, welches über den Ein-/Ausgangsbaustein **56** anderen Verarbeitungsschaltungen, wie das Steuersystem **16**, zugeführt werden kann.

[0029] Eine noch weitere Ausführungsform des Durchflusssensors **10** weist einen Statikdrucksensor **59** wie in [Fig. 6](#) dargestellt auf. Der Statikdrucksensor **59** ist zum Erfassen des Fluidstrom-Leitungsdrucks sowie zum Erzeugen eines für den erfassten Druck repräsentativen Leitungsdrucksignals konzipiert. Aufgrund der Position des Statikdrucksensors **59** könnte für das Leitungsdrucksignal eine Korrektur im Hinblick auf Staudruckeffekte erforderlich sein. Das Leitungsdrucksignal kann beispielsweise für die Berechnung der Dichte eines Gases zur Verwendung in Gasdurchflussberechnungen herangezogen werden. Der Statikdrucksensor **59** kann ein piezoresistiver oder ein kapazitiver Drucksensor sein. Die Beschichtung **37** kann benutzt werden, um erforderlichenfalls den Statikdrucksensor **59** vor dem Fluidstrom zu schützen. Wahlweise kann der Statikdrucksensor **59** mittels einer Membran mit Ölfüllfluid vom Fluidstrom getrennt sein.

[0030] Das vom Statikdrucksensor **59** erzeugte Leitungsdrucksignal kann als ein Parameter zur Berechnung des Fluidstrom-Durchflusses an die Verarbeitungselektronik **50** gegeben werden, wie dies die [Fig. 8](#) zeigt. Das Leitungsdrucksignal wird von der Verarbeitungselektronik **50** am A/D-Wandler **52** empfangen, der es in digitaler Form an den Mikroprozessor **54** gibt. Der Mikroprozessor **54** kann ein für die Fluidstrom-Durchflussmenge repräsentatives Durchflusssignal als Funktion des Differenzdrucksignals aus dem Differenzdrucksensor **22** und dem Leitungsdrucksignal erzeugen. Durchfluss-, Leitungsdruck-, Differenzdruck- oder Temperatursignale lassen sich über den Ein-/Ausgangsbaustein **56** auf weitere Verarbeitungsschaltungen wie ein Steuersystem **16** übertragen. Eine weitere Ausführungsform des Durchflusssensors **10** weist eine Verarbeitungselektronik **50** auf wie in [Fig. 6](#) dargestellt. In diesem Falle ist die Verarbeitungselektronik **50** in das Durchfluss-Drosselement **20** eingebettet oder einstückig mit diesem ausgebildet. Die Verarbeitungselektronik **50** ist wie aus [Fig. 7](#) ersichtlich zum Empfang des Differenzdrucksignals mit dem Differenzdrucksensor **22** elektronisch verbunden. Weiter kann die Verarbeitungselektronik **50** zum Empfang von Signalen aus dem Temperatursensor **58** und/oder dem Statikdrucksensor **59** eingerichtet sein, wie dies die [Fig. 8](#) zeigt. Die Verarbeitungselektronik kann die vorstehend erörterten Berechnungen bezüglich der Fluidstrom-Durchflusses ausführen.

[0031] Zwar stellt [Fig. 6](#) den Durchflusssensor **10** mit einem Temperatursensor **58**, einem Statikdrucksensor **59** und einer Verarbeitungselektronik **50** dar, doch könnte der Durchflusssensor einige, keine oder alle diese Komponenten enthalten.

[0032] [Fig. 9](#) zeigt ein Beispiel für den Einbau eines Durchflusssensors **10** in die Leitung **12**. Die Leitung **12** ist mit ersten und zweiten Flanschabschnitten **60**, **62** ausgelegt. Der Durchflusssensor **10** ist an seiner Umfangskante **64** zwischen diese ersten und zweiten Flanschabschnitte **60**, **62** eingespannt. O-Ringe **66** werden zum Schutz gegen Leckage zwischen der Umfangskante **64** und dem ersten und zweiten Flanschabschnitt **60**, **62** zusammengedrückt. Wahlweise könnten die O-Ringe **66** durch Faser- oder Metaldichtungen oder sonstige geeignete Dichtelemente ersetzt werden. Schrauben **68** sichern den Einbau des Durchflusssensors **10**. Vom Durchflusssensor **10** erzeugte Signale, darunter Durchflussraten-, Differenzdruck- oder sonstige durchflussrelevante Parameter wie Temperatur und Leitungsdruck betreffende Signale können über die Anschlüsse **70**, die über Drähte **72** mit dem Durchflusssensor **10** in elektronischer Verbindung stehen, eingebracht werden.

[0033] [Fig. 10](#) zeigt einen weiteren Aspekt der Erfindung. In dieser [Fig. 10](#) weist ein Differenzdrucksensor **100** zwei Absolut- oder Eichdrucksensoren **102A** und **102B** auf. Der Differenzdruck ist eine Funktion der Differenz zwischen den Ausgangsgrößen der Sensoren **102A** und **102B**. Die Sensoren **102A** und **102B** sind über durch Öffnungen **104A** und **104B** über Membranen oder Beschichtungen **106A** bzw. **106B** an das Prozessfluid angekoppelt. Die Differenz ist mittels Analogschaltung oder Mikroprozessor **54** bestimmbar.

[0034] Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist in [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) dargestellt. Hier weist das Durchfluss-Drosselement **20** eine Platte **110** auf, die keine Öffnung besitzt, aber dennoch für den Einsatz in bidirektionalen Fluidströmen konzipiert ist. Der einfacheren Darstellung wegen sind der Differenzdrucksensor **22** und die anderen vorbeschriebenen Komponenten des Durchflusssensors **10** nicht aufgezeigt. Hier ist die Platte **110** in der Weise an der Leitung **12** angebracht, dass sie sich zur Ausbildung einer Diskontinuität im Fluidstrom entweder teilweise ([Fig. 11](#)) in den Fluidstromdurchlass (**28**) oder über diesen hinweg ([Fig. 12](#)) erstreckt. Das resultierende Druckgefälle über die ersten und zweiten Seiten **24**, **26** der Platte **110** hinweg kann durch den Differenzdrucksensor **22** (nicht dargestellt) gemessen werden, der wie vorerwähnt vorzugsweise in die Platte **110** eingebettet ist. Weiterhin weisen diese Ausführungsformen des Durchflusssensors **10** genau wie die bereits früher beschriebenen eine Verarbeitungselektronik **50**, einen Temperaturfühler **58** und einen Statikdrucksensor **59** auf. Zwar sind die ersten und zweiten Seiten **24**, **26** als zueinander parallel dargestellt, doch können diese auch unparallel sein sowie Keilelemente bilden. [Fig. 13a-f](#) zeigen Beispiele der Platte **110**, wie sich diese im

Fluidstrom darstellen. Die Platte **110** kann zum Ausbilden der gewünschten Diskontinuität im Fluidstrom die verschiedensten Formen aufweisen. Beispielsweise können sie rautenförmig ([Fig. 13b](#)), rechteckig ([Fig. 13c](#) und [f](#)), dreieckig ([Fig. 13d](#)) und halbrund ([Fig. 13e](#)) oder in anderen Formen vorgesehen sein.

[0035] Ein noch weiterer Aspekt der Erfindung ist in [Fig. 14](#) dargestellt. In dieser Ausführungsform ist das Durchfluss-Drosselement **20** mit ersten und zweiten Kanälen **112A** und **112B** entsprechend ersten und zweiten Seiten **24**, **26** versehen. Über diese ersten und zweiten Kanäle **112A**, **112B** wird der Druck auf den ersten und zweiten Seiten **24** bzw. **26** an den Differenzdrucksensor **22** angekoppelt. Der Differenzdrucksensor **22** ist vorzugsweise als piezoresistiver Drucksensor vorgesehen. In dieser Ausführungsform kann der Differenzdrucksensor **22** nahe an der Außenseite des Durchflusssensors **10** angeordnet sein, wodurch ein einfacher Zugang zum Differenzdrucksensor **22** gewährleistet ist. Das Durchfluss-Drosselement **20** weist gemäß [Fig. 14](#) erste und zweite Abschnitte **114A** und **114B** mit variierenden Durchflussquerschnitten auf, die den Fluidstrom einschnüren und die gewünschte Diskontinuität bilden. Die vorbeschriebenen Ausführungsformen des Durchfluss-Drosselements **20** können jedoch auch, wie oben beschreiben, mit ersten und zweiten Kanälen **112A** und **112B** versehen sein, welche die Anordnung des Differenzdrucksensors **22** nahe an der Außenseite des Durchflusssensors **10** ermöglichen. Ablass-/Entlüftungsschrauben oder -ventile (nicht dargestellt) können strömungstechnisch an die ersten und zweiten Kanäle **112A** und **112B** angekoppelt werden, um unerwünschtes Gas und Fluid in den ersten und zweiten Kanälen **112A** und **112B** entfernen zu können. Dichtungen **116** bieten Schutz gegen Leckage und halten den statischen Druck in der Leitung **12**.

[0036] Außer in der Prozesssteuerung ([Fig. 1](#)) lässt sich die Fähigkeit des Durchflusssensors **10**, den Durchfluss bidirektional zu messen/zu überwachen, auch in anderen Bereichen vorteilhaft nutzen. So könnte der Durchflusssensor **10** beispielsweise in Hydrauliksystemen zur Bestimmung der Position eines in einem Hydraulikzylinder eines hydraulischen Stellglieds angeordneten Kolbens eingesetzt werden. Hier ist die Position des Kolbens im Innern des Hydraulikzylinders eine Funktion des im Hydraulikzylinder enthaltenen Hydraulikflüssigkeitsvolumens. Die Position des Kolbens wird also durch den Hydraulikflüssigkeitsstrom gesteuert, mit dem Hydraulikflüssigkeit in den und aus dem Hydraulikzylinder verbracht wird. Durch Anschließen des Durchflusssensors **10** an den Hydraulikflüssigkeitsstrom lässt sich das Hydraulikflüssigkeitsvolumen im Hydraulikzylinder berechnen. Als Ergebnis die Position des Kolbens im Hydraulikzylinder als Funktion des Hydraulikflüssigkeitsvolumens berechnen.

[0037] Zwar wurde die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben, doch ist für den Fachmann erkennbar, dass Änderungen in Form und Detail möglich sind, ohne dass der Schutzzumfang der Erfindung verlassen wird. So lässt sich beispielsweise jede Art von Drucksensor, Elektronik oder Blendenplatte bzw. Drosselement einsetzen.

Patentansprüche

1. Bidirektionaler Differenzdruck-Durchflusssensor mit:
einem bidirektionalen Durchfluss-Drosselement (**20**), das geeignet ist bei Anordnung in einem Fluidstrom ein Druckgefälle zu erzeugen und
einem in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebetteten Differenzdrucksensor (**22**), der zur Erzeugung eines für das Druckgefälle repräsentativen Differenzdrucksignals konzipiert ist;
wobei eine in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebettete Verarbeitungsschaltung (**50**) geeignet ist ein für die Richtung und den Durchfluss des Fluidstroms repräsentatives Durchflusssignal als Funktion des Differenzdrucksignals zu erzeugen.
2. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das bidirektionale Drosselement (**20**) eine Blendenplatte mit einem Fluidstromdurchlass (**28**) zwischen symmetrischen ersten und zweiten Halsabschnitten (**30**, **32**) ist.
3. Durchflusssensor nach Anspruch 1 mit einem in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebetteten Temperaturfühler (**58**), der zur Erfassung der Temperatur des Fluidstroms und/oder der Betriebstemperatur des Differenzdrucksensors (**22**) und zur Erzeugung eines für die erfasste Temperatur repräsentativen Temperatursignals konzipiert ist.
4. Durchflusssensor nach Anspruch 1 mit einem in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebetteten Statikdrucksensor (**59**), der zur Erfassung des Fluidstrom-Leitungsdrucks und zur Erzeugung eines für den erfassten Leitungsdruck repräsentativen Leitungsdrucksignals konzipiert ist.
5. Durchflusssensor nach Anspruch 1 mit:

einem in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebetteten Temperaturfühler, der zur Erfassung der Temperatur des Fluidstroms und/oder der Betriebstemperatur des Differenzdrucksensors (**22**) sowie zur Erzeugung eines für die erfasste Temperatur repräsentativen Temperatursignals konzipiert ist, und einem in das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) eingebetteten Statikdrucksensor (**59**), der zur Erfassung des Fluidstrom-Leitungsdrucks und zur Erzeugung eines für den erfassten Leitungsdruck repräsentativen Leitungsdrucksignals konzipiert ist.

6. Durchflusssensoren nach einem der Ansprüche 1, 3, 4 und 5, wobei das Durchflusssignal weiter eine Funktion des Temperatur- und/oder des Leitungsdrucksignals ist.

7. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei der Differenzdrucksensor (**22**) entweder ein piezoresistiver Differenzdrucksensor oder ein kapazitiver Drucksensor ist.

8. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) symmetrische erste und zweite Seiten (**24, 26**) mit entsprechenden ersten und zweiten Öffnungen aufweist und der Differenzdrucksensor (**22**) dem Fluidstrom auf den ersten und zweiten Seiten (**24, 26**) des bidirektionalen Durchfluss-Drosselements (**20**) über die ersten und zweiten Öffnungen (**34, 36**) ausgesetzt ist.

9. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) symmetrische erste und zweite Seiten (**24, 26**) mit entsprechenden ersten und zweiten Ausnehmungen (**42, 44**) aufweist, die mit Füllfluid gefüllt und mittels erster bzw. zweiter elastischer Membranen (**38, 40**) abgedichtet sind, und wobei der Differenzdrucksensor (**22**) dem Füllfluid in den ersten und zweiten Ausnehmungen (**42, 44**) ausgesetzt ist, durch das der Differenzdrucksensor (**22**) vom Fluidstrom getrennt und an das Druckgefälle angekoppelt ist.

10. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das Durchflusssignal einem analogen oder einem digitalen Übertragungsprotokoll entspricht.

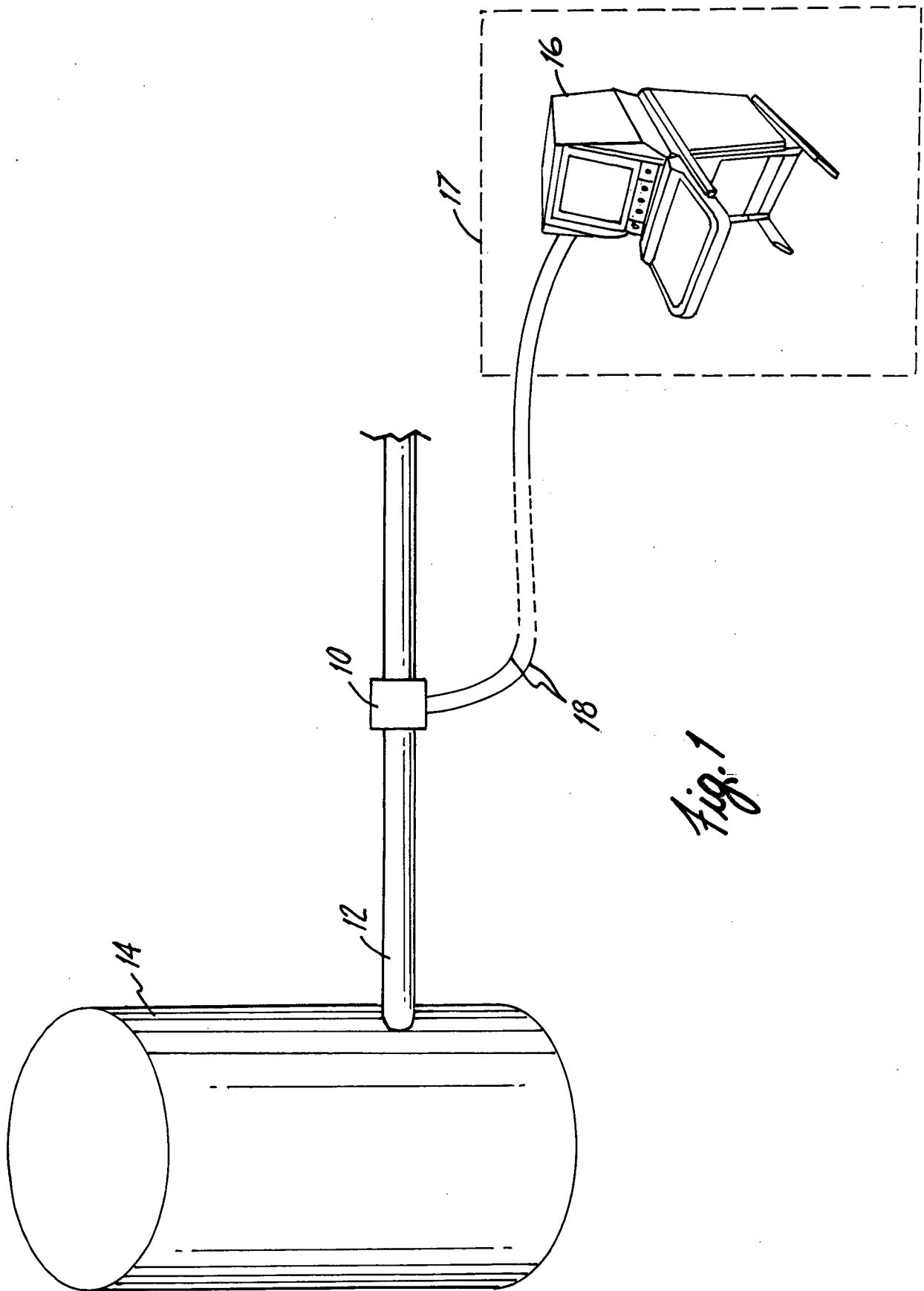
11. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) erste und zweite symmetrische Seiten (**24, 26**) aufweist, der Differenzdrucksensor (**22**) mit ersten und zweiten Drucksensoren versehen ist, die zur Erzeugung von für die ersten und zweiten Drücke entsprechend den ersten bzw. zweiten Seiten (**24, 26**) repräsentativen ersten und zweiten Drucksignalen konzipiert sind, und das Differenzdrucksignal eine Funktion der Differenz zwischen dem ersten und dem zweiten Drucksignal ist.

12. Durchflusssensor nach Anspruch 1, weiter mit einem Ausgangssignal, das einer Prozessvariablen entspricht, die aus einer Gruppe die Temperatur, Statikdruck und Differenzdruck umfasst ausgewählt wird.

13. Durchflusssensor nach Anspruch 1, wobei das bidirektionale Durchfluss-Drosselement (**20**) erste und zweite Druckkanäle (**112A, 112B**) aufweist und die ersten und zweiten Druckkanäle (**112A, 112B**) das Druckgefälle an den Differenzdrucksensor (**22**) ankoppeln, so dass der Differenzdrucksensor (**22**) das Druckgefälle erfassen kann.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



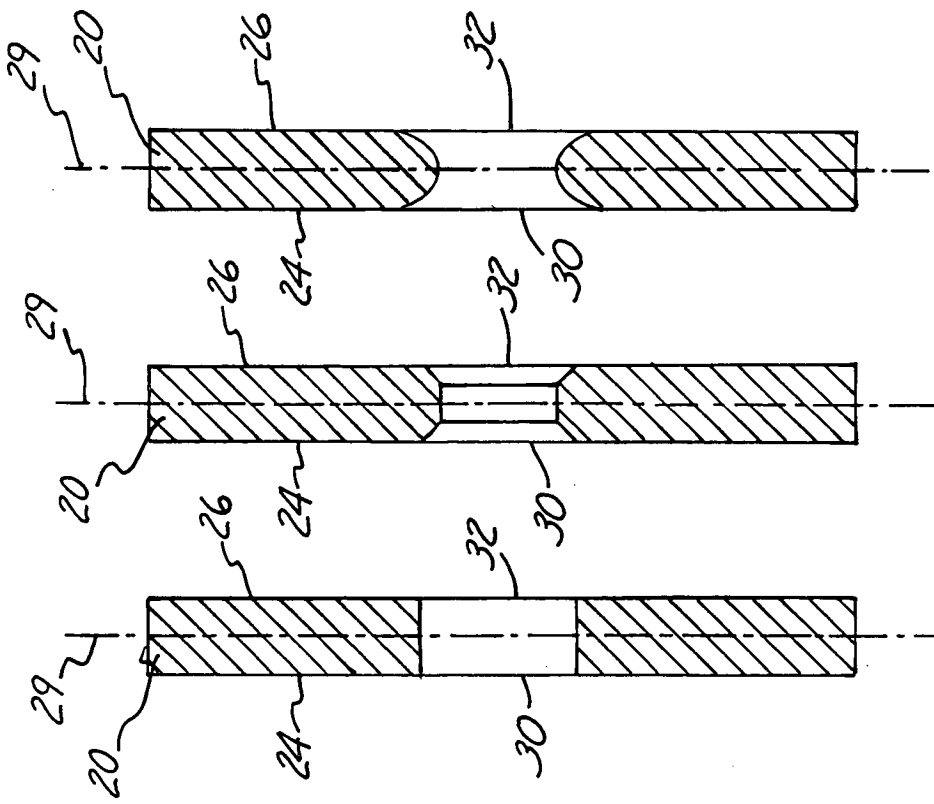


Fig. 3a Fig. 3b Fig. 3c

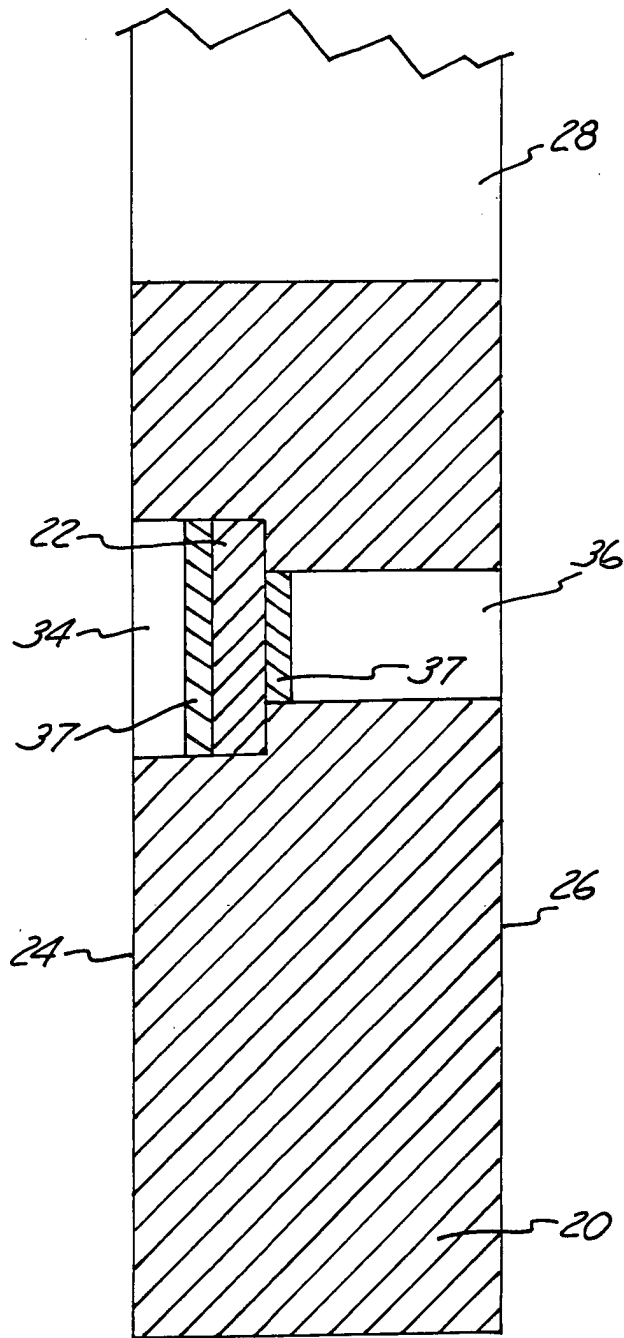


Fig. 4

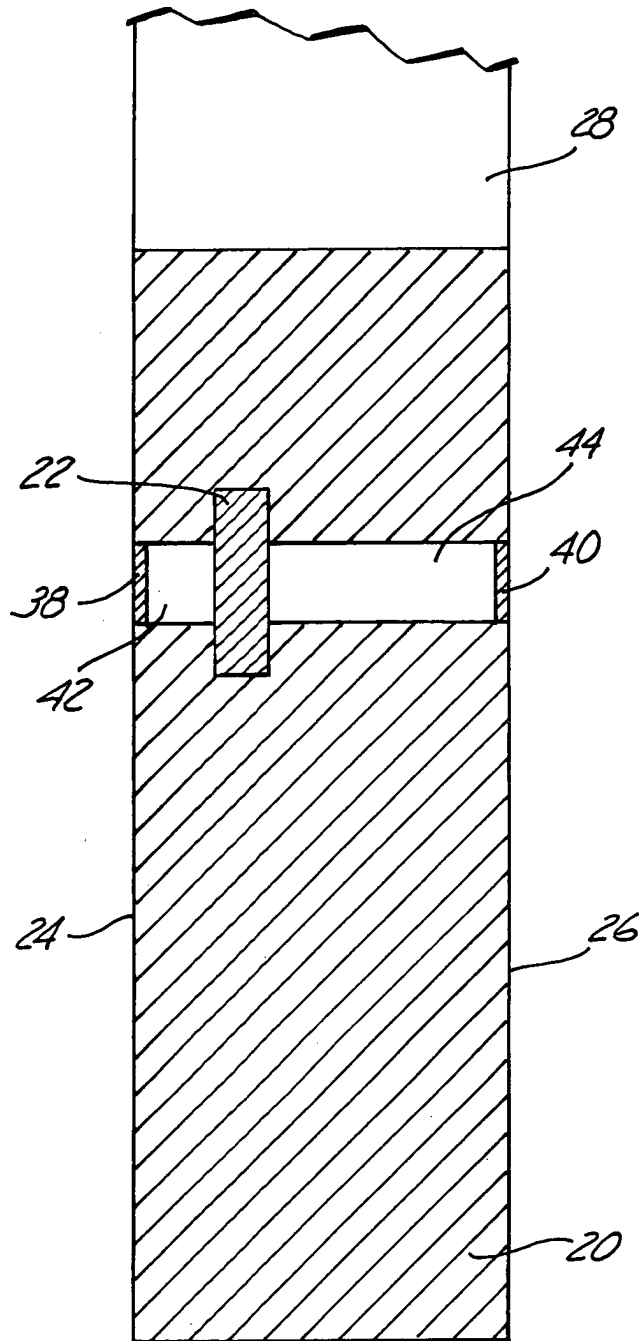


Fig. 5

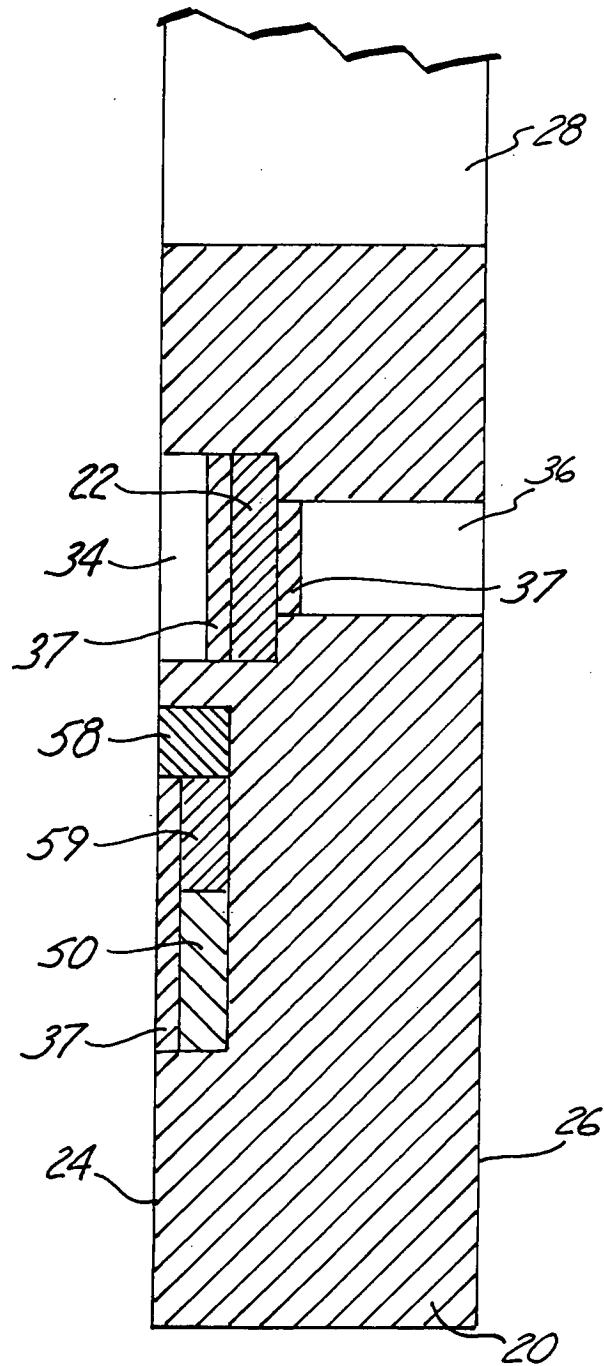


Fig. 6

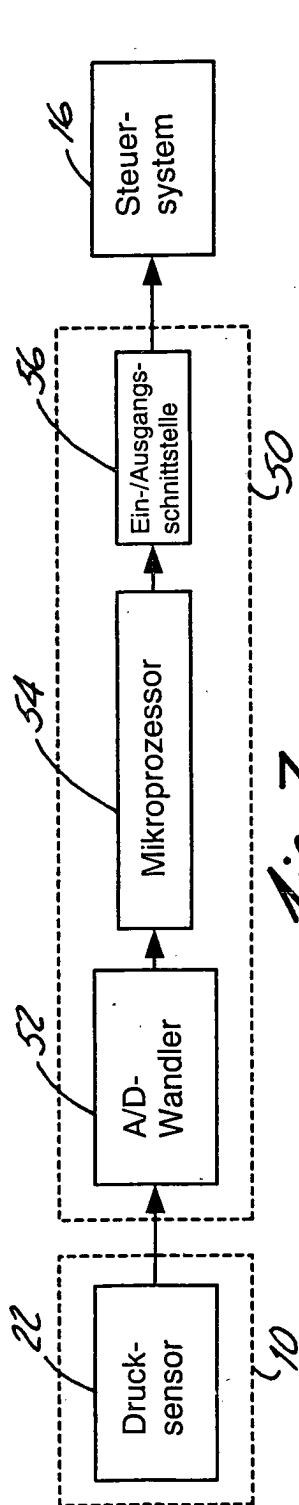


Fig. 7

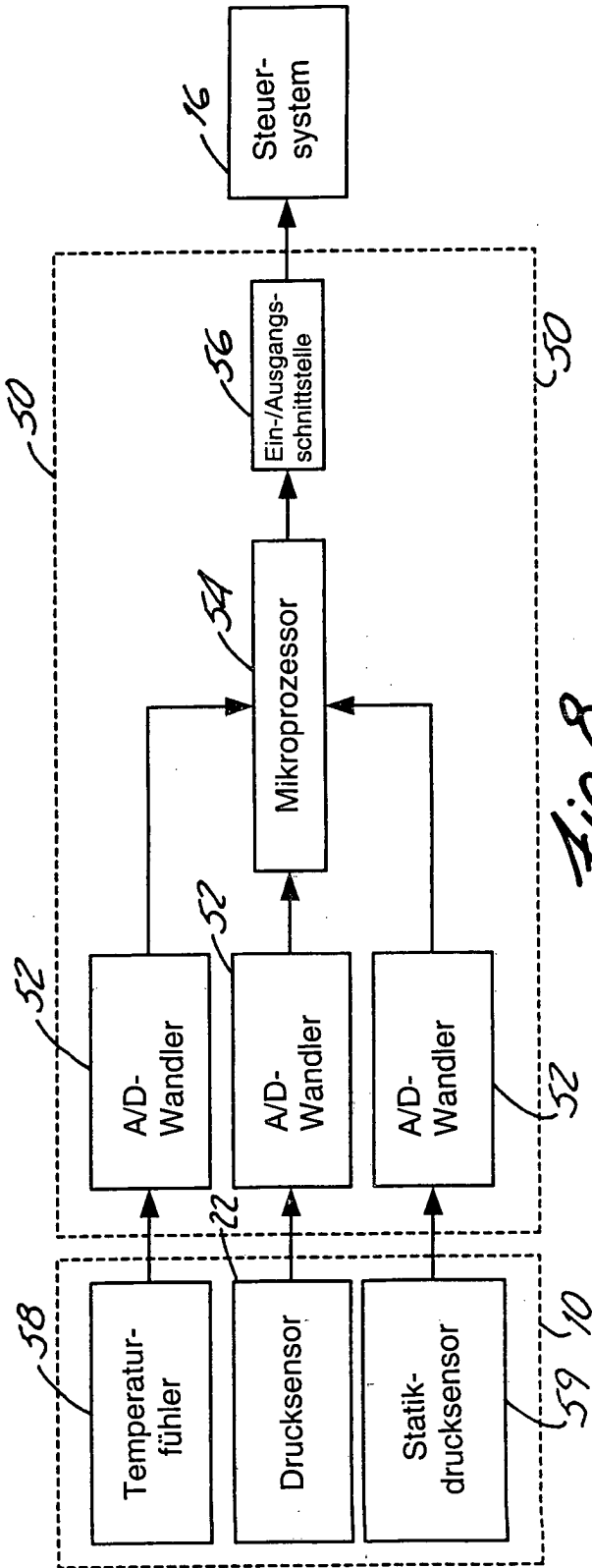
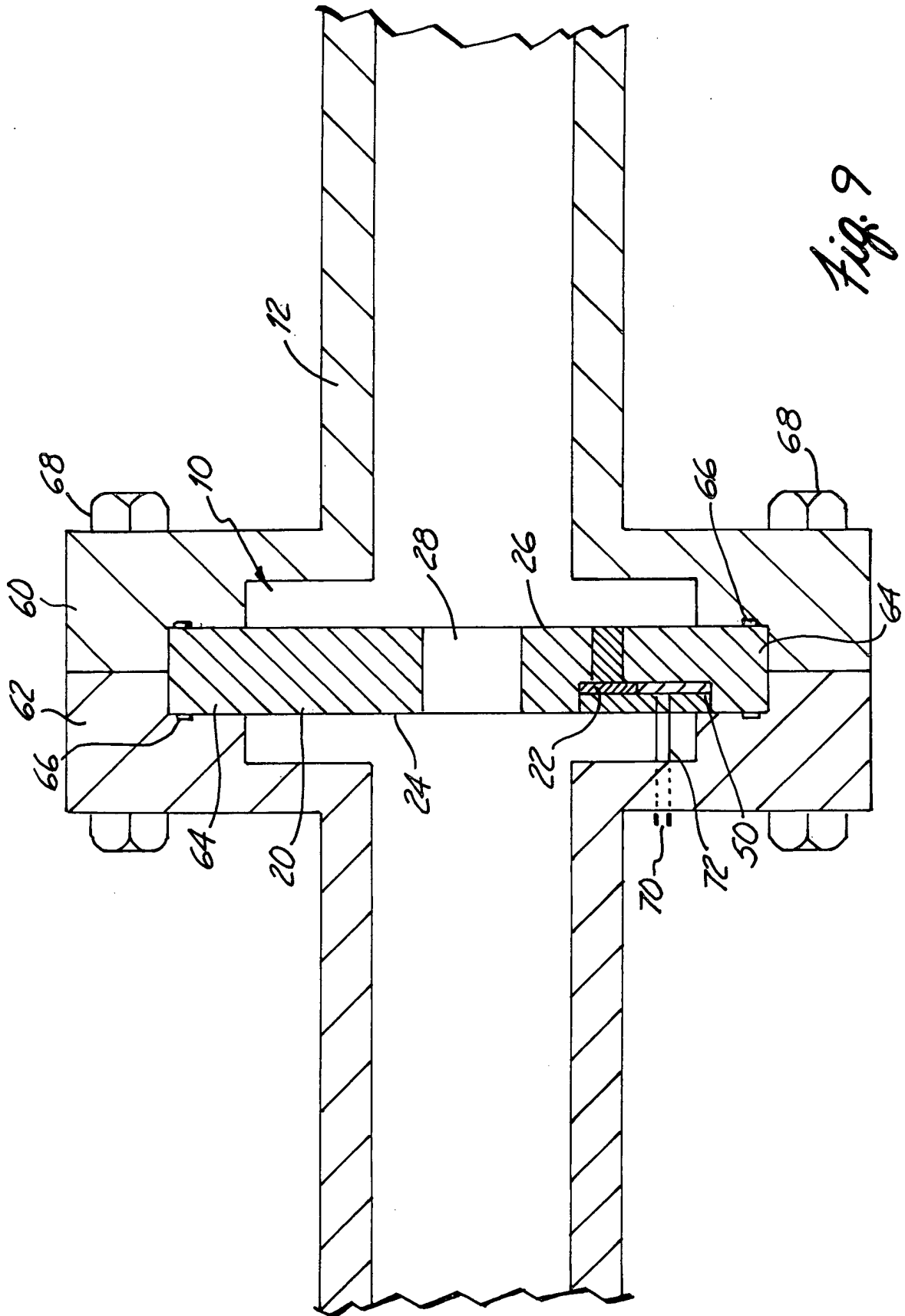


Fig. 8



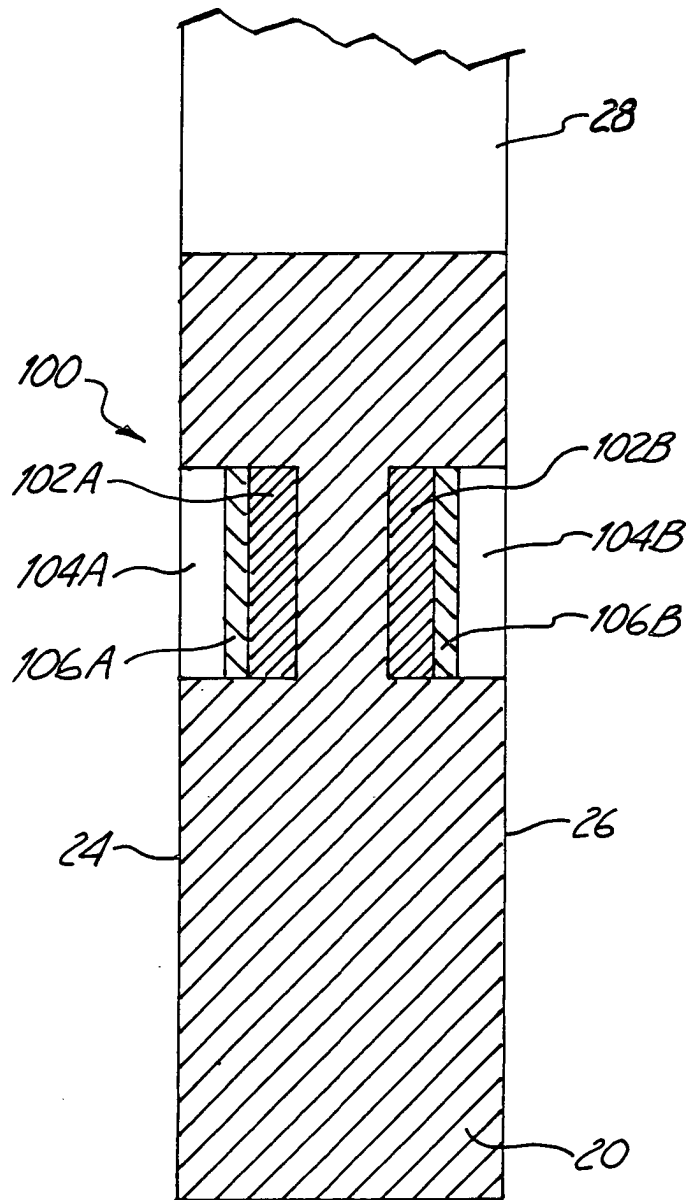


Fig. 10

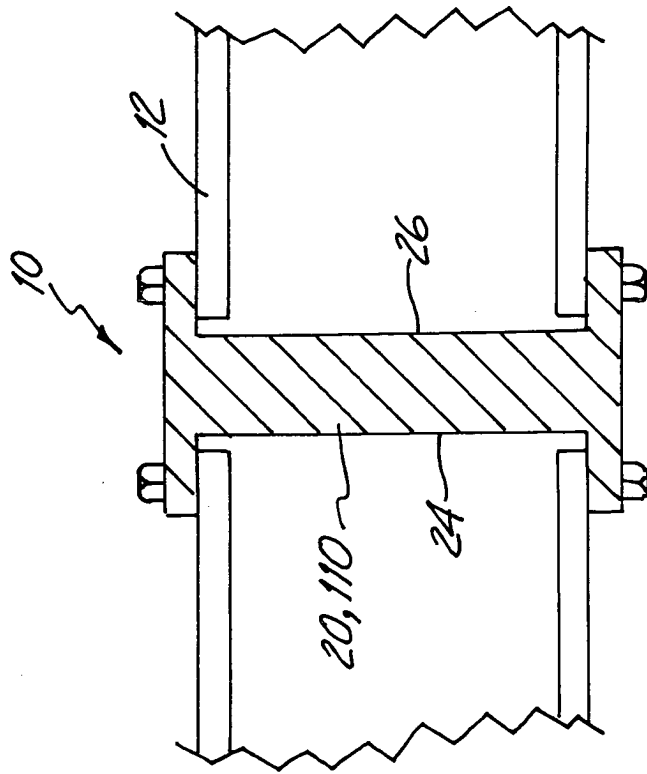


Fig. 12

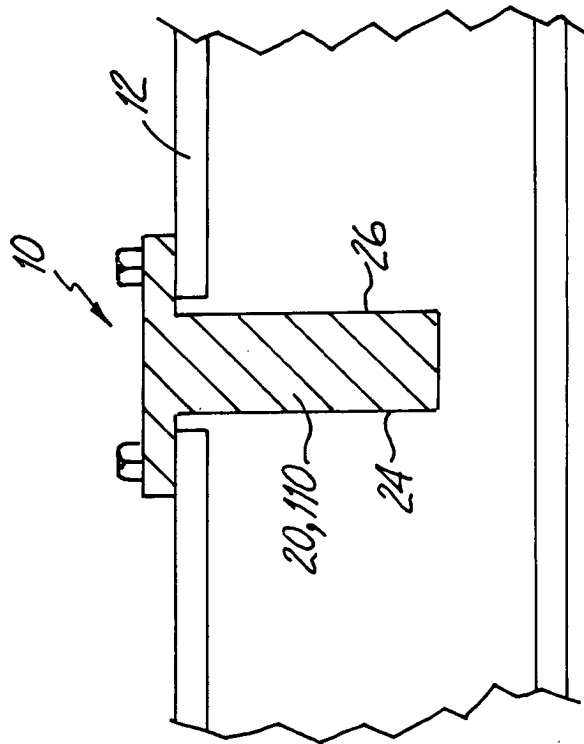


Fig. 11

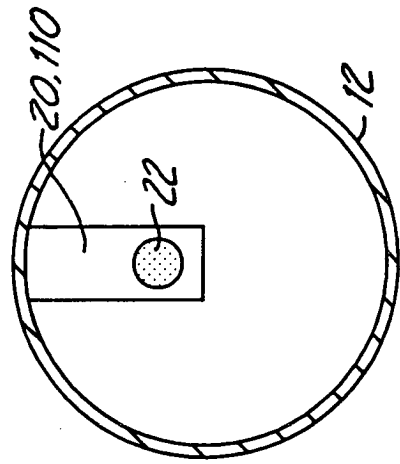


Fig. 13a

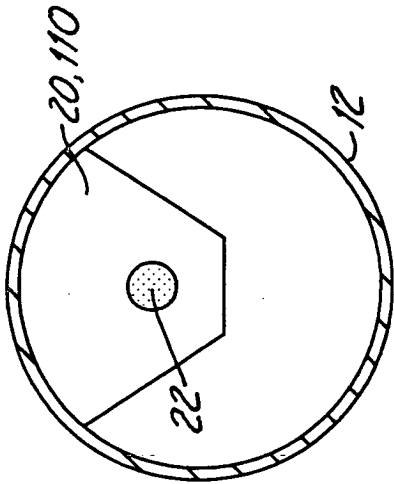


Fig. 13b

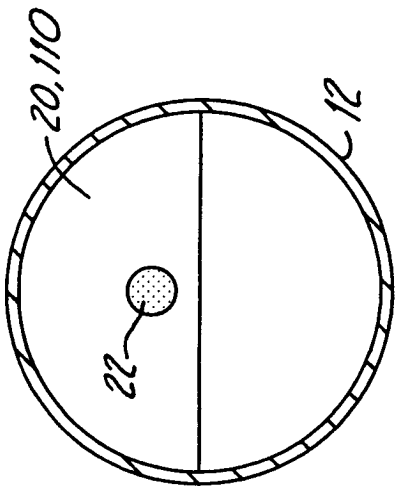


Fig. 13c

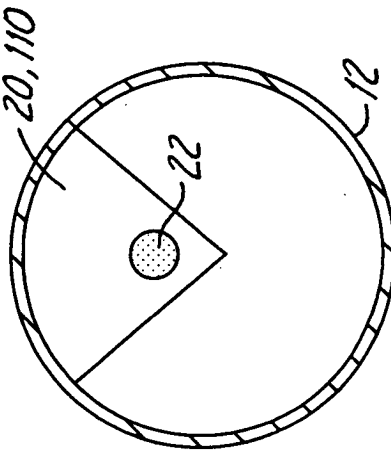


Fig. 13d

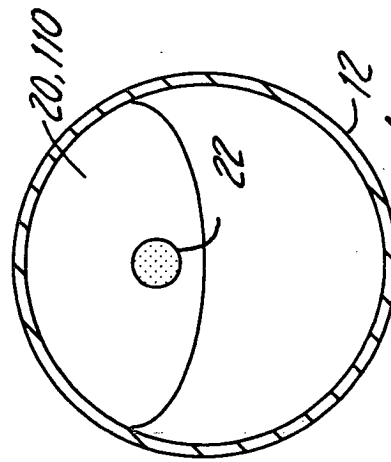


Fig. 13e

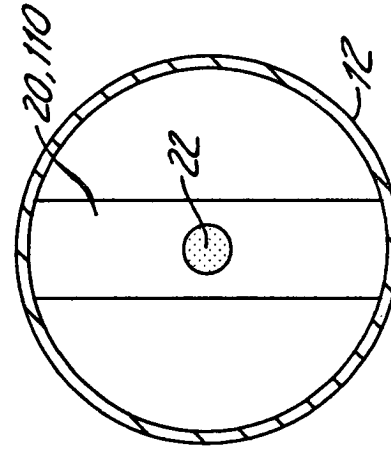


Fig. 13f

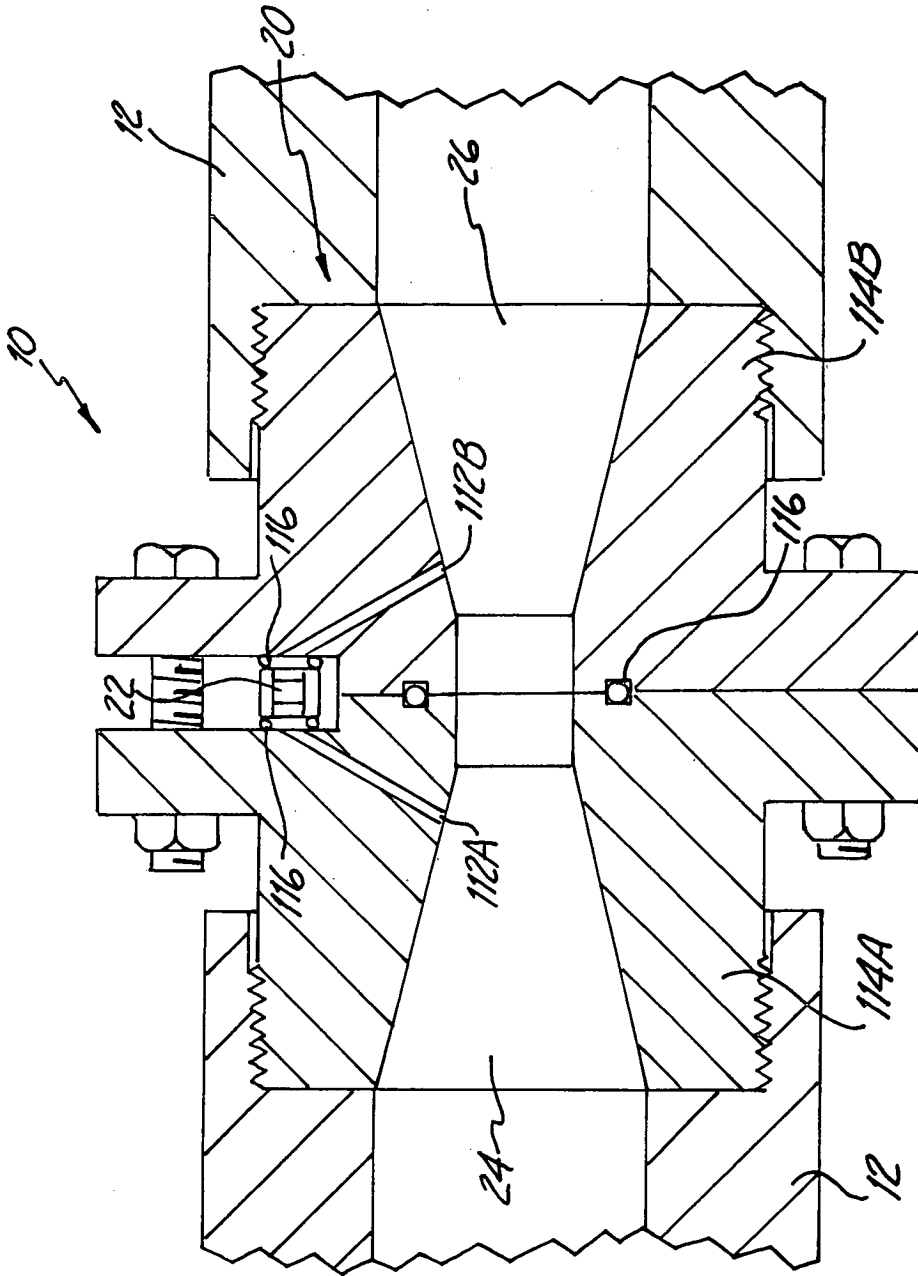


Fig. 14