

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6804560号  
(P6804560)

(45) 発行日 令和2年12月23日(2020.12.23)

(24) 登録日 令和2年12月4日(2020.12.4)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 N 9/00 (2006.01)** GO 1 N 9/00 Z  
**GO 1 F 1/84 (2006.01)** GO 1 F 1/84

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2018-560195 (P2018-560195)	(73) 特許権者	500205770
(86) (22) 出願日	平成28年5月16日 (2016.5.16)		マイクロ モーション インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2019-516988 (P2019-516988A)		アメリカ合衆国 80301 コロラド州
(43) 公表日	令和1年6月20日 (2019.6.20)		ボルダー ウィンチェスター サークル
(86) 国際出願番号	PCT/US2016/032644		7070
(87) 国際公開番号	W02017/200518	(74) 代理人	110000556
(87) 国際公開日	平成29年11月23日 (2017.11.23)		特許業務法人 有古特許事務所
審査請求日	平成30年12月26日 (2018.12.26)	(72) 発明者	ベル, マーク ジェイムズ
			アメリカ合衆国 80504 コロラド
			ロングモント ノース ビーズリー ロー
			ド 11787

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチチャネル流管

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マルチチャネル流管(130)を含む振動計(5)であって、  
 メータ電子機器(20)と、  
 メータ電子機器(20)に通信可能に結合されたメータアセンブリ(10)とを備え、  
 メータアセンブリ(10)は、

管壁(134,334,434,534)によって囲まれた2つ以上の流体チャネル(132,332,432,532)を含み、2つ以上の流体チャネル(132,332,432,532)および管壁(134,334,434,534)は、単一の一体構造を含むマルチチャネル流管(130,330,430,530)と、

マルチチャネル流管(130,330,430,530)に結合されて、マルチチャネル流管(130,330,430,530)を振動させるように構成されたドライバ(180)を備え、

2つ以上の流体チャネル(132,332,432,532)および管壁(134,334,434,534)は、ドライバ(180)に加えられる駆動信号に応答して単一の一体構造と同じ方向に変形するように構成され、

2つ以上の流体チャネル(132,332,432,532)の長手方向の長さは、マルチチャネル流管(130,330,430,530)の振動部分の長手方向の長さに等しく、該振動部分の長手方向の長さはマルチチャネル流管(130,330,430,530)の管壁(134,334,434,534)の長さ未満である、振動計(5)。

【請求項2】

2つ以上の流体チャネル(132)は、マルチチャネル流管(130)の長手方向の長さに沿

10

20

って延びる平面形状を有する1つ以上のチャンネル分割部(136)によって画定される、請求項1に記載の振動計(5)。

【請求項3】

2つ以上の流体チャンネル(432,532)は、互いに固定され、マルチチャンネル流管(430,530)の長手方向の長さに沿って延びるチャンネル管(436,536)によって画定される、請求項1又は2に記載の振動計(5)。

【請求項4】

2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)は、互いに平行である、請求項1乃至3の何れかに記載の振動計(5)。

【請求項5】

2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)の各々は、矩形断面および円形断面の少なくとも1つを有する、請求項1乃至4の何れかに記載の振動計(5)。

【請求項6】

マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法であって、

管壁によって取り囲まれたマルチチャンネル流管内の2つ以上の流体チャンネルに流体を分離するステップであって、2つ以上の流体チャンネルおよび管壁は、単一の一体構造を含むステップと、

マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加え、ドライバはマルチチャンネル流管を振動させるように構成され、ドライバに加えられた駆動信号にตอบสนองして、単一の一体構造と同じ方向に2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を変形させるステップと、

センサが取り付けられたマルチチャンネル流管の撓みを測定するステップとを含み、

2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を同じ方向に変形させるステップは、マルチチャンネル流管の振動部分の長手方向の長さに等しい2つ以上の流体チャンネルの長手方向の長さを変形させ、該振動部分の長手方向の長さはマルチチャンネル流管(130,330,430,530)の管壁(134,334,434,534)の長さ未満であるステップを含む、方法。

【請求項7】

流体を2つ以上の流体チャンネルに分離するステップは、流体のガス成分を2つ以上の流体チャンネルのうちの1つのみで分離するステップを含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

流体を2つ以上の流体チャンネルに分離するステップは、2つ以上の流体チャンネルの1つのみを流体のガス成分にて充填するステップを含む、請求項6又は7に記載の方法。

【請求項9】

マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップは、管壁に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含み、2つ以上の流体チャンネルは、マルチチャンネル流管の長手方向の長さに沿って延びる平面形状を有する1つ以上のチャンネル分割部によって画定される、請求項6乃至8の何れかに記載の方法。

【請求項10】

マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップは、管壁に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含み、2つ以上の流体チャンネルは、互いに固定され、マルチチャンネル流管の長手方向の長さに沿って延びるチャンネル管によって画定される、請求項6乃至9の何れかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

以下に記載される実施形態は、振動式センサに関し、より詳細には、マルチチャンネル流管に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、振動濃度計およびコリオリ流量計などの振動計は、一般的に知られており、質量流量および振動計の導管を流れる材料に関する他の情報を測定するために使用される。

10

20

30

40

50

例示的なコリオリ流量計は、米国特許第4,109,524号明細書、米国特許第4,491,025号明細書、およびRe.31,450に開示されている。これらの振動計は、直線形状または湾曲形状の1つ以上の導管を有するメータアセンブリを有する。例えば、コリオリ質量流量計の各導管構成は、単純な曲げ、ねじれ、または結合タイプのもので行うことができる固有振動モードのセットを有する。各導管は、好ましいモードで振動するように駆動することができる。流量計を通る流れがないとき、導管に加えらるる駆動力は、導管に沿ったすべての点を同位相で、またはゼロ流量で測定される時間遅延である小さな「ゼロオフセット」で振動させる。

#### 【0003】

材料が導管を通して流れ始めると、コリオリの力により、導管に沿った各点が異なる位相を有するようになる。例えば、流量計の入口端の位相は、中央のドライバ位置の位相より遅れ、出口の位相は、中央のドライバ位置の位相より先行する。導管上のピックアップは、導管の動きを表す正弦波信号を生成する。ピックアップからの信号出力は、ピックアップ間の時間遅延を決定するために処理される。2つ以上のピックアップ間の時間遅延は、導管を流れる材料の質量流量に比例する。

#### 【0004】

ドライバに接続されたメータ電子機器は、ドライバを動作させるための、またピックアップから受け取った信号からプロセス材料の質量流量および/または他の特性を決定するための駆動信号を生成する。ドライバは、多くの周知の構成のうちの1つを含むことができる。しかしながら、磁石および対向する駆動コイルは、流量計業界において大きな成功を収めている。所望の導管の振幅および周波数で導管を振動させるために、交流電流が駆動コイルに送られる。ピックアップを、ドライバの構成に非常に類似した磁石およびコイル構成として提供することも、当該技術分野において知られている。

#### 【0005】

取り込まれるガスは、コリオリ流量計の一般的な適用上の問題である。ガスの存在下で性能を向上させる改良が流量計になされている。この改良には、アラーム処理の改善、優れた信号処理とノイズ除去、より広いモード分離などが含まれる。しかしながら、流体デカップリング、音速(VOS)効果、および非対称減衰の3つの主な誤差メカニズムのために、正確な多相測定が依然として問題となる可能性がある。気泡の大きさ、ボイド率、液体粘度、音速、および圧力を含むパラメータの具体的な知識なしに、これらの誤差メカニズムを補正することはできない可能性がある。流れプロファイルの効果は、大きなコリオリ流量計を含むすべてのタイプの流量計にとって懸念される別の領域である。レイノルズ数が低い場合、典型的には高粘度のために、流れプロファイルに関連する効果があり、これはコリオリ流量計の感度を低下させる。管の長さ対管の直径の比がより小さい、より大きな流量計は、より悪影響を受ける。より大きな流量計はまた、高圧流体を入れるためにより厚い管壁が必要である。したがって、管の長さ対管の直径の比がより小さい流管と、流体の流量を正確に測定することができる流量計が必要とされている。このような解決策は、マルチチャンネル流管によって実現することができる。

#### 【発明の概要】

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

マルチチャンネル流管を含む振動計が提供される。一実施形態によれば、振動計は、メータ電子機器と、メータ電子機器に通信可能に結合されたメータアセンブリとを含む。メータアセンブリは、管壁によって囲まれた2つ以上の流体チャンネルを含むマルチチャンネル流管を含む。2つ以上の流体チャンネルおよび管壁は、単一の一体構造を含む。メータアセンブリはまた、マルチチャンネル流管に結合されたドライバを含む。ドライバは、マルチチャンネル流管を振動させるように構成される。2つ以上の流体チャンネルおよび管壁は、ドライバに加えらるる駆動信号に反応して単一の一体構造と同じ方向に変形するように構成される。

#### 【0007】

マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法が提供される。一態様によれば、本方法は、管壁によって取り囲まれたマルチチャンネル流管内の2つ以上の流体チャンネルに流体を分離するステップを含み、2つ以上の流体チャンネルおよび管壁は単一の一体構造を含む。本方法はまた、マルチチャンネル流管を振動させるように構成された、マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含む。本方法はまた、ドライバに加えられた駆動信号にตอบสนองして、単一の一体構造と同じ方向に2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を変形させるステップと、センサが取り付けられたマルチチャンネル流管の撓みを測定するステップとを含む。

【0008】

マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法が提供される。一態様によれば、本方法は、マルチチャンネル流管による流体の密度を測定するステップと、測定された密度を用いてガスボイド率を決定するステップと、ガスボイド率を用いて流量測定値を補償するステップとを含む。

【0009】

態様

一態様によれば、マルチチャンネル流管(130)を含む振動計(5)は、メータ電子機器(20)と、メータ電子機器(20)に通信可能に結合されたメータアセンブリ(10)とを含む。メータアセンブリ(10)は、管壁(134,334,434,534)によって囲まれた2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)を含むマルチチャンネル流管(130,330,430,530)を含む。2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)および管壁(134,334,434,534)は、単一の一体構造を含む。メータアセンブリ(10)はまた、マルチチャンネル流管(130,330,430,530)に結合されたドライバ(180)を含む。ドライバ(180)は、マルチチャンネル流管(130,330,430,530)を振動させるように構成される。2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)および管壁(134,334,434,534)は、ドライバ(180)に加えられる駆動信号にตอบสนองして単一の一体構造と同じ方向に変形するように構成される。

【0010】

好ましくは、2つ以上の流体チャンネル(132)は、マルチチャンネル流管(130)の長手方向の長さに沿って延びる平面形状を有する1つ以上のチャンネル分割部(136)によって画定される。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネル(432,532)は、互いに固定され、マルチチャンネル流管(430,530)の長手方向の長さに沿って延びるチャンネル管(436,536)によって画定される。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)は、互いに実質的に平行である。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)の各々は、矩形断面および円形断面の少なくとも1つを有する。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)の長手方向の長さは、マルチチャンネル流管(130,330,430,530)の振動部分の長手方向の長さに実質的に等しい。

好ましくは、管壁(134,334,434,534)の長手方向の長さは、2つ以上の流体チャンネル(132,332,432,532)の長手方向の長さに実質的に等しい。

【0011】

一態様によれば、マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法は、管壁によって取り囲まれたマルチチャンネル流管内の2つ以上の流体チャンネルに流体を分離するステップを含み、2つ以上の流体チャンネルおよび管壁は、単一の一体構造を含む。本方法はまた、マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含み、ドライバはマルチチャンネル流管を振動させるように構成される。本方法はまた、ドライバに加えられた駆動信号にตอบสนองして、単一の一体構造と同じ方向に2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を変形させるステップと、センサが取り付けられたマルチチャンネル流管の撓みを測定するステップとを含む。

【0012】

10

20

30

40

50

好ましくは、流体を2つ以上の流体チャンネルに分離するステップは、流体の気体成分を2つ以上の流体チャンネルのうちの1つに分離するステップを含む。

好ましくは、流体を2つ以上の流体チャンネルに分離するステップは、2つ以上の流体チャンネルの1つの断面に流体のガス成分を充填するステップを含む。

好ましくは、マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップは、管壁に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含み、2つ以上の流体チャンネルは、マルチチャンネル流管の長手方向の長さに沿って延びる平面形状を有する1つ以上のチャンネル分割部によって画定される。

【0013】

好ましくは、マルチチャンネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップは、管壁に結合されたドライバに駆動信号を加えるステップを含み、2つ以上の流体チャンネルは、互いに固定され、マルチチャンネル流管の長手方向の長さに沿って延びるチャンネル管によって画定される。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を同じ方向に変形させるステップは、マルチチャンネル流管の振動部分の長手方向の長さを実質的に等しい2つ以上の流体チャンネルの長手方向の長さを変形させるステップを含む。

好ましくは、2つ以上の流体チャンネルおよび管壁を同じ方向に変形させるステップは、2つ以上の流体チャンネルの長手方向の長さを実質的に等しい管壁の長手方向の長さを変形させるステップを含む。

【0014】

一態様によれば、マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法は、マルチチャンネル流管によって流体の密度を測定するステップと、測定された密度を用いてガスボイド率を決定するステップと、ガスボイド率を用いて流量測定値を補償するステップとを含む。

好ましくは、測定された密度を用いてガスボイド率を決定するステップは、密度測定値とガスボイド率との間の所定の相関からガスボイド率を決定するステップを含む。

好ましくは、流量測定値を補償するステップは、流量誤差とガスボイド率との間の所定の相関から流量誤差を決定するステップと、流量誤差を使用して流量測定値を補償するステップとを含む。

【図面の簡単な説明】

【0015】

同じ参照番号は、すべての図面上の同じ要素を表す。図面は必ずしも縮尺通りではないことを理解すべきである。

【図1】一実施形態に係るマルチチャンネル流管130を備えた振動計5を示す。

【図2】一実施形態に係る、図1に示すマルチチャンネル流管130の断面図を示す。

【図3】一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管330の断面図を示す。

【図4】一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管430の断面図を示す。

【図5】一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管530の断面図を示す。

【図6】比較的小さい直径の1/4インチの標準的な流管の質量誤差百分率の読み値のグラフ600を示す。

【図7】2つ以上の流体チャンネルのない標準的な流管（「密度ベースライン」）に対する密度誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ700を示す。

【図8】一実施形態に係る図3に示す単軸分割部（「密度単軸分割部」）を有するマルチチャンネル流管の密度誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ800を示す。

【図9】2つ以上の流体チャンネルのない標準的な流管（「質量ベースライン」）に対する質量流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ900を示す。

【図10】一実施形態に係る図2に示す単軸分割部（「質量単軸分割部」）を有するマルチチャンネル流管に対する質量流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ1000を示す。

【図11】標準的な流管（「体積ベースライン」）に対する体積流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ1100を示す。

10

20

30

40

50

【図12】一実施形態に係る図2に示す単軸分割部（「体積単軸分割部」）を有するマルチチャンネル流管に対する体積流量誤差とガスポイド率との間の関係を示すグラフ1200を示す。

【図13】マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法1300を示す。

【図14】マルチチャンネル流管によって流体を測定する別の方法1400を示す。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図1-図14および以下の説明は、当業者にマルチチャンネル流管の最良の形態の実施形態を作成および使用する方法を教示する特定の例を示す。本発明の原理を教示する目的のために、いくつかの従来態様は簡略化または省略されている。当業者は、本明細書の範囲内に入るこれらの例からの変形を理解するであろう。当業者であれば、以下に説明する構成を多種の方法で組み合わせて、マルチチャンネル流管の複数の変形を形成できることを理解するであろう。その結果、以下に説明する実施形態は、後述する特定の例に限定されるものではなく、特許請求の範囲およびその均等物によってのみ限定されるものである。

【0017】

振動計は、メータアセンブリに通信可能に結合されたメータ電子機器を含む。マルチチャンネル流管は、メータアセンブリの一部である。マルチチャンネル流管は、2つ以上の流体チャンネルを含む。ドライバは、マルチチャンネル流管に結合され、マルチチャンネル流管を振動させるように構成される。2つ以上の流体チャンネルは、ドライバに加えられる駆動信号にตอบสนองして一体構造と同じ方向に曲がるように構成される。2つ以上の流体チャンネルは、例えば、チャンネル管の押し出し、3D印刷、ろう付けなどによって形成することができ、これは管壁によって取り囲まれる。

【0018】

2つ以上の流体チャンネルの有効直径は、管壁の直径よりも小さい。マルチチャンネル流管の有効直径が管壁の直径よりも小さいため、圧縮性、デカップリング、およびフロープロファイル効果に関する性能上の問題が改善され得る。これらの改良により、標準的な流管による測定よりも正確な流量測定が可能になる。また、標準的な流管に対してマルチチャンネル流管の圧力封じ込めを改善することができる。結果として、振動型流量計は、多くの多相技術より安価であり、より簡単な製造技術を使用し、一方で、正確な多相流量測定も提供することができる。

【0019】

#### 振動式センサシステム

図1は、一実施形態に係るマルチチャンネル流管130を備えた振動計5を示す。図1に示すように、振動計5は、メータアセンブリ10とメータ電子機器20とを備える。メータアセンブリ10は、プロセス材料の質量流量および密度にตอบสนองする。メータ電子機器20は、リード線100を介してメータアセンブリ10に接続されて、経路26上の密度、質量流量、および温度情報、ならびに他の情報を提供する。コリオリ流量計の構造が記載されているが、本発明は振動管濃度計、音叉濃度計などとして実施できることは当業者には明らかである。

【0020】

メータアセンブリ10は、一对のマニホールド150,150'、フランジネック110,110'を有するフランジ103,103'、一对の平行なマルチチャンネル流管130,130'、ドライバ180、抵抗温度検出器(RTD)190、および一对のピックアップセンサ170l,170rを含む。マルチチャンネル流管130,130'は、2つの本質的にまっすぐな入口脚部131,131'および出口脚部133,133'を有し、流管取り付けブロック120,120'において互いに向かって集束する。マルチチャンネル流管130,130'は、その長さに沿って2つの対称位置で曲がり、その長さ全体にわたって本質的に平行である。ブレースバー140および140'は、それぞれのマルチチャンネル流管130,130'がそのまわりを振動する軸WおよびW'を規定する働きをする。マルチチャンネル流管130,130'の脚部131,131'および133,133'は、流管取り付けブロック120,120'に固定して取り付けられ、これらのブロックは、次いでマニホールド150,150'に固定して取り付けられる。これは、メータアセンブリ10を通る連続的な閉じた材料経路を提供する

## 【 0 0 2 1 】

。 穴102および102'を有するフランジ103および103'が、入口端104および出口端104'を介して、測定されているプロセス材料を運ぶプロセスライン（図示せず）に接続されると、材料は、フランジ103のオリフィス101を通り、メータの入口端104に入り、マニホールド150を通過して、表面121を有する流管取り付けブロック120に導かれる。マニホールド150内で、材料は分割され、マルチチャンネル流管130,130'を通過して経路付けされる。マルチチャンネル流管130,130'を出ると、プロセス材料は、表面121'を有する流管取り付けブロック120'およびマニホールド150'内の単一の流れで再結合され、その後、プロセスライン（図示せず）への穴102'を有するフランジ103'によって接続された出口端104'に経路付けされる。

10

## 【 0 0 2 2 】

マルチチャンネル流管130,130'が、曲げ軸W-WおよびW'-W'の周りで実質的に同じ質量分布、慣性モーメント、およびヤング率を有するように選択され、流管取り付けブロック120,120'に適切に取り付けられる。これらの曲げ軸はブレースバー140,140'を通過する。流管のヤング率が温度と共に変化し、この変化が流量および密度の計算に影響を及ぼす限り、RTD190はマルチチャンネル流管130'に取り付けられて、マルチチャンネル流管130の温度を連続的に測定する。マルチチャンネル流管130'の温度、したがってそこを通過する所与の電流に対するRTD190の両端に現れる電圧は、マルチチャンネル流管130'を通過する材料の温度によって支配される。RTD190の両端に現れる温度依存性電圧は、流管の温度の変化によるマルチチャンネル流管130,130'の弾性率の変化を補償するために、メータ電子機器20による周知の方法で使用される。RTD190は、リード線195によってメータ電子機器20に接続されている。

20

## 【 0 0 2 3 】

マルチチャンネル流管130,130'の両方は、それぞれの曲げ軸WおよびW'の周りで反対方向に、かつ流量計の第1の位相外曲げモードと呼ばれるところで、ドライバ180によって駆動される。このドライバ180は、マルチチャンネル流管130'に取り付けられた磁石およびマルチチャンネル流管130に取り付けられた対向コイルなどの多くの周知の構成のうちの任意のものを含むことができ、これを通してマルチチャンネル流管130,130'の両方を振動させるために交流電流が流れる。適切な駆動信号が、メータ電子機器20によって、リード185を介してドライバ180に加えられる。

30

## 【 0 0 2 4 】

メータ電子機器20は、リード線195上のRTD温度信号と、リード線165l、165r上に現れる左右のセンサ信号とをそれぞれ受信する。メータ電子機器20は、リード185上に現れる駆動信号をドライバ180に送り、マルチチャンネル流管130,130'を振動させる。メータ電子機器20は、左右のセンサ信号およびRTD信号を処理して、メータアセンブリ10を通過する材料の質量流量および密度を計算する。この情報は、他の情報と共に、経路26を介してメータ電子機器20によって信号として加えられる。

## 【 0 0 2 5 】

マルチチャンネル流管130,130'は、多相流体などの材料が流れることができる複数の流体チャンネルを有する。すなわち、マルチチャンネル流管130,130'を通過して流れる流体は、2つ以上の流体チャンネルを通過して流れる。マルチチャンネル流管130,130'は、流体デカップリング、音速（VOS）効果、および非対称減衰に関連する問題に対処することにより、多相測定における誤差を改善する。マルチチャンネル流管130,130'は、気泡の大きさ、ボイド率、液体粘度、音速、および圧力を含むパラメータの具体的な知識なしに、これらの誤差メカニズムを減らすことができる。以下でより詳細に説明するように、管の長さ（L）対管の直径（D）の比を効果的に増加させることによって、マルチチャンネル流管130,130'はまた、すべてのタイプの振動計にとって懸念される別の領域である流れプロファイル効果を削減する。

40

## 【 0 0 2 6 】

50

## 断面

図2は、一実施形態に係る、図1に示すマルチチャンネル流管130の断面図を示す。x軸とy軸の基準座標系も示されている。マルチチャンネル流管130は、2つ以上の流体チャンネル132を含む。図1に示すように、2つ以上の流体チャンネル132は、管壁134内に配置される。2つ以上の流体チャンネル132は、管壁134内のチャンネル分割部136によって画定される。チャンネル分割部136は、単一の軸に平行な平面内にある。図示されるように、チャンネル分割部136は、基準座標系のx軸に垂直な平面内に形成される。

### 【0027】

図3は、一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管330の断面図を示す。x軸とy軸の基準座標系も示されている。マルチチャンネル流管330は、2つ以上の流体チャンネル332を含む。図3に示すように、2つ以上の流体チャンネル332は、管壁334内に配置される。2つ以上の流体チャンネル332は、管壁334内のチャンネル分割部336によって画定される。チャンネル分割部336は、x軸およびy軸に平行な平面内にある。チャンネル分割部336は、互いに垂直である。チャンネル分割部336は、基準座標系のx軸およびy軸に平行であり、垂直である。

### 【0028】

図4は、一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管430の断面図を示す。x軸とy軸の基準座標系も示されている。マルチチャンネル流管430は、2つ以上の流体チャンネル432を含む。明確にするために、2つ以上の流体チャンネル432のうちの1つのみが参照される。図4に示すように、2つ以上の流体チャンネル432は、管壁434内に配置される。2つ以上の流体チャンネル432は、管壁434内のチャンネル管436によって画定される。マルチチャンネル流管430は管束である。言い換えると、マルチチャンネル流管430は、一体構造として移動するように構成されたチャンネル管436の束によって形成される。より具体的には、チャンネル管436の上部2つおよび下部2つはそれぞれ、基準座標系のx軸と平行な平面を形成する。同様に、チャンネル管436のうちの左の2つおよび右の2つはそれぞれ、基準座標系のy軸に平行な平面を形成する。

### 【0029】

図5は、一実施形態に係る別のマルチチャンネル流管530の断面図を示す。マルチチャンネル流管530は、2つ以上の流体チャンネル532を含む。明確にするために、2つ以上の流体チャンネル532のうちの1つのみが参照される。図5に示すように、2つ以上の流体チャンネル532は、管壁534内に配置される。2つ以上の流体チャンネル532は、管壁534内に配置されたチャンネル管536によって画定される。マルチチャンネル流管530は管束である。言い換えると、マルチチャンネル流管530は、一体構造として移動するように構成されたチャンネル管536の束によって形成される。チャンネル管536は、管壁534の長手方向軸の周りに同心に配置される。

### 【0030】

これらおよび他の実施形態では、2つ以上の流体チャンネル132, 332~532は、ドライバ180に加えられる駆動信号に応答して一体構造と同じ方向に曲がるように構成される。例えば、図3に示す2つ以上の流体チャンネル332に関して、管壁334は、2つ以上の流体チャンネル332を取り囲んでいる。その結果、管壁334は、ドライバ180によって管壁334に加えられる力に応答して変形する(例えば、曲がる)。図1に示すように、ドライバ180は、チャンネル分割部136によって形成された面に垂直な方向に力を加える。チャンネル分割部136は、マルチチャンネル流管130の長手方向の長さに沿って延びる平面形状を有する。

### 【0031】

2つ以上の流体チャンネル132, 332, 532は、互いにかつ管壁134, 334-534に平行に長手方向に延びる。すなわち、2つ以上の流体チャンネル132, 332~532および管壁134, 334~534の長手方向の長さ(例えば、流管取り付けブロック120, 120'の間に延びる長さ)は、互いに平行である。長手方向の長さは、マルチチャンネル流管130, 330~530の振動部分(例えば、ブレースパー140, 140'間の長さ)と同じであってもよい。しかしながら、代替の実施形態では、2つ以上の流体チャンネルは、互いに平行でなくてもよく、および/または管壁に平行でなくてもよい。例えば、代替の2つ以上の流体チャンネルは、互いに対して、および/または管壁に対してねじれていてもよい。これに加えてまたはこれに代えて、管壁の長手方

10

20

30

40

50

向の長さは、2つ以上の流体チャネルの長手方向の長さと同しくなくてもよい。

【0032】

図2-図5に示す断面は、マルチチャネル流管130,330~530の長手方向の長さに沿って延びている。すなわち、断面は、振動計5のほぼ入口端104および出口端104'から一貫している。しかしながら、代替の実施形態では、断面は、マルチチャネル流管130,330~530の長手方向の長さにならって変化してもよい。例えば、別のマルチチャネル流管は、図2に示された入口端部および出口端部付近の断面と、図3に示された代替流管の中央部における断面とを含むことができる。別の代替実施形態では、断面は、マルチチャネル流管130,330~530の長手方向の長さに沿ってらせん状になることができる。断面を螺旋状にすることにより、マルチチャネル流管130,330~530が多相流体上の遠心分離機として作用し、重い液体を2つ以上の流体チャネル132,332~532のそれぞれの一方の側（例えば外側）に押しやるることができる。

10

【0033】

マルチチャネル流管130,330~530の使用によって達成される利点のいくつかは、マルチチャネル流管130,330-530内の特定の位置で、例えば、大きな振動変形の位置で、断面を必要とするだけである。したがって、特定の代替実施形態では、断面は、マルチチャネル流管130,330~530内の特定の位置でのみ使用され得る。他の位置は、マルチチャネル流管130,330~530を通る圧力降下を低減するように、2つ以上の流体チャネル132,332~532なしで円形の断面を採用することができる。

【0034】

20

図2-図5に示す断面もまた対称的である。すなわち、断面は、基準座標系のx軸およびy軸の周りの鏡像である。しかしながら、代替の実施形態では、断面は、基準座標系のx軸および/またはy軸の周りに非対称であってもよい。例えば、別の流管は、図3に示したものと同様の頂部に二重軸分割部を、図2に示したものと同様の流管の下部に単軸分割部を有することができる。断面はまた、例えば、図4に示す4つの流体チャネル432から、図5に示す7つの流体チャネル532への、別の流管の長さに沿った分割部を含むことができる。

【0035】

図2-図5に示す断面は、任意の適切な材料および方法を用いて形成することができる。例えば、図2及び図3に示す断面は、3D印刷、押出成形などによって単一の一体構造として形成することができる。図4及び図5に示す断面は、チャネル管436~536を管壁434~534に挿入することによって形成することができる。チャネル管436~536が管壁434~534に挿入された後、複数のマンドレルがチャネル管436~536に挿入されて、マルチチャネル流管130,330~530が曲げられている間に壁を押し付けることができる。これにより、チャネル管436~536が崩壊しないことを保証することができる。マルチチャネル流管130,330~530を形成するために使用される材料は、プラスチック、金属などの任意の適切な材料とすることができる。

30

【0036】

図2-図5に示す断面を形成するために使用される材料および方法は、単一の一体構造として2つ以上の流体チャネル132,332~532を形成することができる。例えば、図2に示すマルチチャネル流管130を押し出すことによって、管壁134およびチャネル分割部136は一体構造となる。例えば、管壁134およびチャネル分割部136は、単一部分または完全な構造全体として形成される。同様に、チャネル管436~536および管壁434~534は、例えば、チャネル管436~536および管壁434~534を互いに接着することによって、一体構造として形成することもできる。チャネル管436~536および管壁434~534は、ろう付け、接着剤、摩擦溶接などによって互いに接着させることができる。

40

【0037】

2つ以上の流体チャネル132,332~532を一体構造として形成することにより、振動計5は安価に製造でき、信頼性があるようにできる。例えば、補強部材は、2つ以上の流体チャネル132,332~532の間で使用されない。補強部材を排除することによって、関連する製造工程を省略することもできる。さらに、2つ以上の流体チャネル132,332-532の各々の間

50

の摩擦力が存在しなくてもよい。例えば、図4および図5に示されるチャンネル管436～536は、流管430～530が振動されるときに、互いにまたは管壁434,534に対して擦れない。これにより、管間浸食を防止することができ、それによって流管430～530の動作寿命を延ばすことができる。振動部材における摩擦力の回避はまた、コリオリ流量計を用いて正確な質量流量および密度測定値を得るために重要であり得る。

#### 【0038】

理解できるように、マルチチャンネル流管130,330～530の有効管直径は、管壁134,334-534の直径よりも小さい。すなわち、マルチチャンネル流管130,330～530の有効直径は、2つ以上の流体チャンネル132,332～532の直径にほぼ等しくてもよい。例えば、図5に示すマルチチャンネル流管530の有効直径は、管壁134,334-534の直径の約1/3であってもよい。したがって、マルチチャンネル流管130,330～530は、より小さな有効径と関連する利点を実現しながら、標準的な流管（すなわち、2つ以上の流体チャンネル132,332～532を有さない流管）とほぼ等しいまたはそれよりも小さな容量を提供することができる。

10

#### 【0039】

##### 有益な効果

マルチチャンネル流管130,330～530は、圧縮性、デカップリング、および流れプロファイラ効果に関連する性能問題に対処する。さらに、圧力封じ込めおよび浸食に関連する利点もまた実現され得る。これらの利点は、以下により詳細に説明される。

#### 【0040】

##### 圧縮性

振動計は、流管を通して流れる流体が流量計アセンブリの固有振動数で振動する間に流管と共に移動することを必要とする。高周波計は、典型的には、流体が各振動であまりにも遠くに移動するという事実により部分的に起因して、ガスまたは同伴ガスの用途にはうまく機能しない。これらの圧縮率または音速効果は、Hemp J. and Kutin J.の「測定される流体の圧縮性に起因するコリオリ流量計の読み値の誤差の理論(Theory of Errors in Coriolis flowmeter readings due to compressibility of the fluid being metered)」, Flow Measurement and Instrumentation, 17:359-369から再現された以下の閉形式の式(1)および(2)によって予測される、正の質量流量および密度誤差を引き起こす。以下の閉形式の式(1)および(2)において、 $\omega$ は角振動周波数であり、 $d$ は流管の内径であり、 $c$ はプロセス流体の音速である。管の直径が大きくなると誤差が大きくなることに留意されたい。

20

30

#### 【数1】

$$\rho_{VOS,err} = \frac{1}{4} \left( \frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (1)$$

$$\dot{m}_{VOS,err} = \frac{1}{2} \left( \frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (2)$$

#### 【0041】

これらの式の形式は単純に見えるが、実際に圧縮性を補償するためにこれらを使用するのは難しいかもしれない。単相ガスまたは圧縮性液体の用途でさえ、補償するためにプロセス流体の音速を知る必要がある。多相アプリケーションの場合、混合音速 $c$ は、ガスおよび液体の音速、ガスおよび液体の密度、およびガスのボイド率を含む、測定が困難なパラメータの長いリストに依存する。

40

#### 【0042】

しかしながら、マルチチャンネル流管130,330～530は、有効管直径 $d$ が標準的な流管よりもかなり小さくすることができるので、これらの問題を低減または排除することができる。マルチチャンネル流管130,330～530では、管壁134,334～534の直径の1/5に等しい2つ以上の流体チャンネル132,332～532の直径は、音速効果による誤差の25分の1の減少をもたらす。換言すれば、マルチチャンネル流管130,330～530は、音速効果を排除することができ

50

る。これにより、振動計の設計者は、圧縮可能な液体、気体、または多相混合物に関連する性能を犠牲にすることなく、（メータのコンパクト性およびコストに付随する利益を伴う）より高い振動周波数を受け入れることが可能になる。

#### 【 0 0 4 3 】

##### デカップリング効果

振動計は、典型的には、それらを通して流れる流体が振動中に流管と共に直接移動することを必要とする。気泡が液体流に導入されると、2つの相の間に相対運動または「デカップリング」があるので、この仮定はもはや有効ではない。モデルは、特定の流体混合物の特性に関する誤差を予測することができる。しかしながら、モデルは、気泡の大きさおよび液体の粘度を含む多くの計測されていないパラメータを入力として必要とし、誤差を直接補償することは困難である可能性がある。モデルおよび実験結果は、比較的小さな直径の流管を有する振動計が、典型的にはより良好に機能し、測定誤差がより少ないことを示している。

#### 【 0 0 4 4 】

これは、デカップリングモデルで行われた仮定の1つが、管内の流体が無限の液体媒体中の気泡の均一な分布を表すという事実によって説明される。それは、近くの管壁の存在によるデカップリングの減少を説明してはいない。Fischer PF、Leaf GK、Restrepo JMによる振動流における壁効果の数値的研究、「振動流における粒子の持ち上げと引きずりに及ぼす壁近接の影響(Influence of wall proximity on the lift and drag of a particle in an oscillatory flow)」、流体工学ジャーナル(Journal of Fluids Engineering) 127:583-595 (2005) は、粒子が壁からの2つの半径未満でない限り、壁効果は無視できることを示している。別の言い方をすれば、壁効果は、粒子直径対管直径の比が1に近づくときにのみ重要となる。Coimbraらによる実験研究「高周波ストークス流れにおける静止履歴効果に関する実験的研究(An experimental study on stationary history effects in high-frequency Stokes flows)」、J.Fluid Mech.504:353-363は、これらの結果を裏付ける。この実験は、最大80Hzの周波数で流体カラム内の繫留粒子の振動を含む。多くの振動計では、気泡は管の直径に比べて小さく、壁の効果は無視でき、その結果、デカップリングは制限されず、誤差は大きくなる。

#### 【 0 0 4 5 】

図6は、比較的小さい直径の1/4インチの標準的な流管の質量誤差百分率の読み値のグラフ600を示す。グラフ600は、平均ボイド率パーセンテージ軸610および質量誤差パーセント読み値軸620を含む。グラフ600は、平均ボイド率パーセンテージに対する質量誤差の読み値の変化を示す質量誤差の読み値のプロット630を含む。質量誤差の読み値のプロット630は、水、鉱油、および10%の水をカットした鉱油についての質量誤差の読み値を含む。様々な流体の質量誤差の読み値は、5%未満から-15%までの範囲であり、60%を超えるボイド率では-10%未満に低下する。質量誤差の読み値のプロット630は、直径が1/4インチの流管などのより小さい直径の標準的な流管では、気泡が管壁の存在によってデカップリングから拘束され、幅広い範囲のボイド率にわたって少ない誤差をもたらす。

#### 【 0 0 4 6 】

従って、管壁134,334~534の直径よりも小さい直径を有する2つ以上の流体チャネル132,332~532（例えば、1インチの管壁内の1/5インチの流体チャネル）を含むマルチチャネル流管130,330~530は、50%を超えるガスボイド率を有する流体からの使用可能な測定値をもたらすことができる。総質量流量の測定精度は、数十万ドルのコストがかかり、望ましくない可能性のある原子力技術を使用する専用の多相式メータの測定精度に匹敵することができる。より複雑な技術に関連した費用および危険を伴わずに、デカップリングの発生を防止することができるマルチチャネル流管130,330~530を有する振動計5において同じ性能を達成することができる。例えば、管壁134,334~534の直径の1/10に等しい有効管径を有するマルチチャネル流管130,330~530は、より小さい直径の標準管に見られるのと同様の性能を可能にし、しかも何十万ドルものコストがかかることなく、原子力技術を使用していない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 7 】

デカップリングはまた、管振動の方向にベース液体を通して動く気泡の二次運動のために、非対称ダンピングを引き起こす。標準的な流管を有する振動式流量計の入口から出口への非対称ダンピングは、大きな誤った質量流量の読み値を引き起こす可能性がある。非対称の気泡分布の1つの原因は浮力であり、これは気泡を標準的な流管の一部に閉じ込め、その他の部分には閉じ込めない可能性がある。気泡分布が管の長さに沿って非対称である場合、非対称な減衰が生じる。高い流速はこの現象を最小限に抑え、混合物を均質に保つが、高い流速はまた、圧力降下を増加させ、静圧が低下するためにフラッシュする可能性がある。さらに、高い流量であっても、ある程度は常に非対称な減衰が存在する可能性がある。マルチチャンネル流管130,130'では、マルチチャンネル流管130,130'の全断面が液体または気体のいずれでもよいが、両方の混合物ではないので、この減衰は低減され得る。さらに、気泡が断面全体を占める場合、気泡は液体と同じ流量で強制的に移動する。その結果、振動計5の一方の側にガスが滞留する可能性はもはやなくなり、ガスは、マルチチャンネル流管130,130'の長さにより均一に分布され得る。

10

## 【 0 0 4 8 】

流れプロファイル効果

速度プロファイル効果による誤差の大きさは、レイノルズ数、ストークス数、管の幾何学的形状にも依存する可能性がある。これらの非次元パラメータを定義する変数のいくつかは、流体の特性に依存する。しかしながら、流れプロファイル効果の大きさは、流管の長さ(L)のその直径(D)に対する比に強く依存する。より大きな振動計は、比較的低いL/D比を有する。通常、25を超えるL/D比を有する振動計は、測定可能な流れプロファイル効果を有さない。マルチチャンネル流管130,330~530は、それらがより小さい有効直径を有するため、より大きな振動計における流れプロファイル効果を排除するために、より高い流量の振動計のL/D比を増加させるために使用され得る。実際、管壁134の半分の大きさの個々の管直径を有するマルチチャンネル流管130は、多くの異なるサイズの振動計に対して25を超えるL/D比をもたらす。

20

## 【 0 0 4 9 】

圧力封じ込めの利点

マルチチャンネル流管130の別の利点は、より高い圧力定格である。2つ以上の流体チャンネルのない標準的な流管では、管直径が減少すると、圧力定格が増加する(フープ応力=圧力\*半径/厚さ)。大きな直径を有する標準的な管は、典型的には、より厚い壁を有し、流れの感度および性能を低下させる。しかしながら、マルチチャンネル流管130は、等価流量領域の単一の管よりも高い可能性のある圧力定格を各々が有する2つ以上の流体チャンネル132を用いることによってこの問題を解決する。さらに、流れおよび密度に対する圧力効果は、実質的に低減されるであろう。しかしながら、図3-図5に示すマルチチャンネル流管330~530は、図2に示す単軸分割マルチチャンネル流管130に対して改善された圧力封じ込めを有することができる。

30

## 【 0 0 5 0 】

浸食

管束計内において、浸食もまた低減され得る。浸食は、通常、レイノルズ数に大きく依存し、レイノルズ数は、管径の増加と共に増加する。より低いレイノルズ数(より小さい有効直径)では、浸食は減少する。また、マルチチャンネル流管130,330~530は、非対称減衰の問題を低減または排除することができるので、ガスエントレインメント用途において良好な性能を得るために流体速度を高く保つ必要はない。この結果、レイノルズ数が小さくなり、したがって浸食が少なくなる。

40

## 【 0 0 5 1 】

これらおよび他の利点のために、前述の振動計5などのマルチチャンネル流管を使用する振動計から得られる測定値は、2つ以上の流体チャンネルのない標準的な流管よりも正確であり得る。例示的な測定は、図7-図12を参照して以下に説明される。

## 【 0 0 5 2 】

50

### パーセント誤差データ

以下に説明する図7-図12は、2つ以上の流体チャネルを有さない標準的な流管（「ベースライン」でラベル付けされた図7、図9、および図11）および図2に示される単軸分割マルチチャネル流管（「単軸分割」とラベル付けされた図8、図10、および図12）に関連する密度、質量、および体積流量誤差を示している。図7-図12に示すデータは、円形の断面を有する1インチの流量計を通して流れる水から得られたものである。

【0053】

#### 密度誤差

図7及び図8は、密度誤差を対象とするグラフ700,800である。グラフ700,800は、横軸であるガスボイド率軸710,810と、縦軸であるパーセント混合物密度誤差軸720,820とを含む。ガスボイド率軸710,810の範囲は、0~25%である。パーセント混合物密度誤差軸720,820の範囲は、-30%~5%である。

10

【0054】

図7は、2つ以上の流体チャネルのない標準的な流管（「密度ベースライン」）に対する密度誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ700を示す。グラフ700は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット730を有する。データプロット730は、パーセント混合物密度誤差が、低いガスボイド率では比較的低いことを示している。しかしながら、パーセント混合物密度誤差は、ガスボイド率の割合が高いほど増加する。例えば、10m/sの流量では、パーセント混合物密度誤差は、1%未満から約25%に増加する。パーセント混合物密度誤差はまた、気泡の大きさの変化および非対称減衰の存在のために、流体速度に大きく依存する。ここで、誤差は流速の増加と共に増加するが、他の状況では、反対の傾向が観察される。

20

【0055】

図8は、一実施形態に係る図3に示す単軸分割部を有するマルチチャネル流管（「密度単軸分割」）の密度誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ800を示す。グラフ800は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット830を有する。データプロット830は、パーセント混合物密度誤差が低いガスボイド率では比較的低いことを示している。パーセント混合物密度誤差は、ガスボイド率の割合が高いほど増加する。しかしながら、図7に示すほどパーセント混合物密度誤差は増加しない。例えば、10m/sの流量では、図7に示される1%未満から約25%への増加とは対照的に、パーセント混合物密度誤差は1%未満から5%未満まで増加する。

30

【0056】

#### 質量流量誤差

図9及び図10は、質量流量誤差を対象としたグラフ900,1000である。グラフ900,1000は、横軸であるガスボイド率軸910,1010と、縦軸であるパーセント混合物質量流量誤差軸920,1020とを含む。ガスボイド率軸910,1010の範囲は、0~25%である。パーセント混合物質量流量誤差軸920,1020の範囲は、-30%~20%である。

【0057】

図9は、2つ以上の流体チャネルのない標準的な流管（「質量ベースライン」）に対する質量流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ900を示す。グラフ900は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット930を有する。データプロット930は、パーセント混合物質量流量誤差が、低いガスボイド率では比較的低いことを示している。しかしながら、パーセント混合物質量流量誤差は、より高いガスボイド率割合で増加する。パーセント混合物質量流量誤差は非常に不規則であり、流量によって変動する。例えば、10m/sの流量では、パーセント混合物質量流量誤差は1%未満から約15%まで増加し、最大から最小へのスパンは約30%になる。

40

【0058】

図10は、一実施形態に係る図2に示す単軸分割部（「質量単軸分割部」）を有するマルチチャネル流管に対する質量流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ1000を示す。グラフ1000は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット1030

50

を有する。データプロット1030は、パーセント混合物質量流量誤差が、低いガスボイド率では比較的低いことを示している。パーセント混合物質量流量誤差は、より高いガスボイド率割合で増加する。しかしながら、図9に示すほどパーセント混合物質量流量誤差は増加しない。例えば、10m/sの流量では、パーセント混合物質量流量誤差は1%未満から5%未満まで増加し、最大から最小へのスパンは約30%になる。さらに、図10で観察された高いボイド率での最大誤差と最小誤差との間の30%のスパンは、図11に示される約5%のスパンよりはるかに大きい。言い換えれば、誤差がより小さいのみならず、より不規則でなく、流量の変化に伴ってより変化しにくい。

【0059】

#### 体積流量誤差

図11及び図12は、体積流量誤差を対象としたグラフ1100および1200である。グラフ1100,1200は、横軸であるガスボイド率軸1110,1210と、縦軸であるパーセント混合物体積流量誤差軸1120,1220とを含む。ガスボイド率軸1110,1210の範囲は、0~25%である。パーセント混合物体積流量誤差軸1120,1220は、-30%~30%の範囲である。

【0060】

図11は、標準的な流管(「体積ベースライン」)に対する体積流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ1100を示す。グラフ1100は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット1130を有する。データプロット1130は、パーセント混合物体積流量誤差が、低いガスボイド率では比較的低いことを示している。しかしながら、パーセント混合物体積流量誤差は、より高いガスボイド率割合で増加する。パーセント混合物体積流量誤差は非常に不規則であり、流量によって変動する。例えば、10m/sの流量では、パーセント混合物体積流量誤差は1%未満から約15%まで増加し、最大から最小へのスパンは約30%になる。

【0061】

図12は、一実施形態に係る図2に示す単軸分割部(「体積単軸分割部」)を有するマルチチャンネル流管に対する体積流量誤差とガスボイド率との間の関係を示すグラフ1200を示す。グラフ1200は、0.5m/s~10m/sの範囲の異なる流量のデータのデータプロット1230を有する。データプロット1230は、パーセント混合物体積流量誤差が低いガスボイド率では比較的低いことを示している。パーセント混合物体積流量誤差は、より高いガスボイド率割合で増加する。パーセント混合物体積流量誤差はまた、流量が増加するにつれて増加する。しかしながら、図11に示すほどパーセント混合物体積流量誤差は増加しない。例えば、10m/sの流量では、図11に示される1%未満から約15%への増加とは対照的に、パーセント混合物体積流量誤差は1%未満から10%未満まで増加する。図11と図12とを比較すると分かるように、図2に示されている単軸分割部を有するマルチチャンネル流管130は、標準的な流管に対して少なくとも3倍の改善を有する。

【0062】

さらに、図8からのデータを使用して、図10および図12に示される質量および体積流量測定における流量誤差を補償することができる。データプロット830によって示される混合物密度誤差は、ガスボイド率および流量の範囲にわたって、一貫して5%未満である。したがって、液体気体混合物のガスボイド率は、密度測定値と正確に相関することができる。さらに、図10および図12に示される質量流量および体積流量は、各流量において約10%以内で正確である。ガスボイド率は正確に密度読み取り値に相関することができる。質量流量および体積流量は正確であるので、質量および/または体積流量は、密度読み取り値と相関するガスボイド率を使用することによって測定および補償することができる。これは、図13および図14に示す方法を参照して、以下でより詳細に説明する。

【0063】

#### 方法

図13は、マルチチャンネル流管によって流体を測定する方法1300を示す。図13に示すように、方法1300は、ステップ1310において、流体をマルチチャンネル流管内の2つ以上の流体チャンネルに分離することによって開始する。2つ以上の流体チャンネルは、管壁によっ

10

20

30

40

50

て取り囲まれている。管壁および2つ以上の流体チャネルは、単一の一体構造として形成される。例えば、マルチチャネル流管は、図1-図5を参照して説明したマルチチャネル流管130,330~530のうちの1つとすることができる。ステップ1320において、方法1300は、マルチチャネル流管に結合されたドライバに駆動信号を加える。ドライバは、マルチチャネル流管を振動させるように構成される。方法1300は、ステップ1330において、ドライバに加えらる駆動信号にตอบสนองして、単一の一体構造と同じ方向に2つ以上の流体チャネルおよび管壁を曲げる。ステップ1340において、方法1300は、マルチチャネル流管に取り付けられたセンサを用いて、マルチチャネル流管の撓みを測定する。

#### 【0064】

流体を2つ以上の流体チャネルに分離するステップ1310は、流体の気体成分を2つ以上の流体チャネルのうちの1つに分離するステップを含むことができる。例えば、流体は、例えばスラグ流を有する多成分流体であってもよい。スラグ流のスラグは、多成分流体から2つ以上の流体チャネルのうちの1つに分離することができる。ガス成分はまた、2つ以上の流体チャネルのうちの1つを満たすことができる。ガス成分を分離することにより、分離されたガス成分が、多成分流体流の液体部分の液体部分と同じものを振動または偏向させることを確実にすることができる。

#### 【0065】

ステップ1320で駆動信号をマルチチャネル流管に加えることは、管壁内にチャネル分割部を有する管壁、互いに固定されたチャネル管、チャネル管を取り囲む管壁等に駆動信号を加えることを含むことができる。例えば、図1及び図2に示すマルチチャネル流管130,130'を参照すると、駆動信号は、管壁134に結合されたドライバ180に加えらる。同様に、ドライバ180は、図4および図5に示される管壁434,534に結合されてもよい。しかしながら、駆動信号はまた、図4および図5にも示されているチャネル管436,536に供給されてもよく、例えば管壁434,534はチャネル管436,536の一部を露出させたままにする。

#### 【0066】

駆動信号の結果として、マルチチャネル流管は、同じ方向に単一の一体構造として曲ることができる。例えば、図1-図3を参照して説明したマルチチャネル流管130,130',330は、管壁134,334およびチャネル分割部136,336が、例えば、管壁134,334およびチャネル分割部136,336を押し出したりは3次元印刷することによって、単一の一体構造として形成されるので、ドライバ180によって加えられる力の方向に単一の一体構造として曲がる。したがって、ドライバ180によってマルチチャネル流管130,330に加えらる力は、管壁134,334および2つ以上の流体チャネル132,332を実質的に同じ量だけ撓ませる。同様に、図4及び図5に示す2つ以上の流体チャネル432,532も、ドライバ180によって管壁434,534またはチャネル管436,536に加えらる力のために同じ方向に曲がる。チャネル管436,536および管壁434,534は、例えば、チャネル管436,536の間、および管壁434,534とチャネル管436,536との間のろう付けにより、単一の一体構造として曲ることができる。

#### 【0067】

マルチチャネル流管の撓みは、マルチチャネル流管に結合されたピックアップセンサによって測定することができる。例えば、図1及び図2に示すマルチチャネル流管130,130'を参照すると、ピックアップセンサ170lおよび170rは、ピックアップセンサ170lおよび170rが配置されているマルチチャネル流管130,130'の撓みを測定することができる。ピックアップセンサ170lおよび170rが位置する撓みは、ドライバ180に加えらる駆動信号によって引き起こされるマルチチャネル流管130,130'の変形によるものである。ドライバ180と同様に、ピックアップセンサ170lおよび170rは、管壁134,334またはチャネル管436,536に結合され得る。

#### 【0068】

図14は、マルチチャネル流管によって流体を測定する別の方法1400を示す。図14に示すように、方法1400は、ステップ1410において、マルチチャネル流管を使用して流体の密度を測定する。ステップ1410で使用されるマルチチャネル流管は、任意の適切なマルチチャネル流管が使用することができるが、単軸分割マルチチャネル流管である図2に示さ

10

20

30

40

50

れるマルチチャンネル流管130とすることができる。ステップ1420において、測定された密度を用いてガスボイド率が決定される。ステップ1430において、方法1400は、ガスボイド率を用いて、質量または体積流量測定などの流量測定を補償する。

【0069】

ステップ1410では、図13を参照して説明したように密度測定を行うことができる。マルチチャンネル流管の使用に起因して、密度測定値は5%未満の誤差率を有することができる、ある範囲の流量およびガスボイド率にわたって一貫している。したがって、水および空気などの混合相流体のガスボイド率は、例えば、液体密度の知識と組み合わせた密度測定から決定することができる。液体密度は、顧客によって入力された等のメータ電子機器20に記憶されたデータから既知である、ガスのない期間中に見出すことができる。

10

【0070】

ステップ1420において、ガスボイド率は、例えば、データプロット830および/またはデータプロット830の補間を用いることにより測定された密度を用いて決定することができるが、測定された密度とガスボイド率との間の任意の適切な相関を使用することができる。例えば、メータ電子機器20内のプロセッサは、測定された密度を用いて、ルックアップテーブル内の相関するガスボイド率を調べることができる。メータ電子機器20内のプロセッサは、密度測定値とガスボイド率との間の相関を提供するために、データプロット830内の各データ点間を補間（例えば、線形、多項式など）することができる。補間は、数式、ルックアップテーブルなどとしてメモリに格納することもできる。

【0071】

20

ステップ1430において、測定された流量は、例えば、追加のルックアップテーブル、式などを使用することによって、ガスボイド率で補償することができる。ルックアップテーブル、式などは、質量流量誤差または体積流量誤差などの流量誤差をガスボイド率と相関させることができる。例えば、図10を参照すると、20%のガスボイド率は、約-6%の相関した質量流量誤差を有することができる。測定された質量流量は、測定された質量流量に相関した質量流量誤差を乗算し、その結果を測定された質量流量に加算することによって補償することができる。これは、補償測定質量流量と呼ぶことができる。補償測定体積流量も同様の方法で決定することができる。

【0072】

測定された質量流量は、測定された密度とガスボイド率との間、および流量誤差とガスボイド率との間の所定の相関を使用して動作中に連続的に補償されてもよい。例えば、製造または校正の間、振動計5は、ガスボイド率および流量の範囲にわたって流体の密度および流量を測定することができる。測定された密度および流量は、ルックアップテーブル、公式等としてメータ電子機器20に格納することができる。流量誤差は、例えば、製造または校正中に別の基準流量計を使用することによっても決定することができる。基準流量計からの測定値を振動計5によって測定された流量と比較して、流量誤差を決定することができる。動作中、メータ電子機器20は、図14を参照して説明したように、測定された密度をガスボイド率と連続的に相関させ、測定された流量を補償することができる。

30

【0073】

上述の実施形態は、マルチチャンネル流管130,330~530を振動計5に提供する。マルチチャンネル流管130,330~530は、2つ以上の流体チャンネル132,332~532を含む。2つ以上の流体チャンネルは、管壁134,334~534の直径よりも小さいマルチチャンネル流管130,330~530の有効直径を提供する。マルチチャンネル流管130,330~530の有効直径は、管壁134,334~534の直径よりも小さいため、圧縮性、デカップリング、およびフロープロファイル効果に関する性能上の問題が改善され得る。さらに、圧力封じ込めを改善することができる。結果として、振動計5は、より正確な多相流量測定を提供しながら、より高価でなく、多くの多相計量技術よりも簡単な製造工程を使用することができる。

40

【0074】

例えば、マルチチャンネル流管130,330~530は、ある範囲のガスボイド率および流量にわたって正確な密度測定値を提供することができる。したがって、密度測定値を使用して、

50

多相流体のガスボイド率を正確に決定することができる。さらに、マルチチャネル流管130,330~530は、正確な質量または体積流量測定値を提供することもできる。したがって、質量流量または体積流量は、メータ電子機器20によって決定されたガスボイド率を使用して補償することができる。結果として、多相流体の質量流量測定値または体積流量測定値は、他の多相技術に関連する費用なしに正確にすることができる。

【0075】

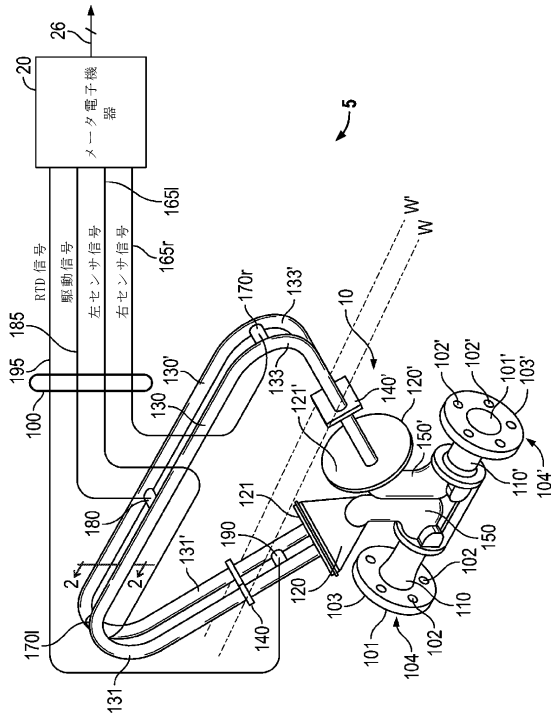
上記の実施形態の詳細な説明は、本発明の範囲内であると本発明者らが考えているすべての実施形態の網羅的な説明ではない。実際、当業者であれば、上述の実施形態の特定の要素は、さらなる実施形態を作成するために様々に組み合わせるまたは削除されることができ、このようなさらなる実施形態は本明細書の範囲および教示に含まれることを認識すべきであろう。また、当業者には、上述の実施形態を全体的または部分的に組み合わせ、本明細書の範囲および教示内の追加の実施形態を作成することができることは明らかであろう。

10

【0076】

従って、特定の実施形態が本明細書において例示目的で記載されているが、当業者が認識するように、本明細書の範囲内で様々な均等な変更が可能である。本明細書で提供される教示は、上述され添付の図面に示される実施形態だけでなく、マルチチャネル流管にも適用することができる。したがって、上記の実施形態の範囲は、以下の特許請求の範囲から決定されるべきである。

【図1】



【図2】

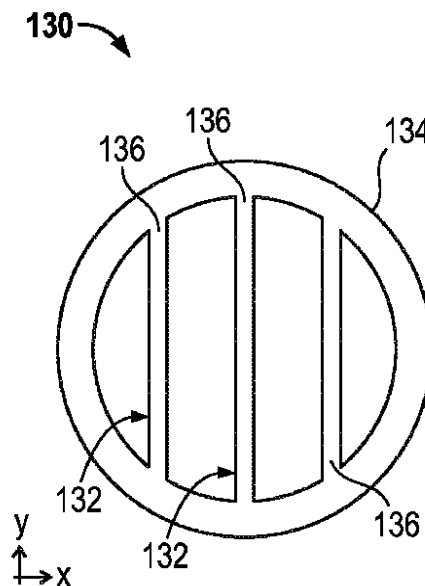


FIG. 2

【 図 3 】

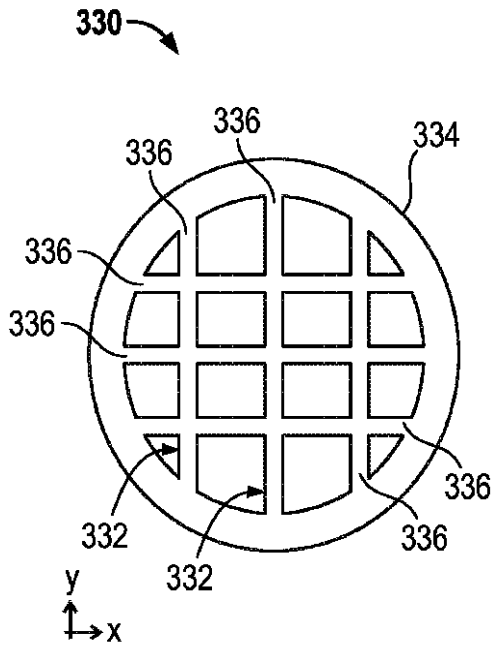


FIG. 3

【 図 4 】

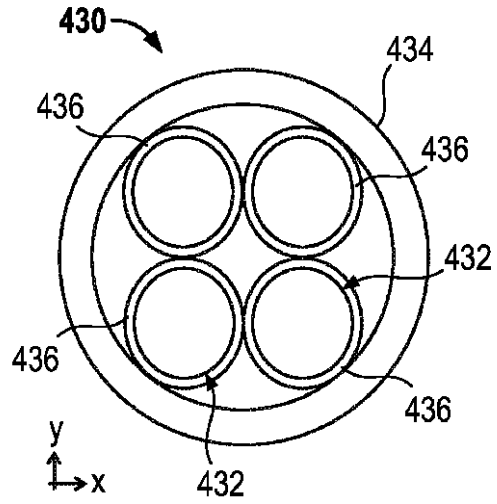


FIG. 4

【 図 5 】

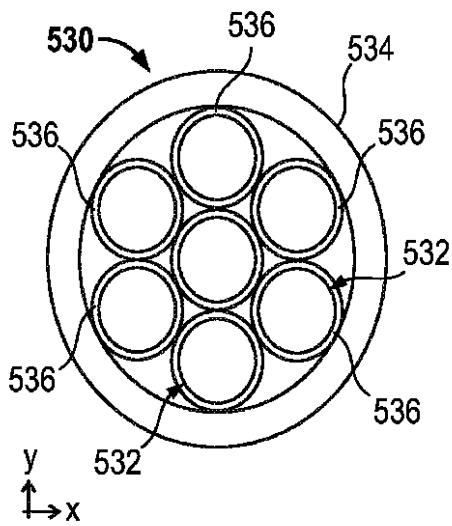
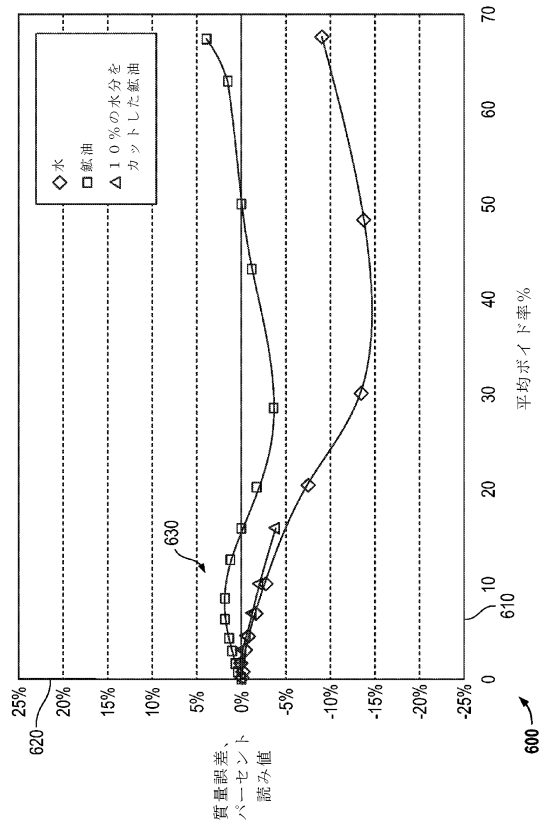
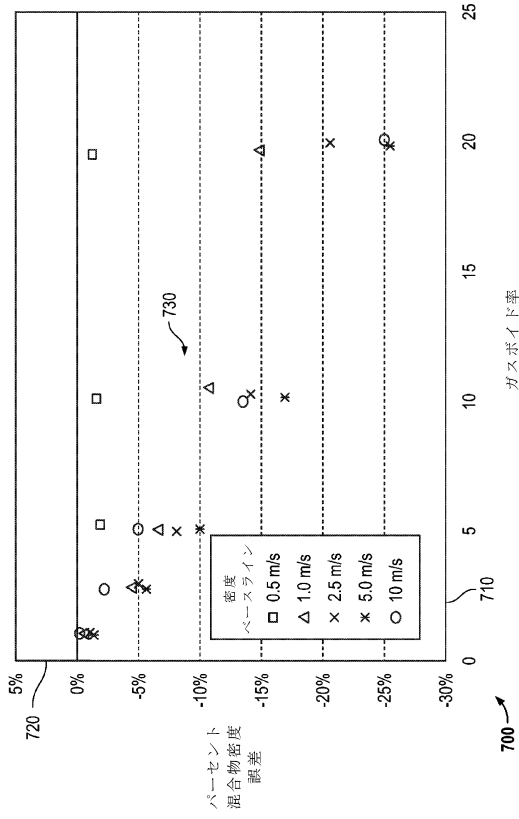


FIG. 5

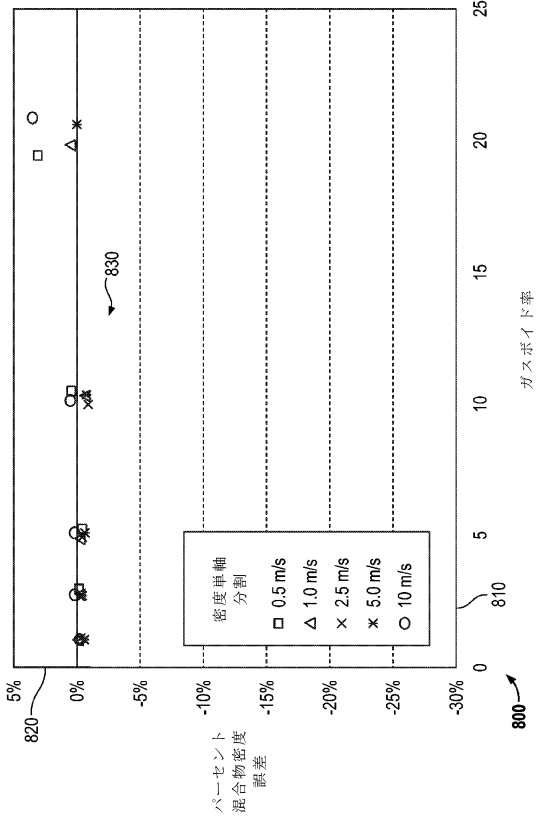
【 図 6 】



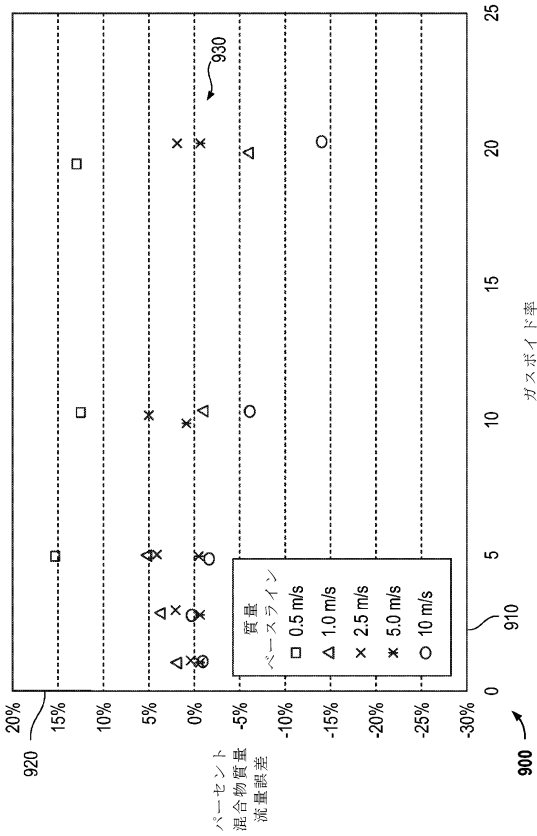
【図 7】



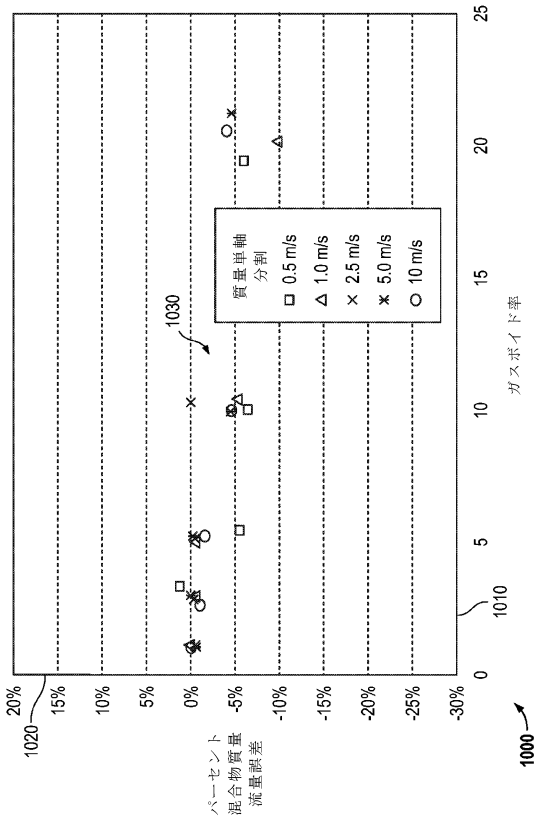
【図 8】



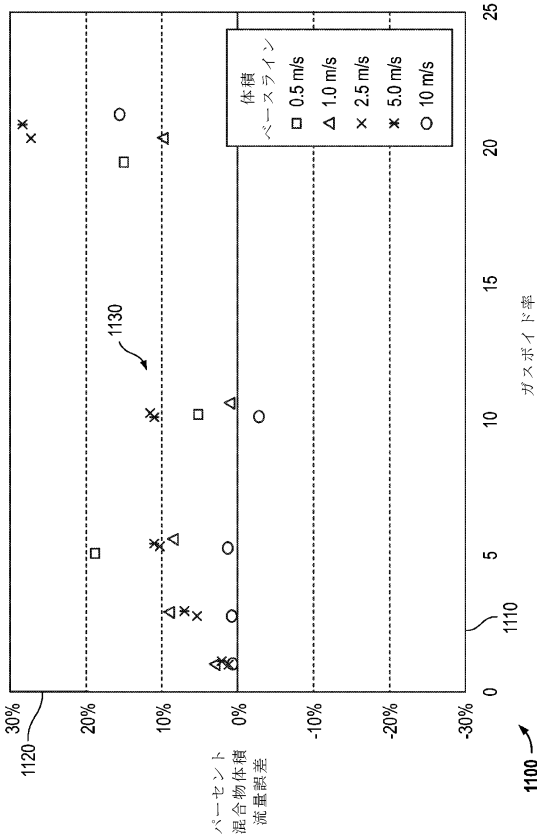
【図 9】



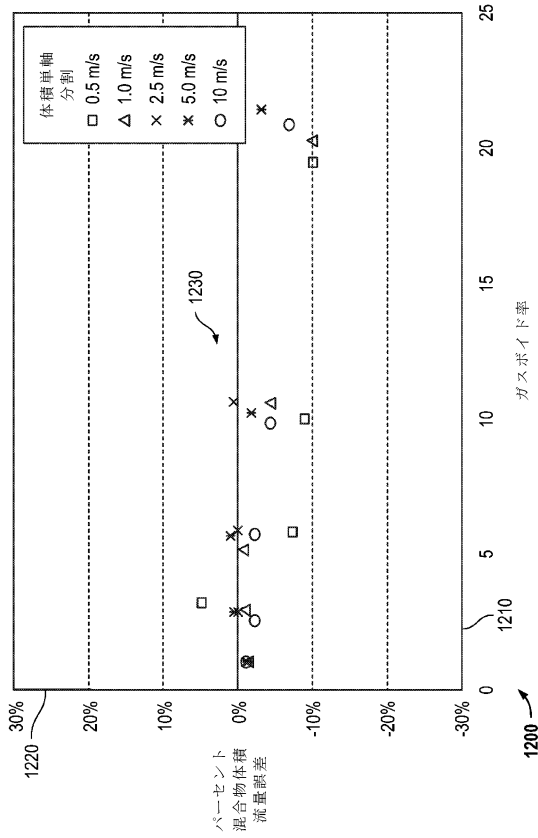
【図 10】



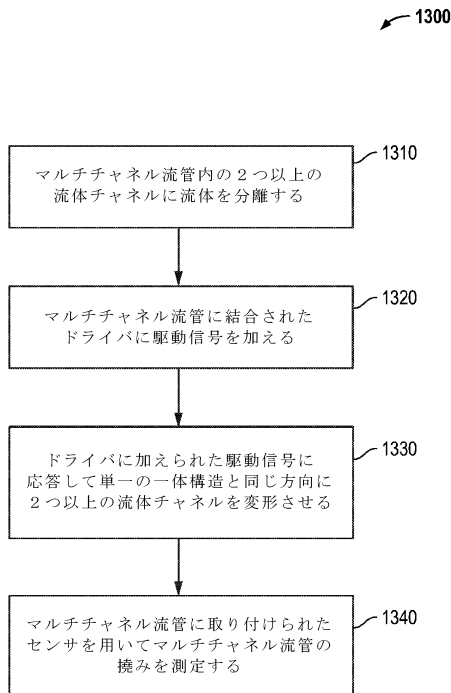
【図 1 1】



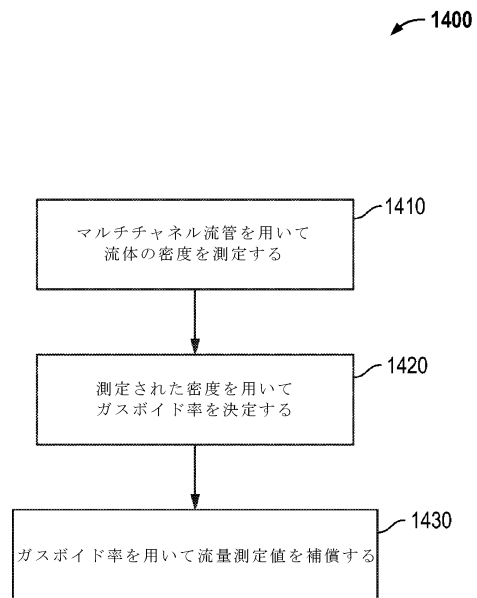
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ワインスタイン, ジョエル  
アメリカ合衆国 80301 コロラド ボルダー カルミア アベニュー 2954 アパート  
メント 40
- (72)発明者 シュロッサー, マーティン アンドリュウ  
アメリカ合衆国 80303 コロラド ボルダー エヴァンス ドライブ 4235
- (72)発明者 ショーレンベルガー, フレデリック スコット  
アメリカ合衆国 80305 コロラド ボルダー 45番 ストリート 550

審査官 伊藤 昭治

- (56)参考文献 特開平09-133564(JP,A)  
特開昭62-170819(JP,A)  
特表2014-522972(JP,A)  
特開昭55-117919(JP,A)  
米国特許第02821084(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 9/00  
G01F 1/84