

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5960721号  
(P5960721)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.

G O 1 F 1/66 (2006.01)

F 1

G O 1 F 1/66 1 O 3  
G O 1 F 1/66 A

請求項の数 17 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2013-546053 (P2013-546053)
(86) (22) 出願日	平成23年12月20日(2011.12.20)
(65) 公表番号	特表2014-500515 (P2014-500515A)
(43) 公表日	平成26年1月9日(2014.1.9)
(86) 國際出願番号	PCT/NL2011/050864
(87) 國際公開番号	W02012/087120
(87) 國際公開日	平成24年6月28日(2012.6.28)
審査請求日	平成26年11月4日(2014.11.4)
(31) 優先権主張番号	2005886
(32) 優先日	平成22年12月21日(2010.12.21)
(33) 優先権主張国	オランダ(NL)
(31) 優先権主張番号	61/425,704
(32) 優先日	平成22年12月21日(2010.12.21)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	513156489 ネスト インターナショナル エヌ. ブイ ・ オランダ国 キュラソー島 ウィレムススタ ット ピュージョン ゼットエヌ カヤ リチャード ジェイ ランドヒュイス ジ ヨーンチ
(73) 特許権者	513155493 ドロブコフ ブラディミール ロシア連邦 1212609 モスクワ フラット 12 オセンニヤ ストリート 4/1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】パイプライン内の流体または流体成分の流速を測定するための装置および方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

パイプライン内の流体または流体成分の流速を測定するための装置であって、  
 パイプラインの内部に配置され、第1の方向に流体または流体成分へと超音波信号を送信するように構成された送信器と、  
 パイプラインの内部に配置され、流体または流体成分による前記超音波信号の散乱によつて前記第1の方向とは異なる第2の方向に生成される散乱超音波信号を受信し、前記散乱超音波信号を表わす受信器信号を供給するように構成された受信器と、  
 前記受信器信号を受信し、前記送信された超音波信号と前記散乱超音波信号との間の周波数の差を測定するように構成され、前記差にもとづいて流体または流体成分の流速を測定する処理ユニットと、

前記受信器信号を受信し、前記送信された超音波信号と前記散乱超音波信号との間の周波数の差を測定するように構成され、前記差にもとづいて流体または流体成分の流速を測定する処理ユニットと、  
 10

測定チャンバと、を備え、

前記流体が、第1の流体成分および第2の流体成分を含み、

前記処理ユニットが、前記流体の体積に対する前記第1の流体成分の体積の割合を測定するようにさらに構成されており、

前記測定チャンバが、前記流体または前記流体成分を含むように構成された測定体積を含んでおり、

前記送信器が、前記第1の方向に前記測定体積へと前記超音波信号を送信するように構成され、前記受信器が、前記第2の方向の前記測定体積からの前記散乱超音波信号を受信するように構成されており、

前記第2の流体成分が、流体スラグを含み、  
前記測定体積が、前記流体スラグの平均体積以下である、  
装置。

**【請求項2】**

前記第1の方向と前記第2の方向とが、互いに交わり、或る交差角度を定めており、前記交差角度は、10度以上である、請求項1に記載の装置。

**【請求項3】**

前記交差角度は、80～90度である、請求項2に記載の装置。

**【請求項4】**

前記処理ユニットが、前記第1の流体成分の流速および前記割合にもとづいて前記第1の流体成分の流量を測定するようにさらに構成されている、請求項2または3に記載の装置。 10

**【請求項5】**

前記処理ユニットが、

前記受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号および高レベル信号に分割するように構成された弁別器をさらに備え、

前記高レベル信号にもとづいて前記割合を測定するように構成され、

前記高レベル信号にもとづいて前記周波数の差を測定するように構成されている、  
請求項1～4のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項6】**

20

前記送信器および／または前記受信器が、流線型の形状を有している、請求項1～5のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項7】**

前記送信器および／または前記受信器が、翼の形状を有している、請求項1～5のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項8】**

前記送信器および受信器を前記パイプラインの内部に取り付けるための取り付け部材をさらに備え、

前記取り付け部材が、前記送信器および受信器をパイプラインの直径の50%未満の間隔で取り付けるように構成され、 30

前記取り付け部材が、流線型の形状を有している、

請求項1～7のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項9】**

前記取り付け部材が、前記送信器および受信器をパイプラインの直径の10%未満の間隔で取り付けるように構成され、

前記取り付け部材が、翼の形状を有している、

請求項8に記載の装置。

**【請求項10】**

第1のパイプライン部分を第2のパイプライン部分に接続して備えるとともに、請求項1～9のいずれか一項に記載の装置を備えている測定設備であって、 40

使用時に、前記第1のパイプライン部分が略水平な方向に延び、前記第2のパイプライン部分が略垂直な方向に延び、

前記第1のパイプライン部分が、流体または流体成分を受け取り、前記第2のパイプライン部分へ供給するように構成されている、測定設備。

**【請求項11】**

パイプライン内の流体または流体成分の流速を測定するための方法であって、

a) パイプライン内に送信器および受信器を配置するステップと、

b) 流体または流体成分へと第1の方向に超音波信号を送信するステップと、

c) 流体または流体成分による前記超音波信号の散乱によって、第2の方向の散乱超音波信号を生成するステップと、 50

d ) 前記散乱超音波信号を受信し、前記散乱超音波信号を表わす受信器信号を供給するステップと、

e ) 前記送信された超音波信号と前記散乱超音波信号との間の周波数の差を測定するステップと、

f ) 前記差にもとづいて、第1の流体成分および第2の流体成分を含む流体または流体成分の流速を測定するステップと、

g ) 前記流体の体積に対する前記第1の流体成分の体積の割合を測定するステップ、  
を含み、

前記流体または前記流体成分が流れる測定体積が、前記送信器および前記受信器によつて定められ、

ステップb ) が、前記第1の方向に前記測定体積へと前記超音波信号を送信することを含んでおり、

ステップd ) が、前記第2の方向の前記測定体積からの前記散乱超音波信号を受信することを含んでおり、

前記第2の流体成分が、流体スラグを含み、

前記測定体積が、前記流体スラグの平均体積以下である、

方法。

#### 【請求項12】

h ) 前記第1の流体成分の流速および前記割合にもとづいて前記第1の流体成分の流量を測定するステップ

をさらに含む、請求項11に記載の方法。

#### 【請求項13】

d3 ) 前記受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号および高レベル信号に分割するステップ

をさらに含み、

ステップe ) が、前記高レベル信号にもとづいて前記周波数の差を測定することを含み、

ステップg ) が、前記高レベル信号にもとづいて前記割合を測定することを含んでいる

、  
請求項11または12のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項14】

a2 ) 所定の一定の周波数を有する周波数信号を供給するステップ

をさらに含んでおり、

ステップb ) が、前記周波数信号にもとづいて前記超音波信号を送信することを含んでおり、

ステップe ) が、前記周波数信号にもとづいて前記周波数の差を測定することを含んでいる、

請求項11～13のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項15】

前記パイプラインに送信器および受信器を配置するステップが、前記送信器および受信器をパイプラインの直径の50%未満の間隔で取り付けることを含んでいる、請求項11～14のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項16】

前記パイプラインに送信器および受信器を配置するステップが、前記送信器および受信器をパイプラインの直径の10%未満の間隔で取り付けることを含んでいる、請求項15に記載の方法。

#### 【請求項17】

前記送信器および受信器が、前記パイプラインの垂直部分に取り付けられ、前記パイプラインの垂直部分の前に前記パイプラインの水平部分が位置している、請求項11～16のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、パイプライン内の流体または流体成分の流速を測定するための装置および方法に関する。例として、原油およびガスの生産および輸送システム、化学および石油化学製品の生産、ならびに燃料およびエネルギー産業などにおける流れに適用が可能である。

**【背景技術】****【0002】**

パイプラインの流体の流速を測定するための技術的に公知の方法を、以下で説明する。この方法は、制御された体積の流体を第1の発生源（エミッタ）によって放射されてパイプラインの軸を横切る方向に進む超音波パルスで調べることを含む。制御された体積を通過したパルスが、エミッタの反対側に位置する第1のパルス受信器によって記録される。エミッタおよびパルス受信器の第2の組が、第1の組から既知の距離だけ下流に位置する。2つのパルス受信器の信号へと適用される相互相關法を使用して、流体が第1の組から第2の組まで流れる時間を決定することができる。ここから、流速が決定される。

10

**【0003】**

この方法の欠点は、相互相關法を使用した流速の測定が、非定常な流れにおいては不可能な点にある。なぜならば、このような場合には、相互相關法が不正確になることが多いからである。結果として、流速の決定が不正確になる。

20

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】米国特許第3741014号

【特許文献2】仏国特許1232113号

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

本発明の目的は、パイプラインの流体または流体成分の流速を測定するための装置および方法であって、流速の測定の精度が上述の方法よりも高い装置および方法を提供することにある。

30

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

この目的は、パイプラインの流体または流体成分の流速を測定するための装置であって、パイプラインの内部に配置され、第1の方向に流体または流体成分へと超音波信号を送信するように構成された送信器と、パイプラインの内部に配置され、流体または流体成分による超音波信号の散乱によって第1の方向とは異なる第2の方向に生成される散乱超音波信号を受信し、散乱超音波信号を表わす受信器信号をもたらすように構成された受信器と、受信器信号を受信し、送信された超音波信号と散乱超音波信号との間の周波数の差を決定するように構成され、前記差にもとづいて流体または流体成分の流速を決定する処理ユニットと、を備える装置によって達成される。

40

**【0007】**

本発明によれば、装置が、流れている流体へと超音波信号を送信するための送信器を備える。送信器は、圧電トランスマッタまたは任意の他の超音波トランスマッタであってよい。本発明によれば、流体は、液体または気体であってよい。流体は、液体および／または気体成分である複数の流体成分を含むことができる。特には、本発明は、液体と気体とを含む流体の液体成分の流速の測定を可能にする。超音波は、人間の聴覚の上限（およそ20kHz）よりも上の周波数を有する音波である。超音波信号が流れている流体へと送信されるとき、流体が信号を散乱させる。次いで、この信号が、例えば圧電レシーバなどの受信器によって受信される。受信器によって受信される散乱信号の周波数は、周知のドップラーの原理に従い、送信された超音波信号の周波数、ならびに（i）送信器と流体と

50

の間および( i i )流体と受信器との間の速度の差に依存する。

**【 0 0 0 8 】**

送信器および受信器は、パイプラインの内部に配置されるように構成される。送信器および受信器を、パイプラインの内部に配置されるリングまたは他の支持構造に配置することができる。送信器および受信器の各々が、パイプラインの内壁へと接続できる接続板を備えることができる。

**【 0 0 0 9 】**

一実施の形態においては、送信器および受信器が、パイプラインの断面と比べて比較的小さい断面を有する測定体積を定める。そのような測定体積は、例えば送信器および受信器の両方をパイプラインの内部の中央の位置の近くで互いに近づけて配置することによって実現することができる。このような配置が、送信器および受信器をパイプラインの表面(例えば、パイプラインの内面または外)に直接配置する配置とは相異なるものであることに、注意すべきである。

10

**【 0 0 1 0 】**

一実施の形態においては、流れの方向に垂直な方向における送信器と受信器との間の距離が、パイプラインの直径の約5~10%である。典型的には、送信器および受信器が、2~10mmの距離だけ離れて位置する。送信器および受信器をそのような近い距離に配置することによって、水中油型の乳濁液など、信号が強く減衰させられる場合でさえも、信号の受信が容易になる。

**【 0 0 1 1 】**

20

送信器、受信器、および局所的な比較的小さな体積と考えられる測定体積が、測定チャンバを形成していると解釈することができる。

**【 0 0 1 2 】**

送信器および受信器を互いに近くに配置することによって、変換器は、測定チャンバの内側の流れだけを検出する。

**【 0 0 1 3 】**

一実施の形態においては、送信器および受信器が、流れの乱れを軽減するために、翼状の形態などの流線型の外形を有する。さらに、送信器および受信器を、やはり乱れを避けるような形状とすることができる接続棒または接続板を介して、パイプラインへと接続することができる。

30

**【 0 0 1 4 】**

さらに装置は、散乱超音波信号の周波数を測定し、ドップラーの原理にもとづいて流れの速度を決定するように構成された処理ユニットを備える。そのような処理ユニットは、例えばDSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)などを含むマイクロプロセッサを備えることができる。

**【 0 0 1 5 】**

散乱超音波信号は、第1の方向と第2の方向との交差点の周囲の体積において生成される。この体積は、例えば非定常流の流体に存在しうる空間的な乱れと比べて比較的小さいため、この体積における流速は、ほぼ一様または一定(すなわち、必ずしも時間的には一定でないが、空間的に一定)である。したがって、本発明による装置は、流速の決定が空間的な乱れによって影響されることがわずかまたは皆無であるため、流速を高い精度で測定することができる。

40

**【 0 0 1 6 】**

本発明の一実施の形態によれば、第1の方向と第2の方向とが、或る交差角度を定めて互いに交わり、この交差角度は、少なくとも10度、好ましくは少なくとも20度、より好ましくは10~45度の範囲、あるいは好ましくは少なくとも60度、より好ましくは80~90度の範囲である。

**【 0 0 1 7 】**

流速の測定は、受信される散乱超音波信号が大きな体積よりもむしろ小さな体積において生成される場合により正確になる。第1および第2の方向の間の交差角度が少なくとも

50

10度である送信器および受信器の構成の利点は、散乱超音波信号を生じさせる体積が、交差角度が10度未満である構成と比べてより小さい点にある。

【0018】

本発明による装置の一実施の形態によれば、流速が、流れの方向を定め、第1の方向と流れの方向とが、入射角度を定め、第2の方向と流れの方向とが、散乱角度を定め、入射角度が散乱角度に等しい。

【0019】

この構成の利点は、送信器と流体との間の速度の差が、流体と受信器との間の速度の差に等しい点にある。これは、流速のより容易な計算または決定を可能にする。

【0020】

本発明による装置の一実施の形態においては、第1の方向、第2の方向、および流れの方向が、同一平面にある。

【0021】

本発明によれば、送信器および受信器の両方が、パイプラインの内側に置かれるように配置される。パイプラインの内側において、それらは多少なりとも流れに乱れを引き起こす可能性がある。1つの平面に位置する構成の利点は、送信器および受信器が流れの方向を中心にして対称に配置された場合に、送信器および受信器によって引き起こされる乱流または乱れが少ない点にある。

【0022】

一実施の形態においては、本発明による装置が、第2のパイプライン部分へ接続された第1のパイプライン部分を備えている測定設備に適用され、本発明による装置が、第2の部分の内側に配置される。使用の際には、第1のパイプライン部分が実質的に水平な方向に取り付けられ、第2のパイプライン部分が実質的に垂直な方向に延び、第1のパイプライン部分が、流体または流体成分を受け取り、第2のパイプライン部分へと供給するよう構成される。

【0023】

そのような構成においては、結果として送信器および受信器ならびに測定体積が、使用時に垂直なパイプライン部分の内側に配置される。パイプ前段部分とも呼ばれる水平なパイプライン部分の使用により、気体・液体の流れが適用される場合に、ガススラグ(gas slug)を形成することができる。

【0024】

水平な前段部分の使用は、パイプに沿った流体の流れにおける気相および液相(存在する場合)の分離を助け、測定チャンバへの液体および気体の交互の到着をもたらす。水平な前段部分を、流れを安定させ、気相(存在する場合)の部分的な融合をもたらすために使用することができる。本発明による装置を備える垂直なパイプ部分へと接続されたとき、多相流のスラグ流パターンを、幅広い範囲の気体および液体の流量において得ることができる。

【0025】

本発明による装置の一実施の形態においては、流体が、第1の流体成分および第2の流体成分を含んでいる。第1および第2の流体成分は、液体または気体であってよい。したがって、流体は、液体および気体の組み合わせであってよいが、2つの異なる液体または2つの異なる気体の組み合わせも可能である。第1の成分の速度が、第2の成分の速度とは異なる場合があるかもしれない。

【0026】

本発明による装置の一実施の形態においては、処理ユニットが、流体の第1の流体成分の体積と流体の第2の流体成分の体積との比を表わす割合を測定するようにさらに構成される。

【0027】

この実施の形態の利点は、流体の成分のうちの1つについて、その流量の測定を可能にする点にある。なぜならば、流体中のある成分の流量は、流体におけるこの成分の体積お

10

20

30

40

50

よりこの成分の流速に依存するからである。一実施の形態においては、処理ユニットが、第1の流体成分の流速および前記割合にもとづいて第1の流体成分の流量を測定するようさらに構成される。

【0028】

本発明による装置の一実施の形態によれば、送信器および受信器の配置が、流体または流体成分を含むように構成された測定体積を定め、送信器が、第1の方向に測定体積へと超音波信号を送信するように構成され、受信器が、第2の方向の測定体積からの散乱超音波信号を受信するように構成される。

【0029】

送信器が、第1の方向に超音波信号を送信するように構成され、送信された超音波信号の経路が、吸収および散乱によって限定されるため、送信器が、超音波信号が伝わる送信体積を定める。同様に、受信器が、第2の方向の散乱超音波信号を受信するように構成され、散乱超音波信号の経路が、吸収および散乱によって限定されるため、受信器が、そこから散乱超音波信号を受信する受信体積を定める。送信体積と受信体積との重なり合いが、測定体積と称される。なぜならば、送信された超音波信号を受信して、受信器によって受信される散乱超音波信号を生じさせるのが、この測定体積の流体だからである。

10

【0030】

本発明による装置の一実施の形態においては、装置が測定チャンバをさらに備え、この測定チャンバが、流体または流体成分を含むように構成された測定体積を含んでおり、送信器が、第1の方向に測定体積へと超音波信号を送信するように構成され、受信器が、第2の方向の測定体積からの散乱超音波信号を受信するように構成される。

20

【0031】

この実施の形態の利点は、測定体積が測定チャンバによって物理的に限定される点にある。そのようにして、測定体積のサイズ、寸法、および／または位置を制御することができる。測定チャンバのサイズ、寸法、および／または位置は、調節可能であってもよく、使用の前に決定されてもよい。

【0032】

本発明による装置の別の実施の形態においては、測定体積が、流体スラグの平均体積以下である。第1または第2の流体成分が、例えば気体の泡など、当該流体成分の比較的大きな連続的な体積である流体スラグを含む可能性がある。

30

【0033】

この特徴の利点は、受信器信号を、後述されるとおりの簡単なやり方で、流体の体積に対する流体中の第1の流体成分の体積の割合を測定するために使用できる点にある。この特徴の別の利点は、やはりさらに後述されるように、流体成分の流速を測定することができる点にある。

【0034】

本発明による装置の一実施の形態においては、処理ユニットが、受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号および高レベル信号に分割するように構成された弁別器をさらに備える。

【0035】

40

この特徴の利点は、しきい値レベルを、受信器信号中の雑音をフィルタ処理によって取り除き、この雑音のない高レベル信号を形成するように選択できる点にある。この特徴の別の利点は、しきい値レベルを、第1の流体成分の流速を測定しようとするときに、第2の流体成分における散乱によって生じた散乱超音波信号をフィルタ処理によって取り除くように選択できる点にある。次いで、周波数の差を、高レベル信号にもとづいて測定することができる。本発明による装置の一実施の形態においては、処理ユニットが、高レベル信号にもとづいて周波数の差を決定するように構成される。

【0036】

本発明による装置の別の実施の形態においては、処理ユニットが、高レベル信号にもとづいて前記割合を測定するように構成される。しきい値レベルが、第2の流体成分におけ

50

る散乱によって生じた散乱超音波信号をフィルタ処理によって除去するように選択されるとき、高レベル信号は、この高レベル信号が実質的にゼロである時間期間と、この高レベル信号がゼロでない時間期間とを含む。前者の時間期間が、第2の流体成分の流れの結果（これらの時間期間においては受信器信号がフィルタ処理によって除かれる）であり、後者の時間期間が、第1の流体成分の流れの結果である。或る流体成分に対応する時間期間の合計のサンプル時間に対する比が、さらに後述されるように、流体の総体積に対する流体の当該流体成分の体積の割合に等しいと言える。

#### 【0037】

本発明による装置の別の実施の形態においては、処理ユニットが、受信器信号の復調を行なうように構成された復調器を備える。復調器は、AC信号をDC信号へと変換するよう構成される。この特徴の利点は、DC信号用の弁別器は、AC信号用の弁別器と比べて、製造または集積回路への統合がより容易な点にある。10

#### 【0038】

本発明による装置の別の実施の形態においては、装置が、所定の一定の周波数を有する周波数信号を送信器および処理ユニットに供給するように構成された周波数発生器をさらに備え、送信器が、周波数信号にもとづいて超音波信号を送信するように構成され、処理ユニットが、周波数信号にもとづいて周波数の差を決定するように構成される。

#### 【0039】

周波数発生器の利点は、同じ一定の周波数を送信器および処理ユニットの両方に供給する点にある。これは、周波数の差を高い精度で測定することを可能にする。20

#### 【0040】

本発明による装置の別の実施の形態においては、送信器および／または受信器が、流線型の形状を有し、好ましくは翼の形状を有する。流線型の形状の利点は、送信器および／または受信器によって引き起こされる可能性がある流体の流れの乱流または乱れが最小限になる点にある。

#### 【0041】

一実施の形態においては、第1の方向が、少なくとも部分的に下流方向であり、さらには／あるいは第2の方向が、少なくとも部分的に上流方向である。この特徴の利点は、超音波信号の第2の方向への散乱がより多く生じる点にある。別の利点は、送信器と流体との間の速度差によって引き起こされる周波数のいわゆるドップラーシフトが、流体と受信器との間の速度差によって引き起こされるドップラーシフトに加わる点にある。周波数の差が大きいほど、より正確な流速の測定がもたらされる。30

#### 【0042】

本発明の目的は、a)パイプライン内に送信器および受信器を配置するステップと、b)流体または流体成分へと第1の方向に超音波信号を送信するステップと、c)流体または流体成分による超音波信号の散乱によって、第2の方向の散乱超音波信号を生成するステップと、d)散乱超音波信号を受信し、散乱超音波信号を表わす受信器信号を供給するステップと、e)送信された超音波信号と散乱超音波信号との間の周波数の差を決定するステップと、f)前記差にもとづいて流体または流体成分の流速を決定するステップと、を含む方法によっても達成される。40

#### 【0043】

本発明による方法の一実施の形態においては、第1の方向と第2の方向とが、或る交差角度を定めて互いに交わり、この交差角度は、好ましくは少なくとも10度、より好ましくは少なくとも20度、より好ましくは10～45度の範囲、より好ましくは少なくとも60度、より好ましくは80～90度の範囲である。

#### 【0044】

本発明による方法の一実施の形態においては、流速が、流れの方向を定め、第1の方向と流れの方向とが、入射角度を定め、第2の方向と流れの方向とが、散乱角度を定め、入射角度が散乱角度に等しい。

#### 【0045】

10

20

30

40

50

本発明による方法の別の実施の形態においては、前記交差角度が、入射角度と散乱角度との合計に等しい。別の実施の形態においては、第1の方向、第2の方向、および流れの方向が、同一平面にある。

**【0046】**

本発明による方法の一実施の形態においては、流体が、第1の流体成分および第2の流体成分を含んでいる。

**【0047】**

本発明による方法の一実施の形態においては、この方法が、g) 流体の体積に対する第1の流体成分の体積の割合を測定するステップ、をさらに含む。

**【0048】**

さらなる実施の形態においては、この方法が、h) 第1の流体成分の流速および前記割合にもとづいて第1の流体成分の流量を測定するステップ、をさらに含む。

**【0049】**

一実施の形態においては、流体または流体成分が流れる測定体積が、送信器および受信器によって定められ、ステップb)が、第1の方向に測定体積へと超音波信号を送信することを含み、ステップd)が、第2の方向の測定体積からの散乱超音波信号を受信することを含む。

**【0050】**

本発明による方法の一実施の形態においては、第2の流体成分が、流体スラグを含む。別の実施の形態においては、測定体積が、流体スラグの平均体積以下である。

**【0051】**

一実施の形態においては、この方法が、d2) 受信器信号の復調を行なうステップ、をさらに含む。一実施の形態においては、この方法が、d3) 受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号および高レベル信号に分割するステップ、をさらに含む。

**【0052】**

一実施の形態においては、ステップg)が、高レベル信号にもとづいて前記割合を決定することを含む。別の実施の形態においては、ステップe)が、高レベル信号にもとづいて周波数の差を決定することを含む。

**【0053】**

一実施の形態においては、この方法が、a2) 所定の一定の周波数を有する周波数信号を供給するステップ、をさらに含み、ステップb)が、周波数信号にもとづいて超音波信号を送信することを含み、ステップe)が、周波数信号にもとづいて周波数の差を測定することを含む。

**【0054】**

一実施の形態においては、第1の方向が、少なくとも部分的に下流方向であり、第2の方向が、少なくとも部分的に上流方向である。

**【図面の簡単な説明】**

**【0055】**

【図1】本発明による装置の実施の形態を概略的に示している。

【図2】本発明による装置の実施の形態を概略的に示している。

【図3a】ミキサ出力信号を概略的に示している。

【図3b】復調後の受信器信号を概略的に示している。

【図4a】流れを安定させるための水平な前段部分を備えるパイプ部分を概略的に示している。

【図4b】流れを安定させるための水平な前段部分を備えるパイプ部分を概略的に示している。

**【発明を実施するための形態】**

**【0056】**

本発明によれば、パイプライン内の流体または流体成分の流速を測定するための装置が

10

20

30

40

50

提供される。流体または流体成分は、油、水、または任意の他の液体、あるいはこれらの混合物などの液体であってよい。流体または流体成分は、空気、メタン、CO<sub>2</sub>、または任意の他の炭化水素ガス、あるいはこれらの混合物などの気体であってもよい。測定すべき液体の流速は、パイプライン内の方の流速であってよい。流速は、パイプラインに対して定められ、あるいは送信器および／または受信器に対して定められる。なぜならば、送信器および受信器はどちらも、パイプラインに不動に取り付けられてうるからである。

#### 【0057】

図1は、本発明による装置の実施の形態を示している。送信器4が、パイpline1内に配置されている。パイplineにおいて、流体14または流体14の流体成分2が、流れ方向18に流れることができる。送信器4は、超音波信号を流体または流体成分へと第1の方向12に送信するように構成されている。超音波信号は、流体または流体成分によって第2の方向13に散乱させられる。この散乱超音波信号が、受信器5によって受信される。

#### 【0058】

第1の方向および第2の方向は、図1を見て取ることができるとおり、交差角度を定めるように互いに交わることができる。交差角度は、少なくとも10度または少なくとも20度であってよく、より好ましくは少なくとも60度であってよい。測定体積が、受信器によって受信される散乱超音波信号を生成する体積として、16によって示されている。

#### 【0059】

送信体積20を、送信された超音波信号の流体における経路または貫通の奥行きならびに第1の方向によって定義することができる一方で、散乱体積21を、受信される散乱超音波信号の流体における経路または貫通の奥行きならびに第2の方向によって定義することができる。送信体積20および散乱体積21の重なり合いが、測定体積16を含む。したがって、測定体積16を、送信された超音波信号の流体における経路または貫通の奥行き、第1の方向、受信される散乱超音波信号の流体における経路または貫通の奥行き、ならびに第2の方向によって定義することができる。流体における超音波信号の経路は、流体における信号の吸収および散乱によって制限される可能性があり、数ミリメートルの範囲であってよい。

#### 【0060】

したがって、測定体積は、数立方ミリメートルの範囲であってよい。

#### 【0061】

しかしながら、測定体積は、交差角度にも依存する。小さな交差角度（例えば、5度未満）が、大きな体積をもたらす一方で、大きな交差角度（例えば、およそ90度）は、小さな体積をもたらす。しかしながら、より大きい測定体積の利点は、より大きな散乱超音波信号がもたらされる点にある。小さな測定体積の利点は、小さな測定体積においては流体における空間的な乱れの影響も小さいがゆえに、流速をより正確に測定することができる点にある。

#### 【0062】

これらの影響ゆえに、好ましい交差角度は、少なくとも10度、より好ましくは少なくとも20度、さらにより好ましくは約10～45度、より好ましくは少なくとも60度、さらにより好ましくは約80～90度であることが分かっている。

#### 【0063】

測定体積が比較的小さくなるように、すなわちパイプの断面に対して比較的小さい断面を有するように配置するために、送信器および受信器は、パイplineの内部の接続または取り付け部材25.1および25.2に配置される。これらの部材は、例えば乱れを避けるために流線型の形状を有することができる。そのようにすることによって、送信器および受信器を、パイplineの直径と比べて比較的小さい間隔で配置することができる。そのようにすることで、測定体積16を、流体の典型的なスラグ2の体積よりも小さくなるように構成することができる（以下も参照のこと）。

10

20

30

40

50

**【0064】**

一実施の形態においては、送信器および受信器が、それらの有効面（それぞれ、送信面および受信面）をお互いへと向けつつ（すなわち、上述のように交差する）、パイプラインの直径と比べて比較的小さい間隔にて配置される。

**【0065】**

一実施の形態においては、図1および2に示したような取り付け部材25.1および25.2などの取り付け部材が、流れの方向に垂直な方向の送信器・受信器の距離がパイプの直径の50%未満となり、好ましくは10%未満となるように、送信器および受信器を取り付けるように構成される。典型的には、送信器および受信器が、それらの有効面（それぞれ、送信面および受信面）をパイプの直径の平面において2~10mmの距離にてお互いに対して向けて取り付けられる。このようにして、測定される流れが、妨げられることなくパイプの軸に平行に測定体積を通過することができる。そのような送信器および受信器の典型的なサイズは、5~8mmである。測定チャンバ（送信機4、受信器5、および測定体積16によって形成される）を収容するパイプの最小径は、典型的には40mmである。多くの場合、パイプの直径は、60~150mmの間である。したがって、一般的な場合には、送信機から受信器までの距離が、パイプの直径の5~10%に等しい。10

**【0066】**

図1においては、送信機4と受信器5との間の距離が、第1の方向、第2の方向、および流れの方向、ならびに入射および散乱の角度を分かり易く示すために拡大されている。実際には、送信器4および受信器5が、流体における信号の吸収ゆえに、互いに比較的近くに配置される。20

**【0067】**

受信された超音波信号にもとづき、受信器5が、散乱超音波信号を表わす受信器信号を供給する。受信器信号は、受信器によって受信された散乱超音波信号の周波数についての情報、および受信器によって受信された散乱超音波信号の振幅についての情報を含むことができる。受信器信号は、散乱超音波信号の周波数および振幅に対応する周波数および振幅を有する電気信号であってよい。

**【0068】**

送信器は、例えば圧電トランスマッタであってよく、受信器は、例えば圧電レシーバであってよい。30

**【0069】**

さらに装置は、受信器信号を使用して周知のドップラー効果にもとづいて流体または流体成分の流速を測定する処理ユニット15を備えている。流体が流れているとき、受信される超音波信号の周波数が、送信された超音波信号の周波数と異なる。周波数の差は、流速の第1の方向の成分と、流速の第2の方向の成分と、送信された超音波信号の周波数とに依存する。

**【0070】**

入射角度 $\theta_1$ を、第1の方向12と流速の方向（流れの方向18と呼ばれる）との間の角度として定めることができる。散乱角度 $\theta_2$ を、第2の方向13と流れの方向18との間の角度として定めることができる。流れの方向ならびに第1および第2の方向は、パイプラインにおける送信器および受信器の構成から既知であることができる。図1から見て取ることができるとおり、第1の方向が、少なくとも部分的に下流方向である一方で、第2の方向は、少なくとも部分的に上流方向である。40

**【0071】**

入射角度 $\theta_1$ が散乱角度 $\theta_2$ に等しいとき、流速を、下記の式にもとづいて決定することができる。

**【0072】**

$$w = 2 \cdot c \cdot \cos(\theta_1) \cdot (f_d - f_t) / f_t$$

式中、

wは流速であり、

10

20

30

40

50

$c$  は流体における超音波信号の速度であり、  
は入射 / 散乱の角度であり、  
 $f_d$  は散乱超音波信号の周波数であり、  
 $f_t$  は送信された超音波信号の周波数である。

【 0 0 7 3 】

処理ユニット 15 を、この式にもとづいて流速を決定するように構成することができる。  
。

【 0 0 7 4 】

本発明の一実施の形態においては、装置が、所定の一定の周波数を有する周波数信号を送信器および処理ユニットへ供給するように構成された周波数発生器 17 をさらに備える。この周波数信号を、送信器によって特定の周波数を有する超音波信号を送信するために使用することができる。処理ユニット 15 が送信された超音波信号の周波数にもとづいて流速を測定するため、同じ周波数信号を処理ユニット 15 に供給することが好都合である。  
。

10

【 0 0 7 5 】

周波数発生器の機能を、送信器に備えても、処理ユニットに備えても、あるいは別のユニットとして備えてもよい。

【 0 0 7 6 】

本発明によれば、装置を、パイプライン内の流体成分の流速を測定するために使用することができる。パイプラインの流体は、例えば油などの液体、および例えばメタンまたは他の炭化水素ガス、空気、チッ素、などの気体など、2つの流体成分を含むことができる。成分の流速が異なる可能性があるため、液体および / または気体の流速を別々に測定することが必要とされる可能性がある。例えば、メタンの流速が、油の流速よりも速いかもしれない。

20

【 0 0 7 7 】

しかしながら、2つの流体成分を含む流体へと送信された超音波信号は、同時に2つの流体成分によって散乱させられる可能性がある。結果として、散乱超音波信号が、第1の流体成分によって散乱させられた超音波信号と第2の流体成分によって散乱させられた超音波信号との組み合わせになる可能性がある。結果として、受信器信号にもとづく一方の流体成分の流速の決定が、困難になる可能性がある。

30

【 0 0 7 8 】

第1の流体成分および / または第2の流体成分が、スラグの形状に形成されていることがあるうる。これは、第1の流体成分が第2の流体成分に溶解していないこと（あるいは、その反対）を意味する。代わりに、流体中に、一方（または、それ以上）の流体成分の分離した体積を確認することができる。一方の流体成分のそのような分離した体積は、スラグと称される。例えば、流体が、油のスラグまたは気体のスラグを含む可能性がある。図1において、そのようなスラグが、2によって概略的に示されている。

【 0 0 7 9 】

本発明の一実施の形態によれば、測定体積 16 は、そのような流体スラグの平均の体積以下である。その場合、測定体積 16 が、一般に、特定の瞬間ににおいて一方の流体成分で完全に満たされる。その場合、散乱超音波信号は、一方の流体成分によってのみ生成され、その流体成分の流速を、上述のようにして測定することができる。例えば、図1において、流体が測定体積 16 を通って流れているときにスラグ 2 が測定体積 16 を満たすことを、見て取ることができる。そのようになることで、流体の異なる成分を、交互に受信器によって観察することができる。換言すると、送信器および受信器を比較的近づけて配置し、すなわち（送信器および受信器がパイプラインの表面（内側または外側のいずれか）に配置される構成と比べて）比較的小さな測定体積を観測することによって、受信器が、実質的に流体のただ1つの成分における反射によって決定される信号を受信することができる。結果として、特定の成分が測定体積を通過するときに、より明確な区別を行なうことができ、したがって異なる体積部分のより明確な評価を行なうことができ（後述も

40

50

参照のこと)、パイプラインを通る流量のより正確な評価が可能になる。

#### 【0080】

測定体積を通過するときの流体成分の分離の改善において用意されるさらなる手段として、図4aおよび4bにおいてさらに詳しく後述される水平な前段部分の使用が挙げられる。

#### 【0081】

図1に示して上述したように、測定体積16を、送信器および受信器によって定めることができ、送信器が、測定体積へと第1の方向に超音波信号を送信し、受信器が、第2の方向において測定体積からの散乱超音波信号を受信する。すなわち、測定体積は、送信器および受信器の位置および/または構成に依存しうる。したがって、測定体積を、送信器および受信器の構成および/または位置を調節することによって制御することができる。10

#### 【0082】

測定体積をさらに制御するために、装置は、測定体積16を含む測定チャンバ19をさらに備えることができる。その場合、測定チャンバの寸法および位置を調節することによって、測定体積を調節することができる。例えば、測定体積を、測定チャンバの寸法を小さくすることによって、送信器および受信器の構成を調節することなく、さらに減らすことができる。

#### 【0083】

本発明の一実施の形態においては、測定チャンバが、いくつかの流体導入口および流体排出口を、測定チャンバに流体を流すように配置して備える。20

#### 【0084】

上述の全ての実施の形態において、受信器信号は、或る程度の雑音を含む可能性がある。受信器信号における雑音の振幅は、通常は比較的小さい。したがって、受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号(雑音を含んでいる)および高レベルに分割することが好都合かもしれない。これは、受信された信号からフィルタ処理によって雑音または低レベル信号を除き、高レベル信号を得ることを含むことができる。低レベル信号そのものは、生成または出力の必要がない。所定のしきい値を、(予想される)雑音レベルに対応するよう選択することができる。

#### 【0085】

2つ以上の流体成分を有する流体の場合には、受信器信号が、信号が第1の流体成分によって引き起こされる時間期間と、信号が第2または他の流体成分によって引き起こされる時間期間とを含むことがありうる。これには、とりわけ、測定体積が流体成分のスラグの平均体積以下である場合が当てはまるかもしれない。流体成分の特性の相違ゆえに、受信器信号の振幅が、これらの異なる時間期間において異なる可能性がある。30

#### 【0086】

例えば、2つの流体成分として油および気体を含んでいる流体の場合、気体が散乱超音波信号を生じさせない、あるいは限られた様相でのみ散乱超音波信号を生じさせるかもしれない。結果として、気体が測定体積を占めている時間期間における受信器信号の振幅が、油が測定体積を占めている時間期間の振幅と比べて、小さくなると考えられる。

#### 【0087】

したがって、受信器信号を所定のしきい値レベルにもとづいて低レベル信号および高レベルに分割することが、好都合となる可能性があり、所定のしきい値を、高レベル信号が第1の流体成分に対応する時間期間を含み、低レベル信号が第2の流体成分に対応する時間期間を含むように、選択することができる。このやり方で、2つの流体成分の流速を、低レベル信号および高レベル信号を使用して、別々に測定することができる。また、この場合に、雑音をフィルタ処理によって低レベル信号および/または高レベル信号から除いてもよい。

#### 【0088】

受信器信号を3つ以上の信号に分割してもよいことを、理解できるであろう。例えば、受信器信号を、流体が3つの流体成分を含む場合に、各々が区別可能な信号時間期間を有40

する3つの信号（例えば、低レベル信号、中レベル信号、および高レベル信号）に分割することができる。

#### 【0089】

図2は、処理ユニット15におけるいくつかの信号処理段階を概略的に示している。受信器5からの受信器信号を、増幅器7によって増幅することができ、次いでミキサ8によって周波数信号と混合することができる。ミキサは、送信された超音波信号と受信された散乱超音波信号との間の周波数の差である受信器信号と周波数信号との間の周波数の差を示す差信号を生成する。この信号の分割および／またはフィルタ処理を、弁別器10において実行することができる。弁別器は、低域通過フィルタであってよい。弁別器10の機能を促進するために、処理ユニット15は、受信器信号の復調を行なうように構成された復調器を備えることができる。復調器は、AC信号をDC信号へと変換するように構成される。復調器を、受信器5、増幅器7、またはミキサ8に統合することができる。信号の分割またはフィルタ処理の後で、高レベル信号（あるいは、低レベル信号または中レベル信号）を、アナログ-デジタル変換器（ADC）10に入力することができる。次いで、演算ユニット11が、ADCのデジタル信号を使用することができる。演算ユニット11は、流体または流体成分の流速を決定するように構成することができる。10

#### 【0090】

差信号の周波数は、受信器信号の周波数と比べて数桁も小さくなりうるため、ADCの仕様についての要件が、演算ユニットがデジタル化された受信器信号にもとづいて周波数の差を直接計算するように構成された実施の形態と比べて、大幅に軽減される。さらに図2は、図1と同様に、パイプラインの内部の接続または取り付け部材25.1および25.2に配置されることで測定体積を比較的小さくすることを可能にしている送信器4および受信器5を概略的に示している。20

#### 【0091】

図3aは、ミキサ出力信号の概要を示しており、図3bは、復調後の信号の概要を示している。ミキサ出力信号が、いくつかの時間期間P1～P6を含んでいる。時間期間P1、P3、およびP5においては、信号の振幅が、時間期間P2、P4、およびP6における信号と比べて小さい。この場合、この信号は、油などの液体と気体スラグとを含む流体によって引き起こされている可能性がある。気体スラグが散乱超音波信号をほとんどまたは全く生じさせないことが知られているため、時間期間P1、P3、およびP5においては測定体積が気体スラグで満たされている一方で、時間期間P2、P4、およびP6においては測定体積が油で満たされていたと結論付けることができる。図3bにおいて、どのようにして復調信号がDC信号であるかを見て取ることができる。しきい値レベルの例も示されている。次いで、この信号の分割またはフィルタ処理を、低域通過フィルタによって容易に実行することができる。30

#### 【0092】

一般に、例えば油の流量など、パイプライン内の1つの流体成分の流量を測定するためには、パイプラインの断面積および当該成分の流速だけでなく、すべての流体成分の体積（すなわち、流体の体積）に対する当該流体成分の体積の割合も必要である。流量を、以下の式にもとづいて決定することができる。40

#### 【0093】

$$Q = \cdot w \cdot S$$

式中、

Qは流体成分の体積流量であり、

は流体成分の割合であり、

wは流体成分の流速であり、

Sはパイプラインの断面積である。

#### 【0094】

本発明の一実施の形態によれば、処理ユニットを、流体または流体成分の流量を測定するように構成することができる。処理ユニット15を、この式にもとづいて流量を測定す50

るよう構成することができる。

**【0095】**

パイプラインの断面は、一定かつ既知であり、処理ユニット15へと入力することが可能である。流体成分の流速は、上述した実施の形態のうちの1つに従って測定することができる。流体成分の割合は、いくつかのやり方で測定することができ、例えば流体のサンプルの重量または当該サンプルの他の特性にもとづいて測定することができる。しかしながら、割合が時間とともに変化する可能性があるため、流体成分の割合を現場で連続的に測定することが好都合かもしれない。

**【0096】**

本発明の一実施の形態によれば、割合を、受信器信号における当該流体成分の時間期間にもとづいて決定することができる。割合は、以下の式にもとづいて決定することができる。  
10

**【0097】**

$$= T / T_0$$

式中、

$T$  は流体成分の割合であり、

$T_0$  はサンプル時間であり、

$T$  は当該割合の時間期間の継続時間の合計である。

**【0098】**

サンプル時間は、平均の割合を測定すべき任意の時間期間であってよい。少なくとも当該割合の時間期間の継続時間の合計よりも長くするべきである。図3bにおいて、或る流体成分（例えば、気体）の時間期間のうちの2つが、 $T_i$  および  $T_{i+1}$  によって示されている。サンプル時間が、 $T_0$  によって示されている。  
20

**【0099】**

本発明の一実施の形態においては、処理ユニットが、割合を上述の式にもとづいて測定するように構成される。測定された流体成分の割合、測定された流体成分の流速、および入力されたパイプラインの断面積にもとづき、処理ユニット15を、少なくとも2つの流体成分を含む流体における流体成分の流量を決定するようにさらに構成することができる。  
。

**【0100】**

以上により、パイプライン内の流体または流体成分の流速を、a) パイプライン内に送信器および受信器を配置するステップと、b) 流体または流体成分へと第1の方向に超音波信号を送信するステップと、c) 流体または流体成分による超音波信号の散乱によって、第2の方向の散乱超音波信号を生成するステップと、d) 散乱超音波信号を受信し、散乱超音波信号を表わす受信器信号を供給するステップと、e) 送信された超音波信号と散乱超音波信号との間の周波数の差を測定するステップと、f) 前記差にもとづいて流体または流体成分の流速を測定するステップと、を含む方法によって、どのように測定することができるのかも説明される。  
30

**【0101】**

図4aに、垂直なパイプ部分50の前に水平前段部分と呼ばれる水平な部分52が位置している構成を概略的に示している。パイプの前段部分52は、流れを安定させるために使用可能であり、流体の気相（存在する場合）の或る程度の融合をもたらすことができる。特定の種類のそのような前段部分は、重力によって流れの自然な分離を生じさせることができる水平なパイプである。そのような水平なパイプまたは前段部分が、測定機構（すなわち、上述のように測定体積の流れを観測するように配置された送信器および受信器）を備える垂直なパイプ50の入口へと接続されるとき、このような構成は、幅広い範囲の気体および液体の流量において、いわゆる多相流のスラグ流パターンをもたらすことができる。そのようなスラグ流パターンは、本発明による装置において、測定体積における気体部分および液体部分の交互の到着をもたらすことができる。  
40

**【0102】**

さらに図4aは、垂直なパイプ部分50における測定機構53の位置および流れの方向(矢印54によって示されている)も概略的に示している。

【0103】

図4bに、水平な前段部分52および接続されたパイプ50について、さらなるいくつかの詳細が示されており、典型的な寸法がパイプの直径dの関数として示されている。

【0104】

必要とされるとおり、本発明の詳細な実施の形態を本明細書において開示したが、開示された実施の形態が、さまざまな形態で具現化させることができる本発明の単なる例示にすぎないことを、理解すべきである。したがって、本明細書に開示された具体的な構造および機能の詳細を、本発明を限定するものとして解釈してはならず、あくまでも特許請求の範囲のサポートならびに本発明を実質的に任意の適切な詳細構造にてさまざまに使用することを当業者に教示するための代表的な基礎として解釈すべきである。さらに、本明細書において使用される用語および表現は、本発明を限定しようとするものではなく、むしろ本発明の理解可能な説明を提供することを目的としている。本明細書において使用されるとき、用語「一」(「a」または「an」)は、1つまたは1つ以上と定義される。本明細書において使用されるとき、用語「複数」は、2つまたは2つ以上と定義される。本明細書において使用されるとき、用語「別の・・・(another)」は、少なくとも第2の・・・またはさらなる・・・と定義される。本明細書において使用されるとき、用語「・・・を含む(including)」および「または」、「・・・を有する(having)」は、「・・・を備える(comprising)」(すなわち、他の要素または段階の存在を排除しないオープンな表現)と定義される。請求項中のいかなる符号も、特許請求の範囲または本発明の技術的範囲を限定するものとして解釈してはならない。特定の手段が互いに異なる独立請求項において言及されているとしても、それらの手段の組み合わせを好都合に使用することができないというわけではない。

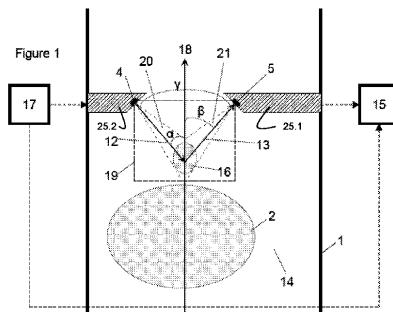
10

20

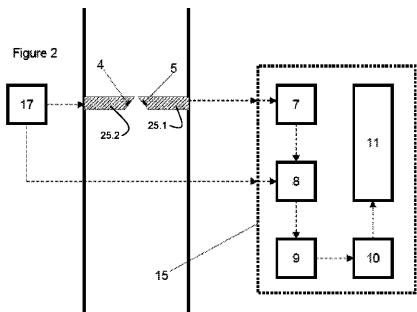
【0105】

单一のプロセッサまたは他のユニットが、請求項に記載のいくつかの項目の機能を果たすことができる。

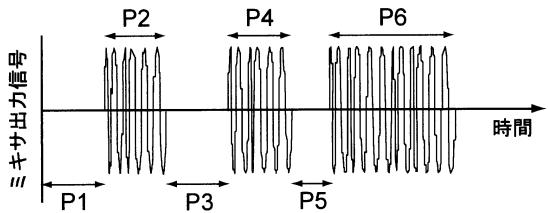
【図1】



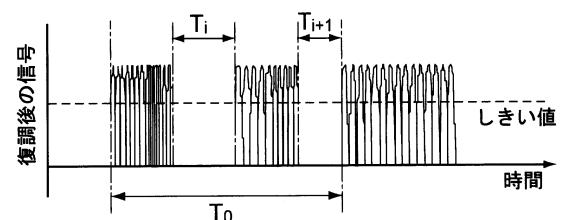
【図2】



【図3 a】



【図3 b】



【図4 a】

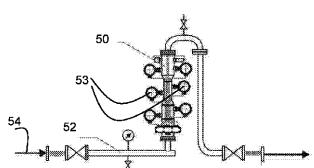


Figure 4a

【図4 b】

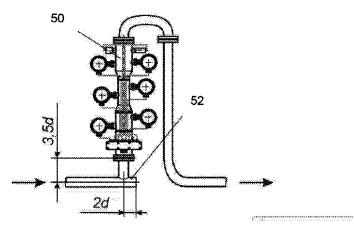


Figure 4b

---

フロントページの続き

(73)特許権者 513155507

メルニコフ ブラディミール  
ロシア連邦 603074 ニジニ ノヴゴロド 17 フラット 25 クイバイシェヴァ ス  
トリート

(73)特許権者 513155518

シュストフ アンドレイ  
オランダ国 エヌエル 6545 ケーエイチ ネイメーヘン デ ギルデカンプ 2215

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(74)代理人 100085279

弁理士 西元 勝一

(72)発明者 ドロブコフ ブラディミール

ロシア連邦 1212609 モスクワ フラット 12 オセンニヤ ストリート 4/1

(72)発明者 メルニコフ ブラディミール

ロシア連邦 603074 ニジニ ノヴゴロド 17 フラット 25 クイバイシェヴァ スト  
リート

(72)発明者 シュストフ アンドレイ

オランダ国 エヌエル 6545 ケーエイチ ネイメーヘン デ ギルデカンプ 2215

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 國際公開第2009/063896 (WO, A1)

特表2003-526101 (JP, A)

実開昭53-83162 (JP, U)

米国特許第3741014 (US, A)

仏国特許発明第1232113 (FR, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/66

G01F 1/74