(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 1 月 17 日(17.01.2013)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2013/008445 A1

(51) 国際特許分類:
G01F 1/66 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/004423

(22) 国際出願日: 2012 年 7 月 9 日(09.07.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2011-154546 2011 年 7 月 13 日(13.07.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 足立　明久 (ADACHI, Akihisa). 佐藤　真人 (SATOU, Masato). 渡辺　葵 (WATANABE, Aoi). 宮田　肇 (MIYATA, Hajime).

(74) 代理人: 内藤　浩樹, 外 (NAITO, Hiroki et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真１００６番地パナソニック株式会社内 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

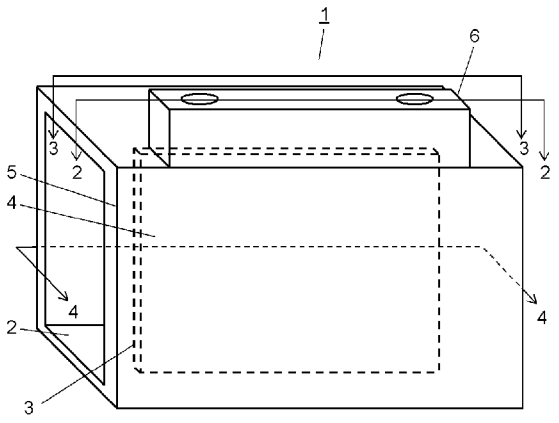
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ULTRASONIC FLOW-METER

(54) 発明の名称 : 超音波流量計

[図1]



(57) **Abstract**: This ultrasonic flow-meter is provided with: a partition plate which divides a flow channel, into which a liquid to be measured flows, into a measuring flow channel and a non-measuring flow channel; a pair of ultrasonic transducers arranged in the measuring flow channel; a measuring unit for measuring the propagation time of ultrasonic waves propagated between the pair of ultrasonic transducers; and a calculation unit for calculating the flow volume of the fluid to be measured. The calculation unit has a computer for computing at least one of the flow speed or the flow volume of the fluid to be measured in the measuring flow channel on the basis of the propagation time; and an estimation unit for estimating the flow volume of the fluid to be measured in the flow channel on the basis of the flow speed or the flow volume in the measuring flow channel. It is thereby possible to realize an ultrasonic flow-meter of a simple construction for performing high-precision measurements of a fluid to be measured.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/008445 A1

本発明の超音波流量計は、被計測流体が流れる流路を計測流路および非計測流路に分割する１つの仕切り板と、計測流路に配置した一対の超音波送受波器と、一対の超音波送受波器間を伝搬する超音波の伝搬時間を計測する計測部と、被計測流体の流量を算出する算出部と、を備えている。さらに、算出部は、伝搬時間に基づいて計測流路における被計測流体の流速および流量の少なくとも一方を演算する演算部と、計測流路における流速または流量に基づいて流路における被計測流体の流量を推測する推測部を有する。これにより、簡易な構成で高精度に被計測流体を計測する超音波流量計を実現できる。

明　細　書

発明の名称 ： 超音波流量計

技術分野

[0001] 本発明は、被計測流体の流れの一部を計測して、被計測流体全体の流量を推測する超音波流量計に関する。

背景技術

[0002] 従来、この種の超音波流量計として、流路を均等に分割し、分割した一つの流路に超音波ソナーを配置した超音波流量計が知られている（例えば、特許文献１参照）。

[0003] 以下に、従来の超音波流量計について、図１２を用いて説明する。図１２は、従来の超音波流量計の断面図である。

[0004] 図１２に示すように、従来の超音波流量計１００は、円筒基本流路１０１と、円筒ハニカム構造体１０２（流路分割部材）と、円形メッシュ１０３と、一対の超音波ソナー１０４とから構成されている。円筒ハニカム構造体１０２は、円筒基本流路１０１内に設けられ、円筒基本流路１０１を均等に複数個に分割するように配置されている。円形メッシュ１０３は、円筒基本流路１０１の円筒ハニカム構造体１０２の下流側に配置され、円筒基本流路１０１の被計測流体を整流する。一対の超音波ソナー１０４は、分割された円筒基本流路１０１の少なくとも１つの円筒ハニカム構造体１０２で構成される計測流路１０２Ａの入口（上流側）付近および出口（下流側）付近に配置されている。

[0005] これにより、円筒基本流路１０１内を流れる被計測流体の流れの偏りをなくし、乱れが発生しないように整流している。その結果、被計測流体の流量や流速を精度よく計測できるとしている。

[0006] さらに、特許文献１には、上記円筒基本流路１０１の構成のほかに、矩形断面を有する流路と、流路を流れる被計測流体の流れと平行方向に延びるとともに、等間隔に配置された整流板を設けて、流路を分割する構成が開示さ

れている。

[0007] しかしながら、従来の超音波流量計の構成では、一対の超音波ソナーを配置した計測流路１０２Ａに、円筒基本流路１０１内を流れる被計測流体の平均流量が流れるように、分割されたそれぞれの円筒ハニカム構造体１０２（流路分割部材）を均等に配置しなければならないという構成上の制約がある。

[0008] また、被計測流体の流れを均等化するため、円筒ハニカム構造体（流路分割部材）の出口部に圧力損失の大きい、円形メッシュなどの部材を配置しなければならず、流量範囲が狭くなるなどの課題がある。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開２００３－１８５４７７号公報

発明の概要

[0010] 上記課題を解決するために、本発明の超音波流量計は、被計測流体が流れる流路を計測流路および非計測流路に分割する１つの仕切り板と、計測流路に配置した一対の超音波送受波器と、一対の超音波送受波器間を伝搬する超音波の伝搬時間を計測する計測部と、被計測流体の流量を算出する算出部と、を備えている。さらに、算出部は、伝搬時間に基づいて計測流路における被計測流体の流速および流量の少なくとも一方を演算する演算部と、計測流路における流速または流量に基づいて流路における被計測流体の流量を推測する推測部を有する。

[0011] これにより、計測流路の流量をＱｍ、非計測流路の流量をＱｎとした場合、計測する流量範囲の全域にわたり、計測流路の流量と非計測流路の流量との分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）を、ほぼ一定（一定を含む）に保つことができる。その結果、流路の一部である計測流路を流れる被計測流体の流量または流速を計測することにより、流路全体を流れる被計測流体の流量または流速を、精度よく推測して計測することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図１は、本発明の実施の形態１における超音波流量計の概略構成図である。

[図2]図２は、本発明の実施の形態１における図１の２－２線断面図である。

[図3]図３は、本発明の実施の形態１における図１の３－３線断面図である。

[図4]図４は、本発明の実施の形態１における図１の４－４線断面図である。

[図5]図５は、本発明の実施の形態２における超音波流量計の断面図である。

[図6]図６は、本発明の実施の形態３における超音波流量計の断面図である。

[図7A]図７Ａは、本発明の実施の形態３における圧力－流量特性のグラフの一例を示す図である。

[図7B]図７Ｂは、本発明の実施の形態３における圧力－流量特性のグラフの他の例を示す図である。

[図8]図８は、本発明の実施の形態４における超音波流量計の断面図である。

[図9]図９は、本発明の実施の形態５における超音波流量計の断面図である。

[図10]図１０は、本発明の実施の形態５における圧力－流量特性のグラフの一例を示す図である。

[図11]図１１は、本発明の実施の形態６における超音波流量計の断面図である。

[図12]図１２は、従来の超音波流量計の断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、本実施の形態によって本発明が限定されるものではない。また、以下の実施の形態において、同一または相当する構成要素には同一の参照符号を付して、説明する。

[0014] （実施の形態１）

以下、本発明の実施の形態１における超音波流量計について、図１から図４を用いて説明する。

[0015] 図１は、本発明の実施の形態１における超音波流量計の概略構成図である

。図２は、本発明の実施の形態１における図１の２－２線断面図である。図３は、本発明の実施の形態１における図１の３－３線断面図である。図４は、本発明の実施の形態１における図１の４－４線断面図である。

[0016] 図１に示すように、本実施の形態の超音波流量計１は、少なくとも、例えば矩形断面を有する筒状流路２と、筒状流路２を被計測流体の流れの方向に沿って計測流路４と非計測流路５に分割する１枚の仕切り板３と、計測流路４に対応して設けられる一対の超音波送受波器を保持する超音波送受波器保持部６とから構成されている。なお、以降では、筒状流路２を、単に流路２と記して説明する場合がある。

[0017] そして、図２に示すように、超音波送受波器保持部６は、第１の超音波送受波器７および第２の超音波送受波器８からなる一対の超音波送受波器を、第１の保持部９および第２の保持部１０でそれぞれ保持している。

[0018] また、計測流路４は、上面１１および下面１２を有し、計測流路４の上面１１には、第１の超音波透過窓１３および第２の超音波透過窓１４が備えられている。一方、計測流路４の下面１２は、第１の超音波送受波器７および第２の超音波送受波器８から放射される超音波の反射面として作用する。そして、第１の超音波送受波器７および第２の超音波送受波器８から放射される超音波は、計測流路４を横切り、計測流路４の下面１２で反射して、矢印Ｐ１および矢印Ｐ２で示す伝搬経路を伝搬する。

[0019] これにより、少なくとも第１の超音波送受波器７と、第２の超音波送受波器８および計測流路４の下面１２とから、被計測流体の流量や流速を計測する流量計測部１５が構成される。

[0020] また、第１の超音波送受波器７および第２の超音波送受波器８で受信された信号は、計測回路などで構成される計測部１６で処理され、第１の超音波送受波器７と第２の超音波送受波器８間の伝搬時間が測定される。そして、算出部１７を構成する演算部１７ａおよび推測部１７ｂにより、筒状流路２を流れる被計測流体の流量および流速の少なくとも一方が、推測されて算出される。

[0021] なお、図３に示すように、本実施の形態では、非計測流路５には、以降の実施の形態で示すような、被計測流体の流れ状態を変化させる構造体または整流部材などの部材は、特に挿入されていない。

[0022] また、図４に示すように、筒状流路２において、仕切り板３の上流には、助走部１９（仕切り板３から入口部１８までの流路）が設けられている。これにより、筒状流路２の入口部１８から流入する被計測流体の流れは、一旦、助走部１９で整流される。その後、整流された被計測流体は、仕切り板３により分割されて、一部は計測流路４へ、残りは非計測流路５へ流入する。これにより、計測流路４内での被計測流体の流れの乱れを抑制できる。その結果、計測流路４の被計測流体の流速や流量を計測して、広い流量範囲や流速範囲にわたって、筒状流路２を流れる被計測流体の流量や流速を、精度よく推測することができる。

[0023] そして、計測流路４に分流された被計測流体の流速および流量の少なくとも一方が、流量計測部１５で計測された伝搬時間を用いて計測部１６を介して処理され、算出部１７の演算部１７ａで算出される。その後、演算部１７ａで算出された計測流路４の被計測流体の流速および流量に基づいて、算出部１７の推測部１７ｂで、筒状流路２全体を流れる被計測流体の流速および流量を推測して、算出することができる。

[0024] 以上により、本実施の形態の超音波流量計１が構成される。

[0025] 以下に、上記構成の超音波流量計１の動作および作用について、説明する。

[0026] なお、図４に示すように、筒状流路２の入口部１８において、例えば流速分布Ｖｉを有する被計測流体が、筒状流路２に流入する場合を考える。

[0027] まず、筒状流路２に流入する被計測流体は、助走部１９で整流される。その後、整流された被計測流体は、仕切り板３により計測流路４と非計測流路５の２つの流路に分割されて分流される。これにより、計測流路４における被計測流体の流量はＱｍとなり、非計測流路５の被計測流体の流量はＱｎになる。

[0028] そして、計測流路４を流れる流量Ｑｍの被計測流体は、第１の超音波送受波器７と第２の超音波送受波器８から放射される超音波の伝搬経路中を通過する。このとき、第１の超音波送受波器７または第２の超音波送受波器８で受信される超音波の伝搬時間から、計測流路４を流れる被計測流体の超音波の伝搬経路に沿う流速成分が検知される。これにより、以下で説明する計測方法を用いて、計測流路４を流れる流量Ｑｍの被計測流体の流速または流量が測定（算出）される。

[0029] 以上のように構成された超音波流量計１において、被計測流体の流量および流速の計測方法について、以下に、図２を用いて具体的に説明する。

[0030] なお、図２に示すように、筒状流路２を流れる被計測流体の流速をＶ、被計測流体中の音速をＣ、被計測流体の流れる方向と超音波が下面１２で反射するまでの超音波伝搬方向（伝搬経路）を示す矢印Ｐ１とのなす角度をθとする。

[0031] また、上述したように、図２の矢印Ｐ１、Ｐ２の伝搬経路で示す第１の超音波送受波器７と第２の超音波送受波器８との間で伝搬する超音波の伝搬経路の有効長さ（距離）をＬとする。

[0032] このとき、第１の超音波送受波器７から出た超音波が、第２の超音波送受波器８に到達するまでの伝搬時間ｔ１は、以下の式（１）で示される。

[0033] $$t1 = L / (C + V\cos\theta) \quad (1)$$

また、第２の超音波送受波器８から出た超音波が、第１の超音波送受波器７に到達するまでの伝搬時間ｔ２は、以下の式（２）で示される。

[0034] $$t2 = L / (C - V\cos\theta) \quad (2)$$

そして、伝搬時間ｔ１の式（１）と、伝搬時間ｔ２の式（２）から、被計測流体の音速Ｃを消去すると、以下の式（３）が得られる。

[0035] $$V = (L / 2\cos\theta) \cdot ((1/t1) - (1/t2)) \quad (3)$$

このとき、式（３）から分るように、第１の超音波送受波器７と第２の超音波送受波器８との距離Ｌと、角度θが既知ならば、伝搬時間ｔ１および伝搬時間ｔ２を用いて、被計測流体の流速Ｖは、以下の方法により求めること

ができる。

[0036] まず、計測部１６で、伝搬時間ｔ１および伝搬時間ｔ２を計測する。

[0037] つぎに、算出部１７の演算部１７ａで、上記式（３）を用いて、被計測流体の流速Ｖを演算する。

[0038] さらに、演算部１７ａは、演算された流速Ｖに、計測流路４の断面積Ｓを乗じるとともに、補正係数ｐを乗じて、計測流路４における被計測流体の流量Ｑｍを求める。

[0039] つぎに、上記で求められた流量Ｑｍに、算出部１７の推測部１７ｂで、筒状流路２全体に流れる被計測流体の流量を推測するための係数ｑを乗じる。これにより、筒状流路２全体に流れる被計測流体の流量を推測して、筒状流路２全体の流量Ｑ（Ｑｍ＋Ｑｎ）を求めることができる。

[0040] 以上で説明したように、本実施の形態の超音波流量計１によれば、計測流路４への分流を矩形断面の筒状流路２内において１枚の仕切り板３のみで行うことができる。そのため、多数の仕切り板で多数の分流を形成する従来の超音波流量計に比べて、簡易で小型の超音波流量計を実現できる。

[0041] すなわち、計測流路４の流量をＱｍ、非計測流路５の流量をＱｎとした場合、超音波流量計で計測する被計測流体の流量範囲の全域が、層流のみの場合や、乱流のみの場合においては、分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）を比較的一定に保つことができる。その結果、筒状流路２を流れる被計測流体の全体流量Ｑを、計測流路の流量Ｑｍに基づいて精度よく推測して求めることができる。

[0042] （実施の形態２）

以下に、本発明の実施の形態２における超音波流量計について、図５を用いて説明する。なお、実施の形態１の超音波流量計と同じ構成要素や作用などの説明は、省略する。

[0043] 図５は、本発明の実施の形態２における超音波流量計の断面図である。なお、図５は、実施の形態１で説明した図４と同様に、図１に示す４－４線方向で、実施の形態２の超音波流量計を切断した断面図で示している。

[0044] 図５に示すように、本実施の形態２の超音波流量計は、仕切り板２０の上

流端２１を楔形状とした点で、実施の形態１の超音波流量計と異なる。それ以外の構成要素は、基本的に実施の形態１と同じであるので、同じ符号を付して説明する。

[0045] つまり、図５に示すように、仕切り板２０の幅Ｗが、上流端２１側で狭くなるように、例えば楔形状などの三角形状に形成する。これにより、仕切り板２０による分流時の被計測流体の乱れを抑制する。なお、仕切り板２０の先端部は、エッジ状でなく、曲率を有する形状としてもよい。

[0046] 本実施の形態によれば、計測流路４への被計測流体の分流が、仕切り板２０の上流端２１側の楔形状の先端で行うことができる。そのため、筒状流路２に流入する被計測流体の乱れを抑制して、滑らかに計測流路４と非計測流路５に分流することができる。これにより、分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）を、さらに一定に保つことができる。その結果、筒状流路２を流れる被計測流体の全体流量Ｑを、計測流路４の流量Ｑｍに基づいて精度よく推測して求めることができる。

[0047] （実施の形態３）

以下に、本発明の実施の形態３における超音波流量計について、図６から図７Ｂを用いて説明する。なお、実施の形態１の超音波流量計と同じ構成要素や作用などの説明は、省略する。

[0048] 図６は、本発明の実施の形態３における超音波流量計の断面図である。図７Ａは、本発明の実施の形態３における圧力ー流量特性のグラフの一例を示す図である。図７Ｂは、本発明の実施の形態３における圧力ー流量特性のグラフの他の例を示す図である。なお、図６は、実施の形態１で説明した図４と同様に、図１に示す４－４線方向で、実施の形態３の超音波流量計を切断した断面図で示している。

[0049] 図６に示すように、本実施の形態３の超音波流量計は、非計測流路５に抵抗体２２からなる構造体２２を配置した点で、実施の形態１の超音波流量計と異なる。それ以外の構成要素は、基本的に実施の形態１と同じであるので、同じ符号を付して説明する。

[0050] つまり、図６に示すように、非計測流路５に、圧力損失などを調整するために、構造体として、例えばメッシュ形状や、金属繊維などからなる抵抗体２２を配置する。これにより、以下で説明するように、計測流路４と非計測流路５に流入する被計測流体を、同じ圧力差で層流から乱流へ遷移させることができる。その結果、被計測流体の流量の変動による分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）の変化を抑制して、超音波流量計の計測精度の低下をより抑制することができる。

[0051] 以下に、本実施の形態の超音波流量計１の動作および作用について、説明する。

[0052] まず、図６に示すように、筒状流路２におけるＰｕ点とＰｄ点における圧力差（差圧）Ｐと、計測流路４を流れる流量Ｑｍと非計測流路５を流れる流量Ｑｎとの関係について説明する。

[0053] 一般的に、流体力学において、流体の流れが層流状態の場合、流量と圧力差とは線形（比例）の関係になる。一方、流体の流れが乱流状態の場合、流量と圧力差とは、２乗の関係（非線形）になることが知られている。したがって、筒状流路２を仕切り板３で分流した計測流路４と、非計測流路５に対しても、上記関係が適用できる。

[0054] そして、図７Ａは、上記関係を模式的に示したグラフである。すなわち、図７Ａに示すように、計測流路４においては、遷移点Ｍまでが層流であり、遷移点Ｍ以降が乱流の状態を示している。また、非計測流路５においては、遷移点Ｎまでが層流であり、遷移点Ｎ以降が乱流の状態を示している。

[0055] このとき、圧力差がＰ１の場合、計測流路４と非計測流路５は、いずれも層流領域にあるため、分流比（Ｑｎ１／Ｑｍ１）は一定の値となる。また、圧力差がＰ２の場合、計測流路４と非計測流路５は、いずれも乱流領域にあるため、同様に、分流比（Ｑｎ２／Ｑｍ２）は一定の値となる。つまり、計測流路４と非計測流路５のいずれもが乱流領域で、流量と圧力差が２乗の関係にあれば、乱流のときの分流比と、層流のときの分流比の値は、それぞれの領域では同じになる。

[0056] しかしながら、図７Ａに示すように、例えば圧力差がＰｓの場合、計測流路４の被計測流体は層流状態にあり、非計測流路５の被計測流体は乱流状態にある。そのため、計測流路４と非計測流路５とが、上記のように異なる状態の流量域の場合、分流比（Ｑｎｓ／Ｑｍｓ）は、一定の値になるとは限らない。つまり、流量域の被計測流体の状態が、層流と乱流で異なる場合、計測流路４と非計測流路５を流れる流量により、分流比が変化することになる。このとき、計測流路４の流量を計測して、筒状流路２全体の流量を推定すると、流量の計測精度が低下する要因となる。

[0057] そこで、図７Ｂのように、層流から乱流への遷移が、計測流路４の遷移点Ｍと非計測流路５の遷移点Ｎとで、同じ圧力差Ｐｔｒで生じるように設定すれば、流量の計測精度の低下を避けることができる。つまり、非計測流路５に配置する抵抗体２２の抵抗値（例えばメッシュの形状や大きさなどの変更）を選択することにより、筒状流路２の被計測流体の流量が変化しても、計測流路４と非計測流路５を流れる被計測流体の分流比が変化しない条件を実現できる。これにより、計測流路４と非計測流路５とを、同じ圧力差で、層流から乱流の状態に遷移させて、高い計測精度で計測流体の流量や速度を推定して、算出できる。

[0058] 本実施の形態によれば、計測流路４と非計測流路５とが、同じ圧力差で同時に層流状態から乱流状態に遷移させる、構造体を構成する抵抗体２２を非計測流路５に配置する。これにより、計測流路４の流量を計測して、筒状流路２全体の流量を、流量領域全体にわたって推定することができる。その結果、筒状流路２を流れる被計測流体の全体流量を、計測流路４の流量に基づいて精度よく推測して求めることができる。また、抵抗体２２の選択により、例えば超音波流量計の計測範囲に応じて、精度のよい流量計測条件を容易に実現できる。

[0059] （実施の形態４）

以下に、本発明の実施の形態４における超音波流量計について、図８を用いて説明する。なお、実施の形態３の超音波流量計と同じ構成要素や作用な

どの説明は、省略する。

[0060] 図８は、本発明の実施の形態４における超音波流量計の断面図である。なお、図８は、実施の形態１で説明した図４と同様に、図１に示す４－４線方向で、実施の形態４の超音波流量計を切断した断面図で示している。

[0061] 図８に示すように、本実施の形態４の超音波流量計は、非計測流路５に配置された構造体２３を、複数の抵抗板２４、２５（本実施の形態では、２枚）で構成した点で、実施の形態３の超音波流量計とは異なる。それ以外の構成要素は、基本的に実施の形態３と同じであるので、同じ符号を付して説明する。

[0062] つまり、図８に示すように、非計測流路５に、複数の抵抗板２４、２５を、例えば被計測流体の流れる方向に沿って配置する。これにより、実施の形態３で説明したように、計測流路４と非計測流路５に流入する被計測流体を、同じ圧力差で層流から乱流の状態へ遷移させることができる。

[0063] 本実施の形態によれば、構造体を、例えば板部材からなる抵抗板２４、２５で構成できる。これにより、実施の形態３と同様の効果が得られるとともに、作製が容易で、高い生産性の超音波流量計を実現できる。

[0064] なお、本実施の形態では、２枚の抵抗板で構造体を構成した例で説明したがこれに限られず、１枚もしくは３枚以上の抵抗板で構造体を構成してもよく、計測する流量や流速に応じて、任意に選択することができる。

[0065] また、本実施の形態では、抵抗板を被計測流体の流れに沿って配置する例で説明したが、これに限られない。例えば、計測流路と非計測流路とを流れる被計測流体が、同じ圧力差で、層流領域から乱流領域に遷移する構成であれば、被計測流体の流れに対して所定の角度で配置してもよく、また直線状の抵抗板のほかに任意の形状の抵抗板を配置してもよい。

[0066] （実施の形態５）

以下に、本発明の実施の形態５における超音波流量計について、図９と図１０を用いて説明する。なお、実施の形態１の超音波流量計と同じ構成要素や作用などの説明は、省略する。

[0067] 図９は、本発明の実施の形態５における超音波流量計の断面図である。図１０は、本発明の実施の形態５における圧力－流量特性のグラフの一例を示す図である。なお、図９は、実施の形態１で説明した図４と同様に、図１に示す４－４線方向で、実施の形態５の超音波流量計を切断した断面図で示している。

[0068] 図９に示すように、本実施の形態５の超音波流量計は、計測流路４の層高さｈ（計測流路４を挟んで対向する仕切り板３と筒状流路２の外周壁２Ａとの距離）を、超音波流量計の計測流量全域にわたり、少なくとも計測流路４において、層流状態が維持される値に設定した点で、実施の形態１の超音波流量計とは異なる。

[0069] それ以外の構成要素は、基本的に実施の形態１と同じであるので、同じ符号を付して説明する。

[0070] つまり、図９に示すように、計測流路４の層高さｈを、超音波流量計の計測流量全域にわたり、層流状態が維持される値に設定する。

[0071] なお、一般的に、計測流路４の層高さｈは、計測流路４の流路断面が矩形状でアスペクト比（長辺長さ／短辺長さ）が大きい場合、レイノルズ数Ｒｅは、層高さｈに相当する短辺長さを代表長さとして、以下の式（４）により求められる。

[0072] $$Re = (h \times Vave) / \nu \qquad (4)$$

ただし、Ｒｅ：レイノルズ数、ｈ：代表長さ、Ｖａｖｅ：平均流速

そのため、計測流路４の層高さｈを、式（４）に基づいて設定すれば、被計測流体を層流状態で流すことができる。

[0073] 以下に、本実施の形態の超音波流量計１の動作および作用について、説明する。

[0074] まず、図１０に示すように、計測流路４の層高さｈを、計測する被計測流体の全流量領域、すなわち最大計測流量まで、計測流路４内の被計測流体の流れが層流になるように設定する。このとき、非計測流路５を流れる被計測流体の圧力差と流量の関係も、層流の状態になる条件の場合、被計測流体の

全流量領域において、分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）は一定になる。

[0075] 一方、非計測流路５において、被計測流体の全流量領域に乱流領域を含み、圧力差と流量との関係が線形でない場合、分流比は一定にはならない。しかし、計測流路４の被計測流体の流量などの計測を層流領域で行うことができるので、極めて安定した値が得られる。

[0076] 本実施の形態によれば、被計測流体の全流量領域にわたって、少なくとも計測流路において、層流状態で被計測流体の流量を計測できる。これにより、計測流路と非計測流路の被計測流体の分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）を一定に維持して、高い計測精度で被計測流体の流量を計測して、推定することができる。

[0077] （実施の形態６）

以下に、本発明の実施の形態６における超音波流量計について、図１１を用いて説明する。なお、実施の形態１の超音波流量計と同じ構成要素や作用などの説明は、省略する。

[0078] 図１１は、本発明の実施の形態６における超音波流量計の断面図である。なお、図１１は、実施の形態１で説明した図４と同様に、図１に示す４－４線方向で、実施の形態６の超音波流量計を切断した断面図で示している。

[0079] 図１１に示すように、本実施の形態６の超音波流量計は、筒状流路２の入口部１８に整流部材２６を配置した点で、実施の形態１の超音波流量計と異なる。それ以外の構成要素は、基本的に実施の形態１と同じであるので、同じ符号を付して説明する。

[0080] つまり、図１１に示すように、超音波流量計１の筒状流路２の入口部１８に、整流部材２６を配置する。これにより、筒状流路２に流入する被計測流体の乱れや偏流が抑制される。そして、被計測流体の計測流路４と非計測流路５への分流や、計測流路４における被計測流体の流れの安定化を図ることができる。その結果、計測流路４における被計測流体の流量などの計測精度を向上させることができる。

[0081] 本実施の形態によれば、整流部材を設けることにより、被計測流体の流れ

の乱れや偏流を抑制して、被計測流体の流量などを高い計測精度で計測する超音波流量計を実現できる。

[0082] なお、本実施の形態では、整流部材２６を筒状流路２の入口部１８に配置した例で説明したが、これに限られない。例えば、助走部１９（仕切り板３から入口部１８までの流路）の任意の位置に配置してもよく、同様の効果が得られる。また、整流部材２６を非計測流路５のみに配置してもよい。これにより、非計測流路５における被計測流体の渦の発生や乱れを抑制できる。その結果、計測流路４と非計測流路との分流比を、さらに安定化して、被計測流体の流量などを高い計測精度で計測する超音波流量計を実現できる。

[0083] 以上で説明したように、本発明の超音波流量計によれば、被計測流体が流れる流路を計測流路および非計測流路に分割する１つの仕切り板と、計測流路に配置した一対の超音波送受波器と、一対の超音波送受波器間を伝搬する超音波の伝搬時間を計測する計測部と、被計測流体の流量を算出する算出部と、を備えている。さらに、算出部は、伝搬時間に基づいて計測流路における被計測流体の流速および流量の少なくとも一方を演算する演算部と、計測流路における流速または流量に基づいて流路における被計測流体の流量を推測する推測部を有する。

[0084] この構成により、被計測流体を、１枚の仕切り板のみで計測流路へ分流するので、分流の流れ状態を定めるパラメータを少なくできる。また、簡易で小型な超音波流量計を実現することができる。これにより、計測流路の流量をＱｍ、非計測流路の流量をＱｎとした場合、計測する流量範囲の全域にわたり、計測流路の流量と非計測流路の流量との分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）を、ほぼ一定（一定を含む）に保つことができる。その結果、分流比が複雑な関数になり、線形近似で誤差を生ずるような場合と比べて、流路を流れる被計測流体全体の流量を、精度よく推測することができる。

[0085] また、本発明の超音波流量計によれば、仕切り板の上流端を楔形状に形成する。この構成により、計測流路および非計測流路への被計測流体の分流が楔形状の先端部で行われる。そのため、仕切り板の上流部の被計測流体を、

計測流路と非計測流路に、乱流などの発生をさらに抑制して滑らかに分流できる。これにより、分流比（Ｑｎ／Ｑｍ）をより一定に保つことができる。その結果、流路を流れる被計測流体全体の流量を、さらに精度よく推測することができる。

[0086] また、本発明の超音波流量計によれば、計測流路と非計測流路を流れる被計測流体を同時に乱流状態に遷移させる構造体を備える。この構成により、流路を流れる被計測流体の流量が変化しても、分流比を一定にできる。その結果、被計測流体の流量などを精度よく計測できる流量計測条件を設定できる。

[0087] また、本発明の超音波流量計によれば、構造体が、非計測流路に配置した抵抗体である。この構成により、特別に工夫した部材を構造体として採用する必要がない。これにより、流路を流れる被計測流体の流量が変化しても、分流比を簡易な構成で一定にすることができる。

[0088] また、本発明の超音波流量計によれば、構造体が、抵抗板で構成される。これにより、構造体を構成する抵抗板を、容易に作製できる。

[0089] また、本発明の超音波流量計によれば、計測流路の層高さが、少なくとも計測流路を流れる被計測流体の最大計測流量において、層流となるように設定される。この構成により、計測流路の被計測流体の流量などの計測を、層流域で行うことができる。これにより、被計測流体の計測を、非常に安定に行うことができる。その結果、被計測流体の流量などを精度よく計測できる。

[0090] また、本発明の超音波流量計によれば、流路に設けた仕切り板の上流に助走部を配置する。この構成により、助走部において、被計測流体の流れを整流して、より滑らかで安定にできる。その結果、計測流路において、さらに安定して被計測流体の計測を行うことができる。

[0091] また、本発明の超音波流量計によれば、流路の入口部に整流部材を配置する。この構成により、流路への流入する被計測流体の流れの乱れや偏流を抑制できる。これにより、計測流路および非計測流路への分流や、計測流路に

おける被計測流体の流れを安定にできる。その結果、計測流路における被計測流体の計測精度をさらに向上できる。

[0092] また、本発明の超音波流量計によれば、非計測流路に整流部材を配置する。この構成により、非計測流路における流体の渦の発生や乱れを抑制することができる。その結果、計測流路を流れる被計測流体との分流比を、さらに安定化し、計測流路における被計測流体の計測精度をさらに向上できる。

[0093] また、本発明の超音波流量計によれば、助走部に整流部材を配置する。この構成により、整流部材の設置範囲を任意に配置できる。これにより、汎用性に優れた超音波流量計を実現できる。

産業上の利用可能性

[0094] 本発明の超音波流量計は、被計測流体を高精度に計測できるため、流量計測の各種用途、特に簡易で小型化が要求されるガスメータなどの分野において有用である。

符号の説明

[0095] １，１００　超音波流量計
２　筒状流路（流路）
２Ａ　外周壁
３，２０　仕切り板
４，１０２Ａ　計測流路
５　非計測流路
６　超音波送受波器保持部
７　第１の超音波送受波器
８　第２の超音波送受波器
９　第１の保持部
１０　第２の保持部
１１　上面
１２　下面
１３　第１の超音波透過窓

１４　第２の超音波透過窓

１５　流量計測部

１６　計測部

１７　算出部

１７ａ　演算部

１７ｂ　推測部

１８　入口部

１９　助走部

２１　上流端

２２，２３　構造体（抵抗体）

２４，２５　抵抗板（板部材）

２６　整流部材

１０１　円筒基本流路

１０２　円筒ハニカム構造体（流路分割部材）

１０３　円形メッシュ

１０４　超音波ソナー

請求の範囲

［請求項1］ 被計測流体が流れる流路を計測流路および非計測流路に分割する１つの仕切り板と、

前記計測流路に配置した一対の超音波送受波器と、

前記一対の超音波送受波器間を伝搬する超音波の伝搬時間を計測する計測部と、

前記被計測流体の流量を算出する算出部と、を備え、

前記算出部は、前記伝搬時間に基づいて前記計測流路における前記被計測流体の流速および流量の少なくとも一方を演算する演算部と、前記計測流路における前記流速または前記流量に基づいて前記流路における前記被計測流体の前記流量を推測する推測部を有する超音波流量計。

［請求項2］ 前記仕切り板の上流端を楔形状に形成する請求項１に記載の超音波流量計。

［請求項3］ 前記計測流路と前記非計測流路を流れる前記被計測流体を同時に乱流状態に遷移させる構造体を備える請求項１に記載の超音波流量計。

［請求項4］ 前記構造体は、前記非計測流路に配置した抵抗体である請求項３に記載の超音波流量計。

［請求項5］ 前記構造体は、抵抗板で構成される請求項３に記載の超音波流量計。

［請求項6］ 前記計測流路の層高さは、少なくとも前記計測流路を流れる前記被計測流体の最大計測流量において、層流となるように設定される請求項１に記載の超音波流量計。

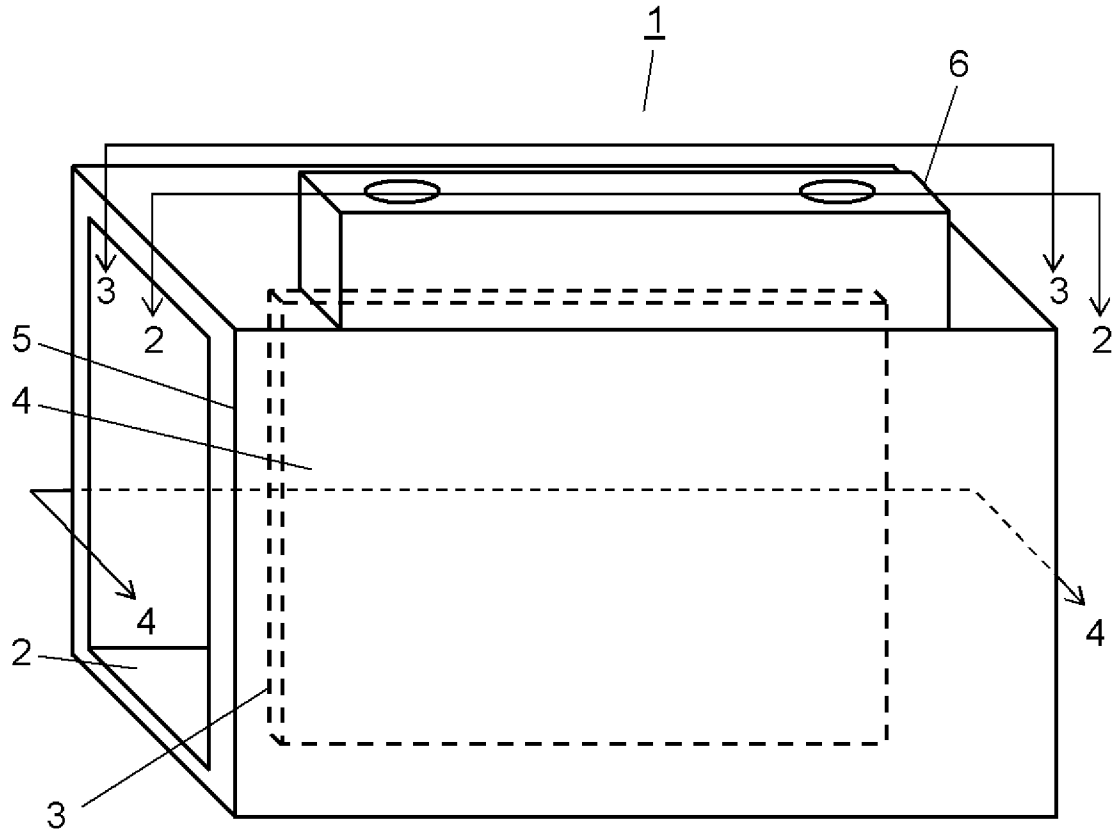
［請求項7］ 前記流路に設けた前記仕切り板の上流に助走部を配置する請求項１に記載の超音波流量計。

［請求項8］ 前記流路の入口部に整流部材を配置する請求項１に記載の超音波流量計。

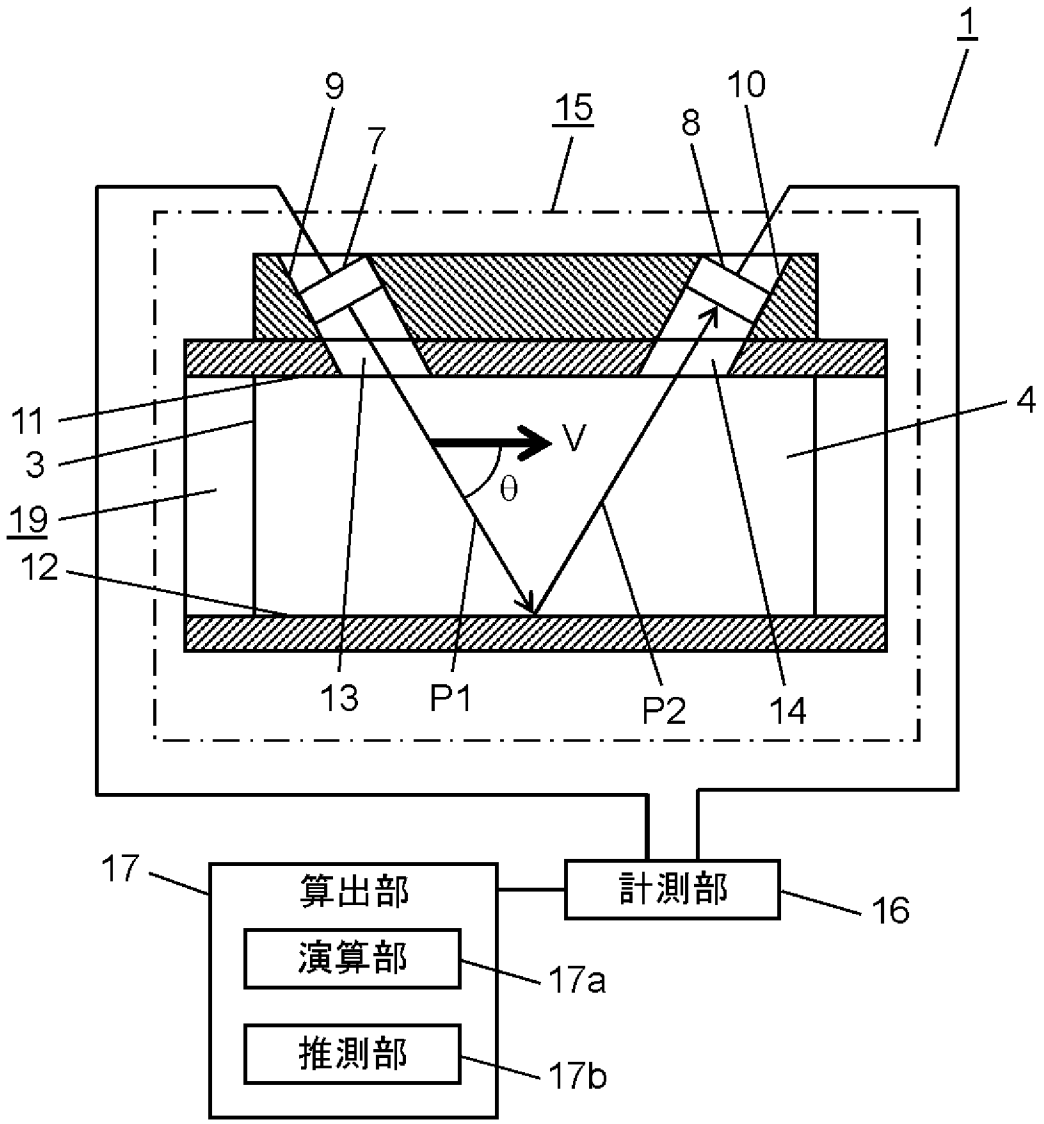
［請求項9］ 前記非計測流路に整流部材を配置する請求項１に記載の超音波流量計。

［請求項10］　前記助走部に整流部材を配置する請求項７に記載の超音波流量計。

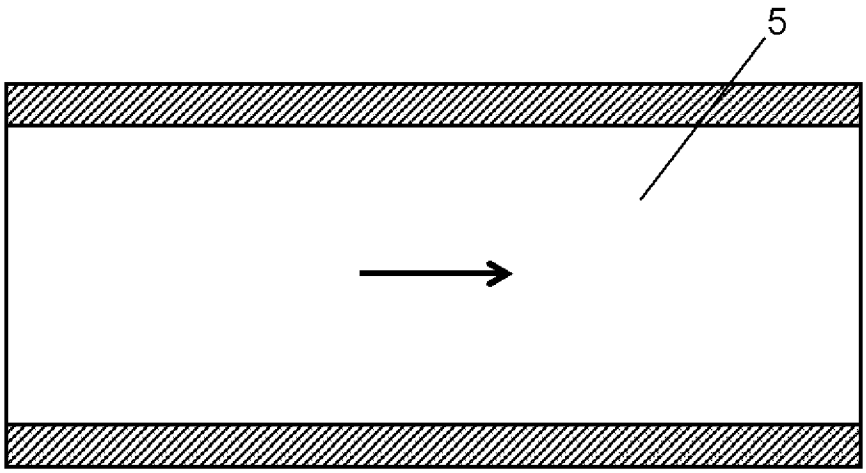
[図1]



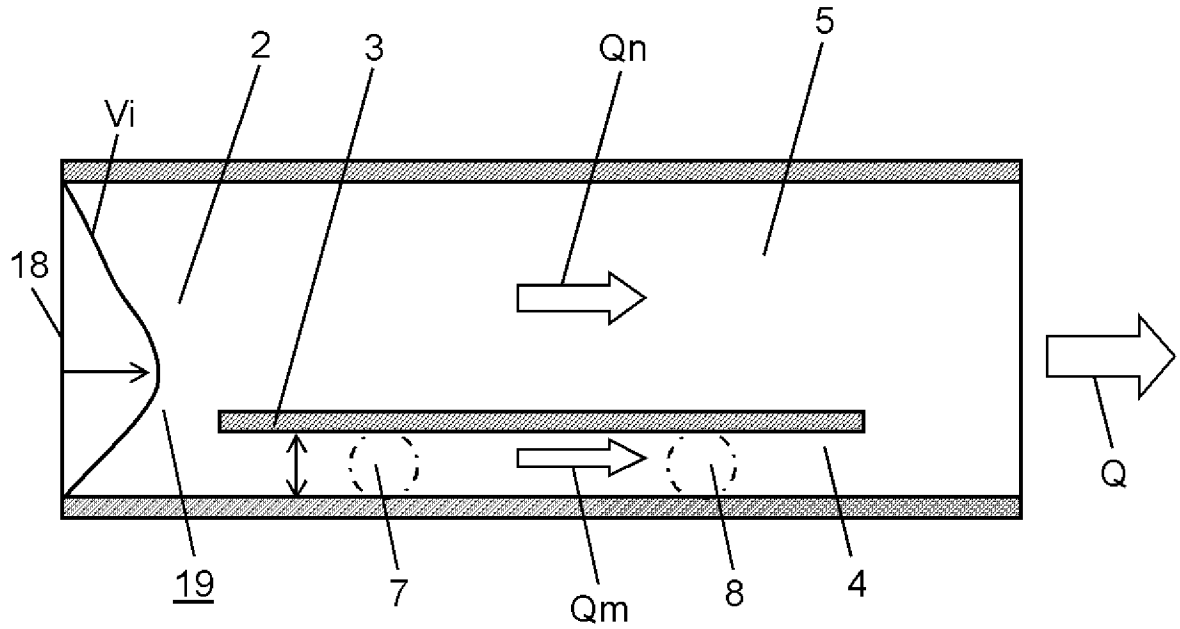
[図2]



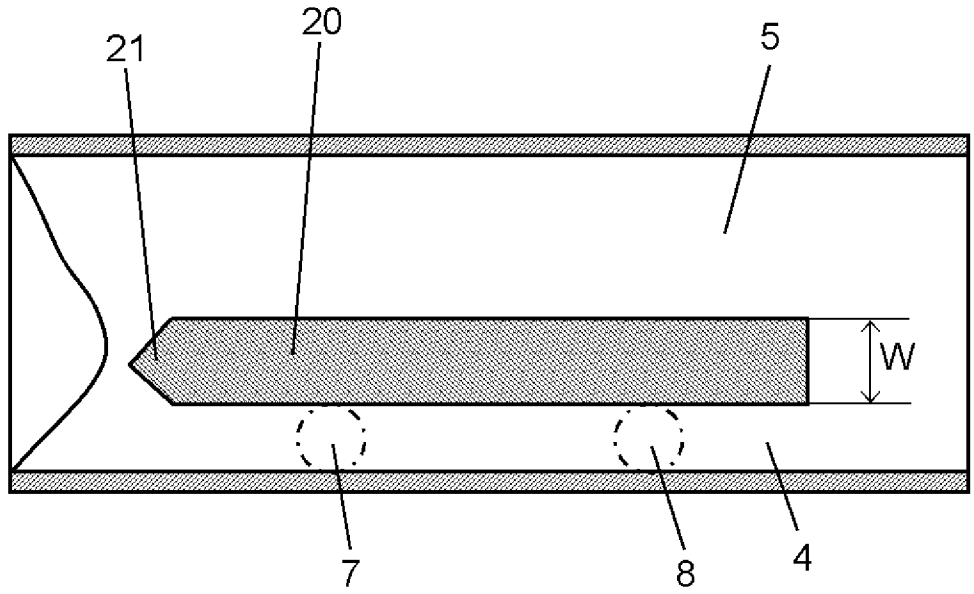
[図3]



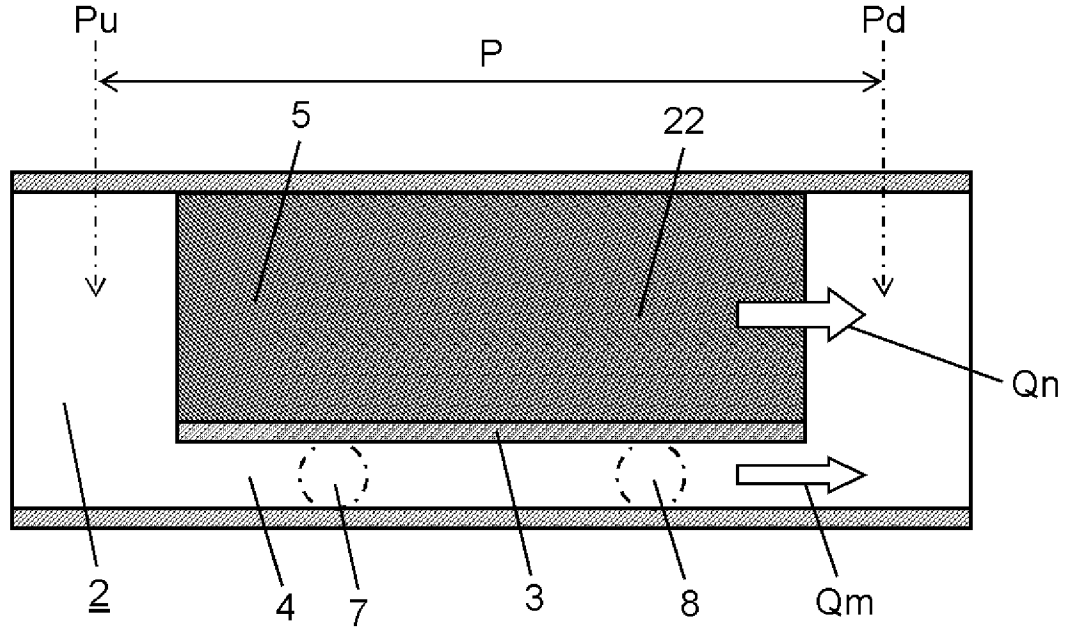
[図4]



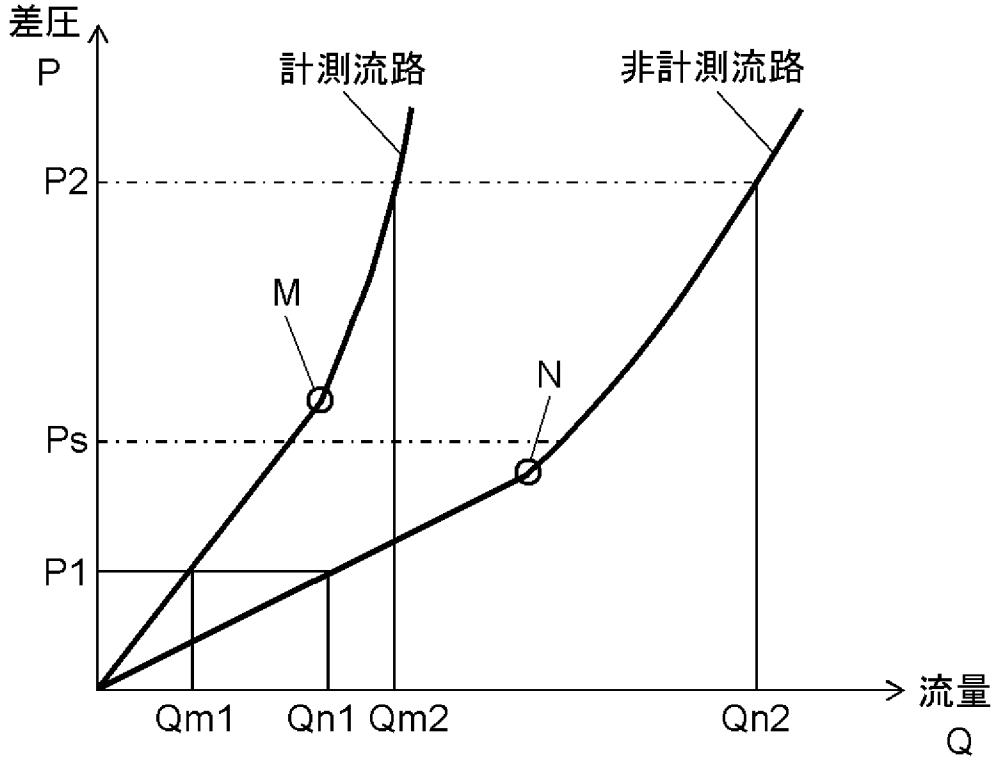
[図5]



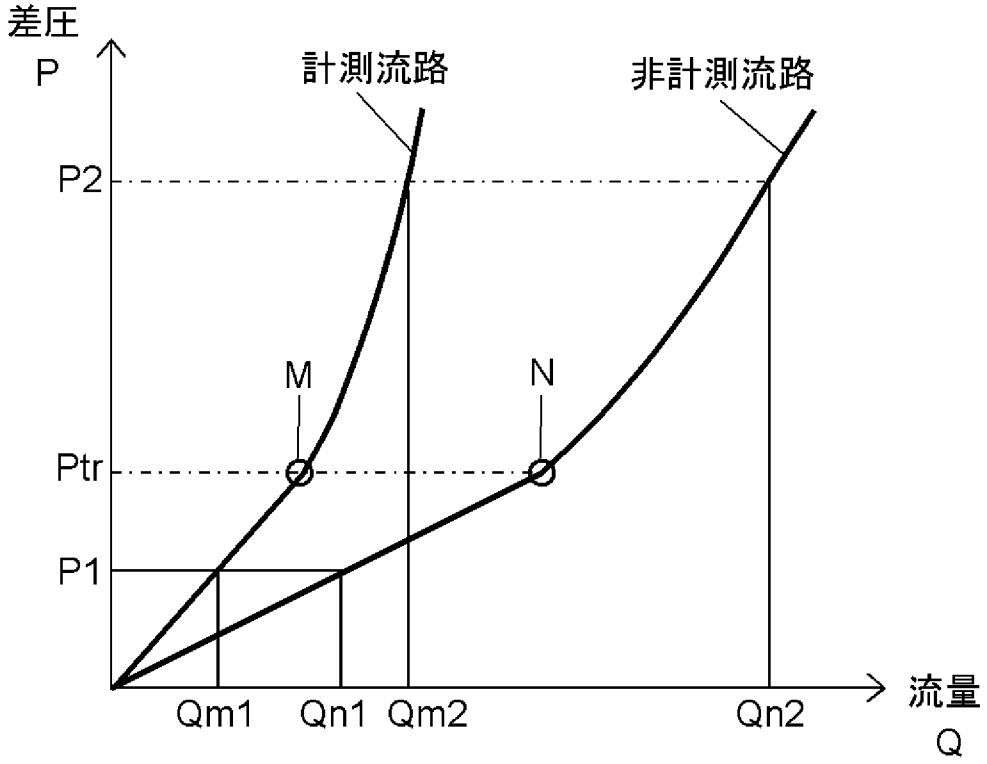
[図6]


Pu
Pd
P
5
22
Qn
2
4
7
3
8
Qm

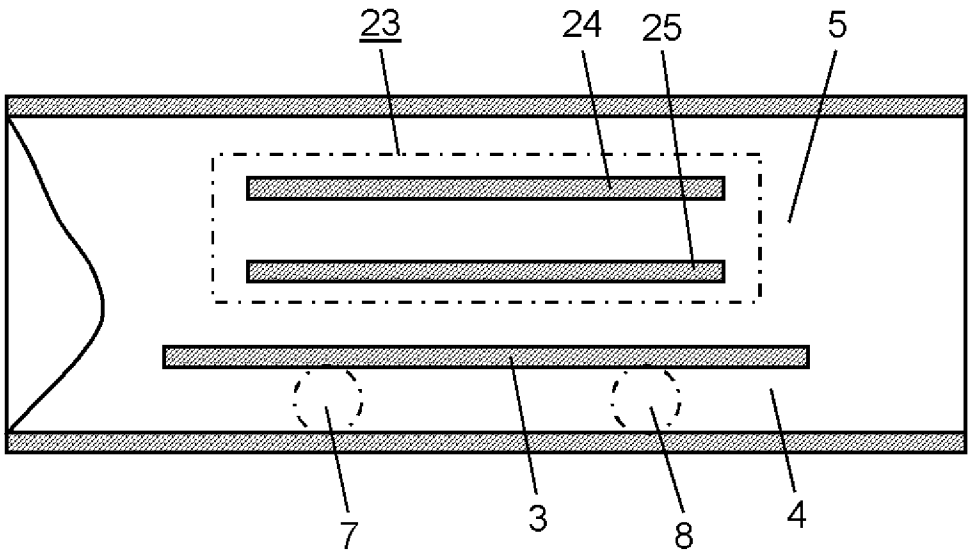
[図7A]


差圧
P
計測流路
非計測流路
P2
M
N
Ps
P1
Qm1
Qn1
Qm2
Qn2
流量
Q

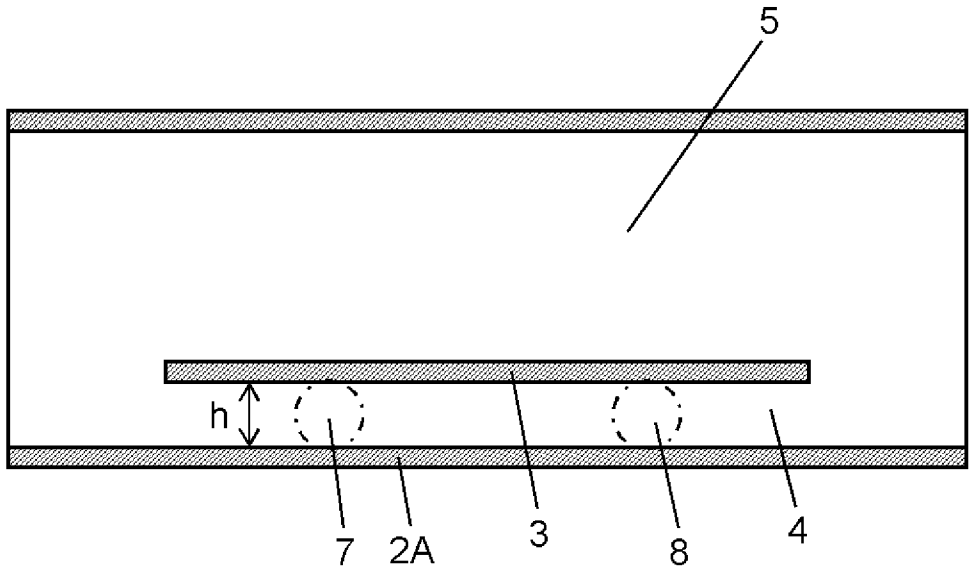
[図7B]



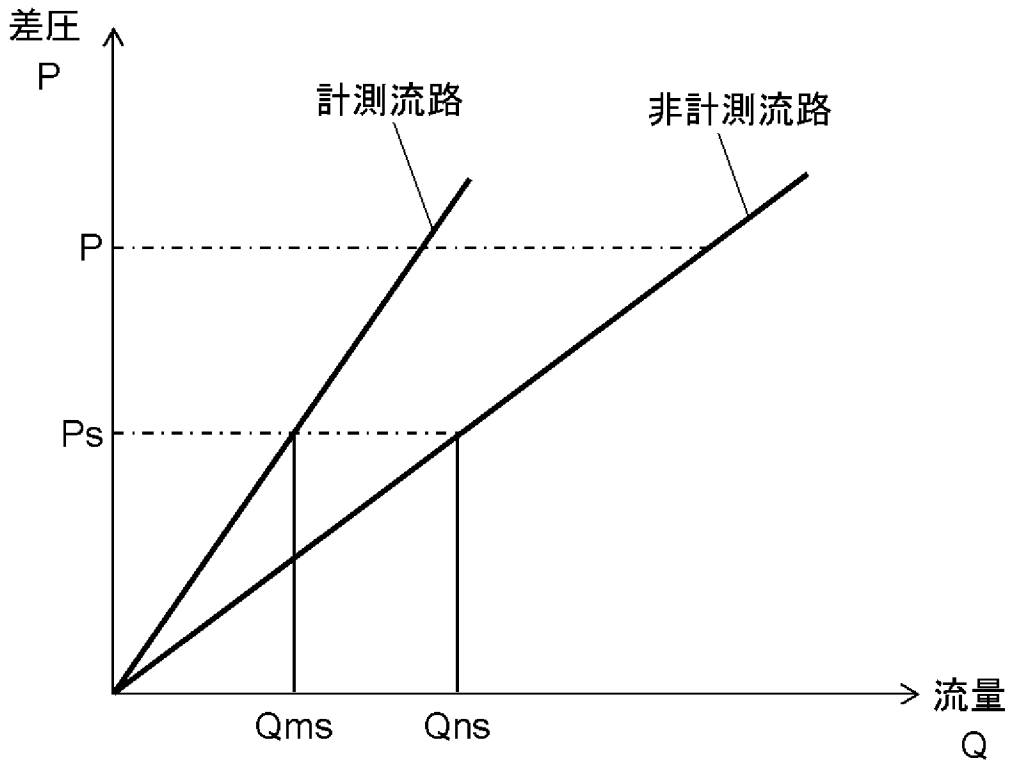
[図8]



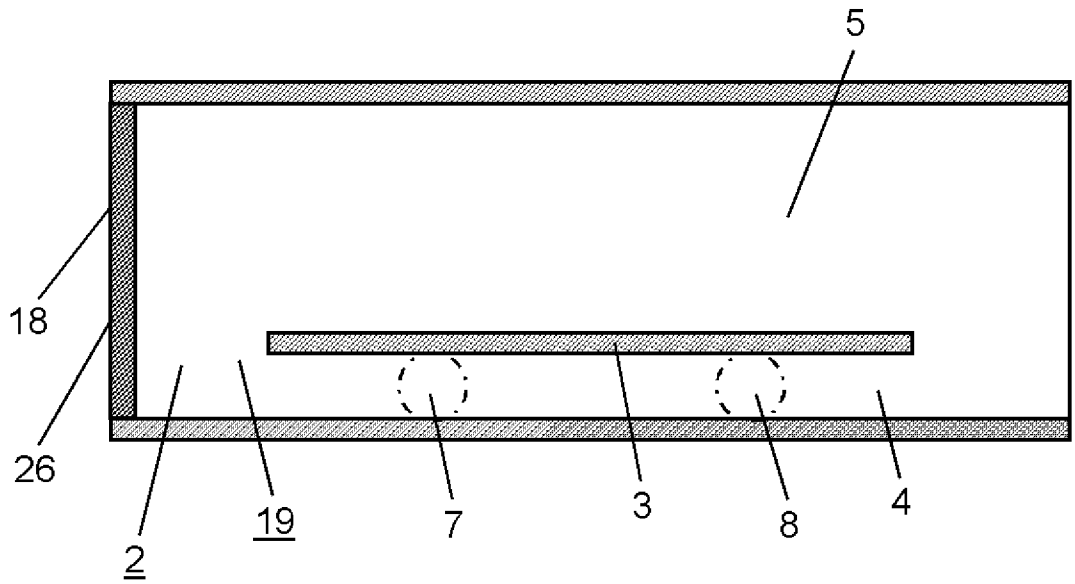
[図9]



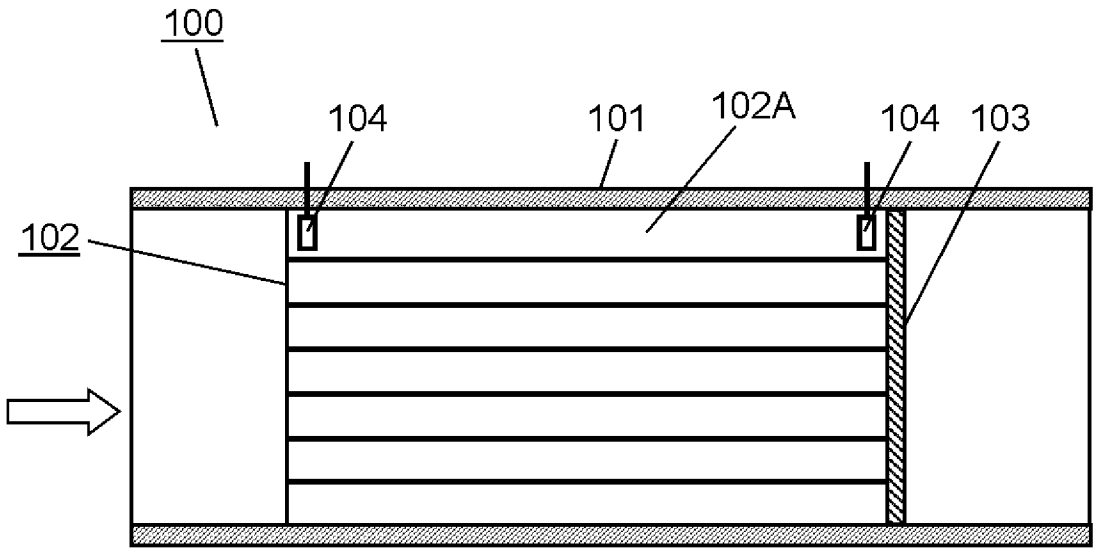
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/004423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01F1/66(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01F1/00-9/02, G01F15/00-15/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2004-251686 A (Toyo Keiki Co., Ltd.), 09 September 2004 (09.09.2004), paragraphs [0018] to [0025]; fig. 1 to 6 & CN 1523327 A	1-3,5-7 8-10 4
X Y A	JP 2003-185477 A (Yazaki Corp.), 03 July 2003 (03.07.2003), paragraphs [0022] to [0034], [0044]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-3,5-10 8-10 4
A	JP 2008-122106 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraphs [0015] to [0042]; fig. 1 to 4 & US 2010/0064821 A1 & EP 2080996 A1 & WO 2008/056745 A1 & CN 101535779 A	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 September, 2012 (25.09.12)	09 October, 2012 (09.10.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/004423

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-66068 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 25 March 2010 (25.03.2010), paragraphs [0008] to [0023]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／００４４２３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01F1/66(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01F1/00-9/02, G01F15/00-15/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	JP 2004-251686 A（東洋計器株式会社）2004.09.09, 【００１８】－【００２５】, 第１－６図 & CN 1523327 A	1-3,5-7 8-10 4
X Y A	JP 2003-185477 A（矢崎総業株式会社）2003.07.03, 【００２２】－【００３４】,【００４４】, 第１－２図（ファミリーなし）	1-3,5-10 8-10 4

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２５．０９．２０１２	０９．１０．２０１２

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｆ　９４０９
田邉　英治
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ａ	JP 2008-122106 A（松下電器産業株式会社）2008.05.29, 【００１５】－【００４２】, 第１－４図 & US 2010/0064821 A1 & EP 2080996 A1 & WO 2008/056745 A1 & CN 101535779 A	１－１０
Ａ	JP 2010-66068 A（東京瓦斯株式会社）2010.03.25, 【０００８】－【００２３】, 第１－８図（ファミリーなし）	１－１０