

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5336640号
(P5336640)

(45) 発行日 平成25年11月6日(2013.11.6)

(24) 登録日 平成25年8月9日(2013.8.9)

(51) Int. Cl. F 1
GO 1 F 1/684 (2006.01) GO 1 F 1/68 1 O 1 Z
GO 1 F 1/00 (2006.01) GO 1 F 1/00 K

請求項の数 5 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-203765 (P2012-203765)</p> <p>(22) 出願日 平成24年9月17日 (2012.9.17)</p> <p>審査請求日 平成25年6月17日 (2013.6.17)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 390026996 東京計装株式会社 東京都港区芝公園1丁目7番24号</p> <p>(73) 特許権者 512241793 東京計装(北京)技術開発有限公司 中華人民共和国、北京市海淀区西四环北路 158号慧科ビル3階H3-H6</p> <p>(74) 代理人 100075948 弁理士 日比谷 征彦</p> <p>(74) 代理人 100181928 弁理士 日比谷 洋平</p> <p>(72) 発明者 高橋 祐二 東京都港区芝公園1丁目7番24号 東京 計装株式会社内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱式流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

管路内において複数個の流速検知素子を有する熱式流量計であって、前記管路の断面上に、1個の流速検知素子を前記管路の中心部に配置し、他の複数個の流速検知素子を前記中心部と前記管路の管壁との間に等角度に配置し、これらの流速検知素子による測定値の平均を求めて測定値とすることを特徴とする熱式流量計。

【請求項2】

前記等角度に配置した流速検知素子は、前記管路の中心部から管路の半径の約0.7倍の円上の位置に配置したことを特徴とする請求項1に記載の熱式流量計。

【請求項3】

前記等角度に配置した流速検知素子の数は5としたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の熱式流量計。

【請求項4】

前記中心部の流速検知素子又は前記複数の等角度に配置した流速検知素子の測定値に係数を乗ずることを特徴とする請求項1～3の何れか1つの請求項に記載の熱式流量計。

【請求項5】

前記係数は既知の実流量を流して較正を行う過程で決定することを特徴とする請求項4の請求項に記載の熱式流量計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の流速検知素子を流管路内に配置した熱式流量計に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、図25に示すように流路管1内に4個の流速センサ2を配置した円筒形状のセンサユニット3を設置し、このセンサユニット3を通過する流体により持ち去られる熱量を測定して、流量を測定する熱式流量計が記載されている。このように複数の流速センサ2を用いることで、流速の平均値を算出し、正確な流量を求めることができる。

【0003】

特許文献2には、図26に示すように流路管1内の中央部に1個の流速センサ2を配設し、この流速センサ2によって得られた流路中央部の流速を流量演算部において流量に演算する熱式流量計が記載されている。

10

【0004】

特許文献3には、流路管1内の断面円形上に4個の流速センサ2を配置した熱式流量計が記載されている。複数の流速センサ2を配置することで、各流速センサ2の出力を相互に比較することにより、特性が劣化した流速センサ2を容易に特定することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平8-5426号公報

20

【特許文献2】特開平9-68448号公報

【特許文献3】特開2007-192775号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

安定して流速を計測するためには、流体の速度分布が安定した状態が必要であり、そのためには熱式流量計の設置個所の少なくとも上流に十分な直管長が不可欠である。しかし、設置環境によっては直管長が十分に確保できない場所に設置せざるを得ない場合がある。

【0007】

30

このような環境では、流体の速度分布は管路内の中心軸から非対称となり、不均一な流れ場を形成するので、特許文献1～3に記載された熱式流量計を設置したとしても、流れ場が乱れているため計測した流量値に大きな誤差が生じ、真値が得られないという問題がある。

【0008】

本発明の目的は、上述の課題を解決し、流体管路中の所定位置に複数個の流速検知素子を配置し、これらの出力を基に流量を求める熱式流量計を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題点を解決するための本発明に係る熱式流量計は、管路内において複数個の流速検知素子を有する熱式流量計であって、前記管路の断面上に、1個の流速検知素子を前記管路の中心部に配置し、他の複数個の流速検知素子を前記中心部と前記管路の管壁との間に等角度に配置し、これらの流速検知素子による測定値の平均を求めて測定値とすることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0010】

本願発明の熱式流量計を用いることで、直管長が十分に確保できずに、管路内の流れ場が安定しないような設置個所においても、計測誤差の少ない流量値を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

50

【図 1】本実施例の熱式流量計の構成図である。

【図 2】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置した配置図である。

【図 3】流路管内の流体の速度分布の説明図である。

【図 4】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 3 個の発熱感温部を配置した配置図である。

【図 5】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 4 個の発熱感温部を配置した配置図である。

【図 6】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 6 個の発熱感温部を配置した配置図である。

【図 7】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 3 個の発熱感温部を配置し、流量 10% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 8】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 4 個の発熱感温部を配置し、流量 10% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

10

【図 9】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 10% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 10】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 6 個の発熱感温部を配置し、流量 10% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 11】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 3 個の発熱感温部を配置し、流量 50% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 12】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 4 個の発熱感温部を配置し、流量 50% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 13】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 50% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

20

【図 14】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 6 個の発熱感温部を配置し、流量 50% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 15】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 3 個の発熱感温部を配置し、流量 100% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 16】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 4 個の発熱感温部を配置し、流量 100% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 17】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 100% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

【図 18】中心部に 1 個、0.7 R の円上に 6 個の発熱感温部を配置し、流量 100% のときの直管長及び計測値と流速値との誤差を示すグラフ図である。

30

【図 19】発熱感温部 M0、Mn の誤差の平均値を流量 10% で纏めたグラフ図である。

【図 20】発熱感温部 M0、Mn の誤差の平均値を流量 50% で纏めたグラフ図である。

【図 21】発熱感温部 M0、Mn の誤差の平均値を流量 100% で纏めたグラフ図である。

【図 22】中心部に 1 個、0.3 R、0.5 R、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 10% で纏めたグラフ図である。

【図 23】中心部に 1 個、0.3 R、0.5 R、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 50% で纏めたグラフ図である。

【図 24】中心部に 1 個、0.3 R、0.5 R、0.7 R の円上に 5 個の発熱感温部を配置し、流量 100% で纏めたグラフ図である。

40

【図 25】従来例の流路管内に 4 個の流速センサを配置した構成図である。

【図 26】従来例の流路管中心に 1 個の流速センサを配置した構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明を図 1 ~ 図 24 に図示の実施例に基づいて詳細に説明する。

図 1 は例えば実施例の気体流量測定用の熱式流量計の流体が流れる方向に沿った断面図である。流体は右から左の矢印方向に流れるようにされ、流路管 11 の途中に円筒状のセンサユニット 12 が挿入されており、センサユニット 12 の管路 13 の内径は、流路管 11 の内径と同径とされている。

【0013】

50

センサユニット12は、気体の流れに対して上流側に加熱を行うと共に温度を計測する発熱感温部Mを先端に備えた第1の素子と、下流側に温度を計測する感温部mを先端に備えた第2の素子の一对から成る流速検知素子を複数組有している。第1の素子の発熱感温部M、第2の素子の感温部mは管路13の中心部に向けて突出するように挿入されている。第1、第2の素子の挿入箇所は図1に示すように同じ深さとされ、上流側に第1の素子を設置するが、上流側に第2の素子を配置し、下流側に第1の素子を配置するようにしてもよい。この場合、上流側の素子による流れの影響を受けないようにするために挿入箇所に段差等を設けてもよい。

【0014】

個々の流速検知素子は上流側及び下流側に配設された一对の感温部m、発熱感温部Mによって検出される温度差を加熱により一定に保つために必要な電流を発熱感温部Mに流し、この電流量を基に流体の流速値を測定する。この測定値である流速値に管路13の断面積を乗じて流量を求めることができる。

【0015】

図2は流体が流れる方向に対し直交する方向、つまり管路13の断面方向の発熱感温部Mから成る第1の素子の配置図であり、1個の発熱感温部M0がセンサユニット12の内周面の中心部に位置している。また、管路13の中心部と管路13の壁面の間に等角度で5個の第1の素子の発熱感温部M51~55が配置されている。本実施例においては、このような複数の流量検出素子により得られた測定値を組み合わせることで精度の良い流量値を求めることができる。

【0016】

図3は流路管11内の流体の速度分布の説明図である。線aはレイノルズ数が約3000とした乱流を示す速度分布であり、時間当りの流量が多い、つまり流路管11の流速が速いときの速度分布である。

【0017】

線bはレイノルズ数が約2000とした層流を示す速度分布であり、時間当りの流量が少ない、つまり流路管11の流速が遅いときの速度分布である。層流時には、流路管11の中心軸が最も流速が速く、流路管11の壁面に近づくにつれて流速が遅くなる。流路管11内に流れる時間当りの流速が速くなるに応じて、線bの層流の速度分布から線aの乱流の速度分布に変化する。

【0018】

流路管11内では流体が一律に同じ流量で流れるのではなく、時間と共に変化する流量を測定している。そして、時間当りの流量の変化に対し、最も影響を受けない箇所は、線aと線bの交点Pである。

【0019】

線aのような平均的な乱流の速度分布と線bのような平均的な層流の速度分布の交点Pは、流路管11の中心部から半径Rの約0.7倍の位置となることが分かっている。この0.7Rの円上に発熱感温部M51~M55を配置し、これらの平均から流速を測定すると流路管11内が層流の流れ場から乱流の流れ場、乱流の流れ場から層流の流れ場へと変化していても、変化の影響の少ない測定値を算出することができる。

【0020】

線cは直管長が十分に確保できない場所での推定される層流の速度分布であり、偏流となっている。管路が曲がりの直後の直管長の短い箇所では、偏流が発生し易く、線bのような層流の中心対称となる速度分布が曲がりの方向等の影響により、線cのような中心から多少偏った速度分布の偏流となると推定される。この偏流により層流の速度分布の頂点がずれ、中心部の発熱感温部M0の測定値はマイナスの誤差が発生する。

【0021】

流路管11内の流体の速度分布が層流時において頂点がずれた場合に、通常の例えば中心部のみにセンサを配置した熱式流量計での測定値と実流速値の誤差は大きくなる。これに対し、流路管11内の流体の速度分布が乱流時においては、速度分布は中心が移動して

10

20

30

40

50

非対称になったとしても、速度分布の変化は層流に比べ少ないので、流速計測における誤差は少ない。

【 0 0 2 2 】

従って、流路管 1 1 内が速度分布が線 c のような偏流、層流又は乱流の何れの流れ場であっても誤差の少ない測定値を得るために、本実施例では管路 1 3 の中心部に発熱感温部 M 0 を配置し、この発熱感温部 M 0 によって生ずるマイナスの誤差を補償するために、その周囲に複数の発熱感温部 M n を中心部から $0.7R$ の円上に等角度で配置する。

【 0 0 2 3 】

この効果を実証するためにスーパーコンピュータにより R N G k - 方程式による層流、乱流の物理モデルを採用した C F D シミュレータを用いてシミュレーションを行った。

10

【 0 0 2 4 】

即ち、中心部から $0.7R$ の円上に、等角度に管路 1 3 内に 3 ~ 6 個の発熱感温部 M n を配置し、中心部に 1 個の発熱感温部 M 0 を配置して、それぞれで得られた直管長に対するシミュレーション計測値と仮定の流速値との誤差を算出した。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、中心部に 1 個の発熱感温部 M 0 及び $0.7R$ の円上に等角度に 3 個の発熱感温部 M 3 1 ~ M 3 3 を配置した配置図であり、図 5 は、中心部に 1 個の発熱感温部 M 0 及び $0.7R$ の円上に等角度に 4 個の発熱感温部 M 4 1 ~ M 4 4 を配置した配置図であり、図 6 は、中心部に 1 個の発熱感温部 M 0 及び $0.7R$ の円上に等角度に 6 個の発熱感温部 M 6 1 ~ M 6 6 を配置した配置図である。なお、図 2 が $0.7R$ の円上に等角度に 5 個の発熱感温部 M 5 1 ~ M 5 5 を配置した配置図である。

20

【 0 0 2 6 】

図 7 ~ 図 1 0 は、中心部の 1 個の発熱感温部 M 0 及び中心部から $0.7R$ の円上に等角度に設置した 3 ~ 6 個の発熱感温部 M n とした場合の直管長に対するシミュレーション計測値と仮定の流速値との誤差の割合を示すグラフ図であり、それぞれ流量が時間当りの最大流量に対して 1 0 % としたときのシミュレーション結果を示している。各グラフ図には、設置した発熱感温部 M 0、M n のシミュレーション計測値の誤差及びこれらの誤差の平均値を示す曲線が記載されている。

【 0 0 2 7 】

同様に、図 1 1 ~ 図 1 4 は、それぞれ中心部から $0.7R$ の円上の 3 個 ~ 6 個の発熱感温部 M n の配置であり、流量が時間当りの最大流量に対して 5 0 % としたときのシミュレーション結果を示すグラフ図である。

30

【 0 0 2 8 】

図 1 5 ~ 図 1 8 は、中心部から $0.7R$ の円上の 3 個 ~ 6 個の発熱感温部 M n の配置であって、流量が時間当りの最大流量に対して 1 0 0 % としたときのシミュレーション結果を示すグラフ図である。

【 0 0 2 9 】

図 1 9 ~ 図 2 1 は、発熱感温部 M 0、M n の誤差の平均値のみを抽出し、流量が時間当りの最大流量に対して 1 0 %、5 0 %、1 0 0 % で纏めたグラフ図である。

【 0 0 3 0 】

これらのグラフ図において、直管長が $40D$ (D は管路 1 3 の直径) 以上となると、誤差が生じないことは共通しており、本実施例においては直管長が $40D$ 以下の場合の誤差の処理に適用している。

40

【 0 0 3 1 】

図 7 ~ 図 2 1 のグラフ図から、 $0.7R$ の円上に等角度に設置した複数の発熱感温部 M n のシミュレーション結果の誤差は、個々のシミュレーション結果のシミュレーション計測値ではその設置位置により、プラス、マイナスの誤差が生じているものの、合計値については何れも時間当りの最大流量に対する割合に関係なく、プラスになることが分かる。

【 0 0 3 2 】

このことから、管路 1 3 の中心部に配設した発熱感温部 M 0 のシミュレーション計測値

50

のマイナスの誤差と、管路13の中心部から0.7Rの円上に配設した複数の発熱感温部Mnのシミュレーション計測値の合計ではプラスとなる誤差とを相殺させることで誤差の少ない計測値を得ることができる。

【0033】

特に、図19～図21のグラフ図から、図2に示した0.7Rの円上に等角度に5つの発熱感温部M51～M55を配置したものが、最も誤差が少ない結果となった。

【0034】

シミュレーション結果を検証するために、図2に示した配置の熱式流量計を作成し、直管長を5、10、15と変化させながら、流量を時間当りの最大流量に対して10%、50%、100%の実流量を流した状態にして測定したところ、検証実験結果と前述のシミュレーション結果はほぼ一致した。

10

【0035】

また、流れ場の変化の影響が最も小さいとされる交点Pは、流れ場が偏流、層流又は乱流の状況に応じて変化すると予想されるので、図2に示した発熱感温部M0、Mnの配置図において、0.7R以外にも、0.5R、0.3Rでも同様にシミュレーションを行った。図22～図24は、0.3R、0.5R、0.7Rの配置で、それぞれ流量が時間当りの最大流量に対して10%、50%、100%で纏めたグラフ図である。

【0036】

図22～図24のグラフから管路13内の速度分布が線cのように変化したとしても、線a、線bの交点Pである0.7Rが最も信頼性が高くなることが分かる。

20

【0037】

このように、中心部の感温部mとその周囲に複数の発熱感温部Mを配置し、これらの測定値の平均を求め、特に図2に示した発熱感温部M0、Mnの配置とすることで、直管長が十分に確保できずに、管路内の流れ場が安定しないような設置個所においても、計測誤差の少ない流速値及び流量値を得ることができる。

【0038】

また、図4～図6の発熱感温部M0、Mnの配置の構成であっても、発熱感温部M0又は発熱感温部Mnの測定値に係数を乗じて計算を行うことにより、図2の発熱感温部M0、Mnの配置の構成同様に誤差を小さくすることもできる。この係数は既知の実流量を流して較正を行う過程で決定することもできる。

30

【0039】

更に、図4～図6の発熱感温部M0、Mnの配置の構成において、中心部からの0.7Rを最適な半径長に調整することでも誤差を小さくすることができる。

【符号の説明】

【0040】

- 11 流路管
- 12 センサユニット
- 13 管路

【要約】

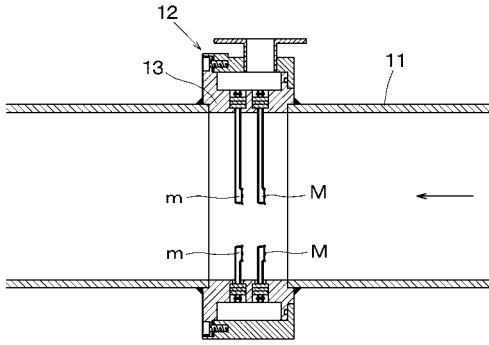
【課題】直管長が十分に確保できずに、管路内の流れ場が安定しないような設置個所においても、計測誤差の少ない流量値を得ることができる。

40

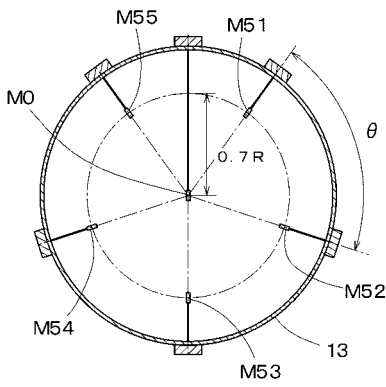
【解決手段】1個の発熱感温部M0がセンサユニットの内周面の中心部に位置する。また、センサユニットの管路13の中心部と管路13の壁面の間に等角度で5個の第1の素子の発熱感温部M51～55が配置されている。管路の中心部に配設した発熱感温部M0の測定値のマイナスの誤差と、管路13の中心部から0.7Rの円上に配設した複数の発熱感温部M51～55の測定値の合計によるプラスとなる誤差を相殺させることで誤差の少ない測定値を得ることができる。

【選択図】図2

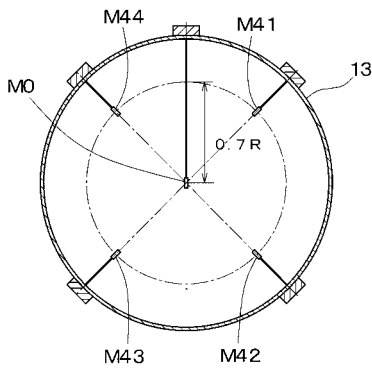
【図1】



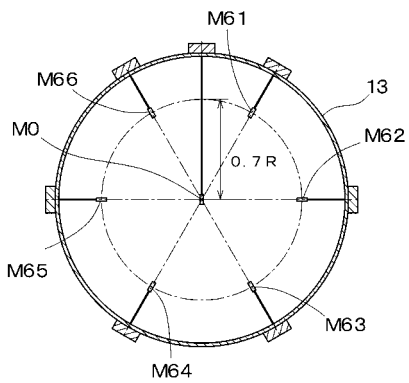
【図2】



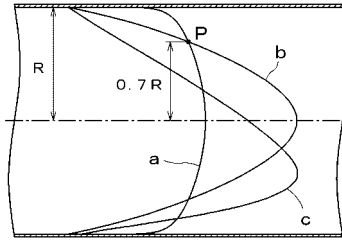
【図5】



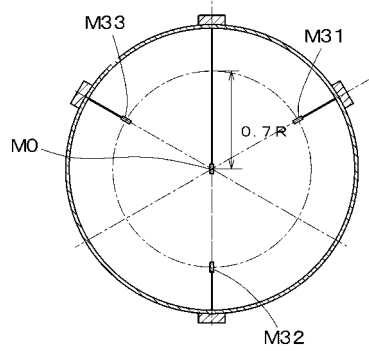
【図6】



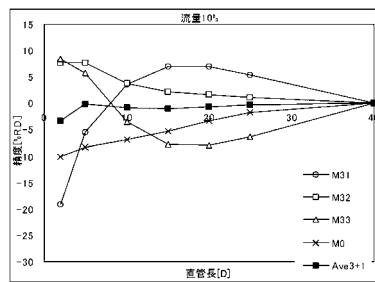
【図3】



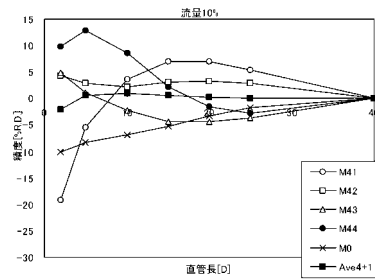
【図4】



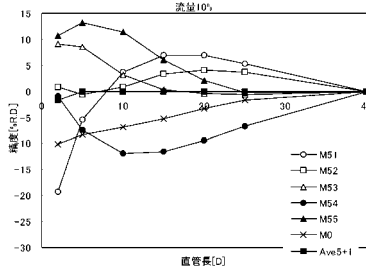
【図7】



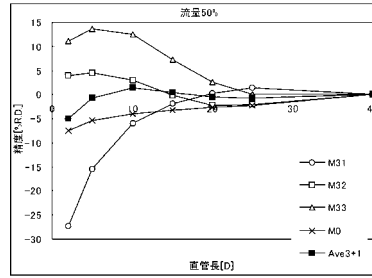
【図8】



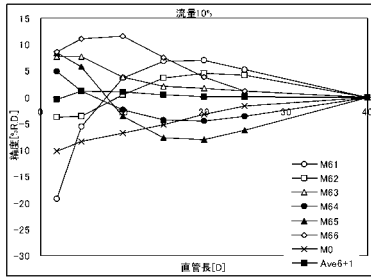
【図9】



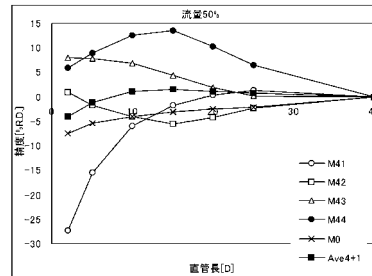
【図11】



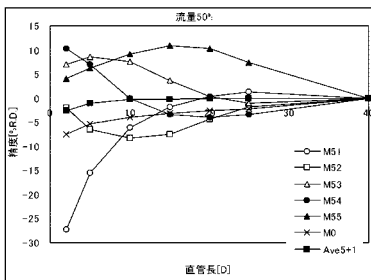
【図10】



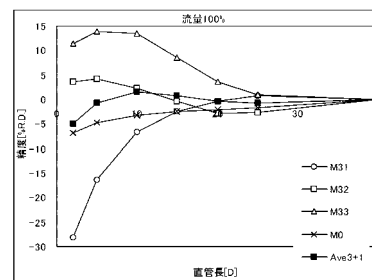
【図12】



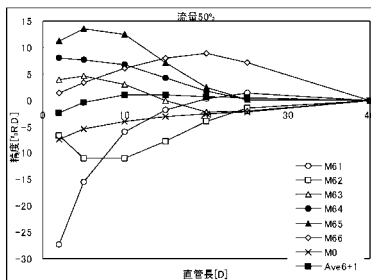
【図13】



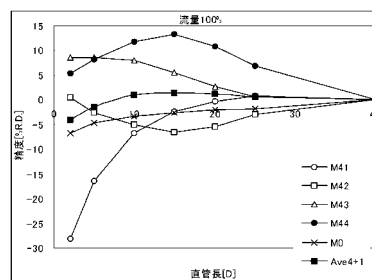
【図15】



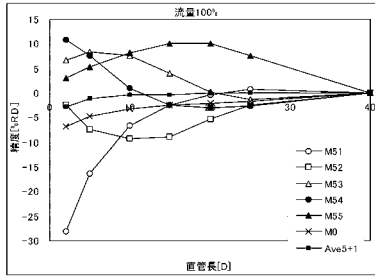
【図14】



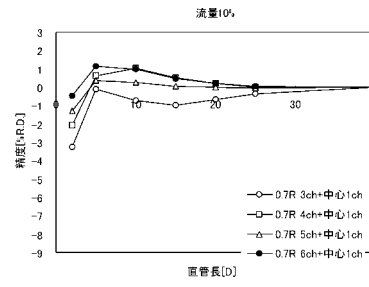
【図16】



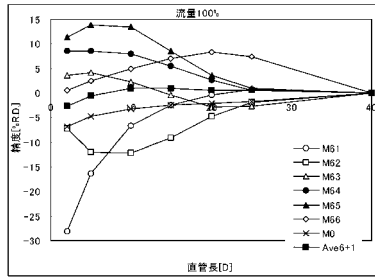
【図17】



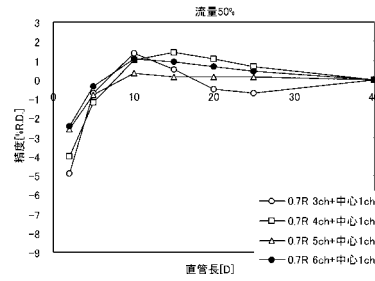
【図19】



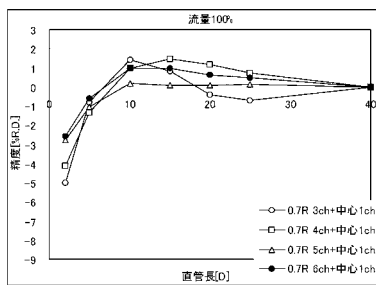
【図18】



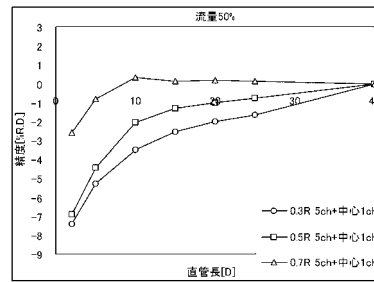
【図20】



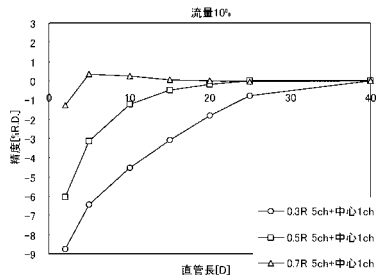
【図21】



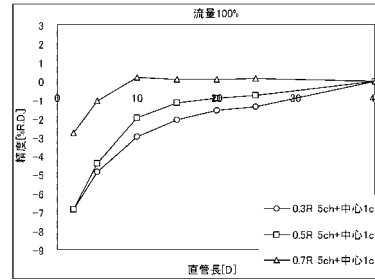
【図23】



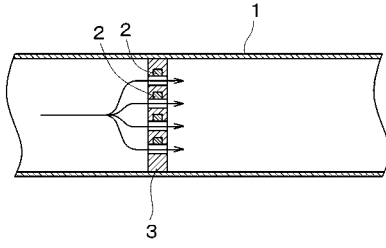
【図22】



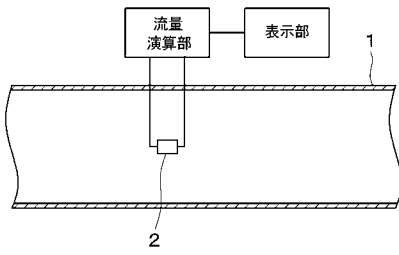
【図24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(72)発明者 金 光楠

東京都港区芝公園1丁目7番24号 東京計装株式会社内

(72)発明者 段 玉 カン

中華人民共和国、北京市海淀区西四環北路158号慧科ビル3階H3-H6 東京計装(北京)技術開発有限公司内

審査官 森 雅之

- (56)参考文献 特許第2929356(JP, B2)
特許第2867125(JP, B2)
特許第4832906(JP, B2)
特許第3150985(JP, B2)
特許第3144986(JP, B2)
特公平6-21804(JP, B2)
特許第3398251(JP, B2)
特許第3383572(JP, B2)
特許第3192912(JP, B2)
特開昭61-120016(JP, A)
実開昭51-12264(JP, U)
実開昭61-195418(JP, U)
特開2004-93161(JP, A)
特開平10-185643(JP, A)
特開平3-29821(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/

G01P 5/