

(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9月6日(06.09.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/129246 A1

- (51) 国際特許分類:
G01F 1/66 (2006.01) G01F 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/054480
- (22) 国際出願日: 2013年2月22日(22.02.2013)
- (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 2012-041377 2012年2月28日(28.02.2012) JP
- (71) 出願人: アズビル株式会社 (AZBIL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1006419 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 泉 浩司 (IZUMI, Kouji); 〒1006419 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP). 新谷 知紀 (SHINTANI, Tomonori); 〒1006419 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP). 村木 浩二 (MURAKI, Kouji); 〒1006419 東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山川 政樹, 外 (YAMAKAWA, Masaki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目1-1

番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

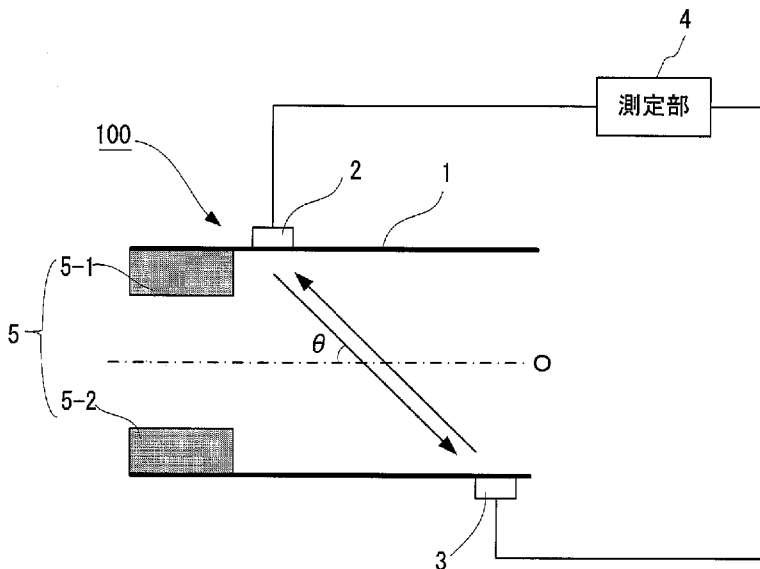
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, 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 WAVE FLUID MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 超音波流体測定装置



4 Measurement unit

(57) Abstract: In the present invention, a flow speed distribution adjustment member (5) is provided to a duct at the upstream side of a measurement tube (1). The flow speed distribution adjustment member (5) is disposed in a manner so that a portion of the shape resulting from projecting the flow speed distribution adjustment member (5) onto a cross section perpendicular to the tube axis (O) of the measurement tube (1) overlaps a portion of the contour resulting from projecting an ultrasonic wave propagation pathway onto the cross section. As a result, the flow rate distribution in the measurement tube (1) varies, the difference between the differential between the true flow speed at a turbulent region and the average flow speed measured at the ultrasonic wave propagation path and the differential at a laminar flow region becomes smaller, and the change characteristics of a flow rate correction factor approach flat change characteristics. Consequently, highly precise flow rate measurement becomes possible across a wide flow rate range without causing an increase in power consumption or a decrease in an SN

ratio.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/129246 A1



測定管（１）の上流側の管路に流速分布調整部材（５）を設ける。流速分布調整部材（５）は、測定管（１）の管軸（○）と直交する断面に流速分布調整部材（５）を投影した形状の一部が、上記断面に超音波の伝播経路を投影した軌跡の一部に重なるように配置されている。これにより、測定管（１）内における流速分布が変化し、乱流域での真の流速と超音波伝播経路で計測される平均流速との偏差と、層流域での偏差との差が小さくなり、流量補正係数の変化特性がフラットな変化特性に近づけられる。したがって、ＳＮ比の低下や消費電力を増加させることなく、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測が可能となる。

明 細 書

発明の名称：超音波流体測定装置

技術分野

[0001] この発明は、超音波を用いて流体の流量などを測定する超音波流体測定装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来より、この種の超音波流体測定装置として、超音波を用いて流体の流量を測定する超音波流量計が用いられている。この超音波流量計では、図 1 7 A および図 1 7 B に示すように、測定対象の流体が流れる測定管 1 の上流側の外周面に第 1 の超音波送受信器 2 を配置し、下流側の外周面に第 2 の超音波送受信器 3 を配置し、超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 との間の超音波の伝播時間の差に基づいて流体の流速 V を測定し、この測定した流速 V と測定管 1 の断面積 S とから $Q = V \times S$ として流体の流量を求める。

[0003] この流量 Q を求める際の演算式を下記 (1) ~ (4) 式として示す。

$$t_1 = L / (c + V \cdot \cos \theta) \quad \dots (1)$$

$$t_2 = L / (c - V \cdot \cos \theta) \quad \dots (2)$$

$$V = c^2 \cdot (t_2 - t_1) / (2 \cdot L \cdot \cos \theta) \quad \dots (3)$$

$$Q = S \cdot V \quad \dots (4)$$

[0004] 但し、上記(1)~(4)式において、 t_1 は超音波送受信器 2 から送信された超音波が超音波送受信器 3 で受信されるのに要した時間、 t_2 は超音波送受信器 3 から送信された超音波が超音波送受信器 2 で受信されるのに要した時間、 c は超音波の流体中における伝播速度、 L は超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 との相互間の距離（超音波伝播経路（パス）の距離）、 θ は測定管 1 の管軸 O に対する超音波伝播経路の傾きである。

[0005] この超音波流量計においては、超音波伝播経路上の平均流速 V' を流速 V として測定しているため、 $V' \times S$ により計算される計測流量 Q' は、真の流量 Q と若干異なる。この超音波で計測した平均流速 V' と管断面の平均流

速（真の流速） V との比 $V' / V = Q' / Q = k$ が実流校正等で予め分かっているならば、この比を流量補正係数 k として、超音波で計測された超音波伝播経路上の平均流速 V' と流量補正係数 k とから、真の流量 Q を求めることができる。

[0006] しかしながら、この流量補正係数 k には次のような特徴がある。

測定管 1 内の流体の流速分布は流量に依存して変化する。すなわち、流量が少ない場合には層流となり、流量が多い場合には乱流となる。このため、超音波伝播経路上の管内の流速分布は、流量の少ない層流域においては図 1 8 A に示すように放物状の凸型となり、流量の多い乱流域においては図 1 8 B に示すように比較的平坦な形となる。

[0007] したがって、超音波伝播経路で計測した平均流速 V' と真の流速 V との比である流量補正係数 k は、層流と乱流とで同じ値とはならない。層流域において、超音波伝播経路で計測した平均流速 V' を V_1' 、真の流速を V_1 とすると、その流量補正係数 k_1 は $k_1 = V_1' / V_1$ となる。乱流域において、超音波伝播経路で計測した平均流速 V' を V_2' 、真の流速を V_2 とすると、その流量補正係数 k_2 は $k_2 = V_2' / V_2$ となる。層流域での V_1 と V_1' との差を偏差 ΔV_1 、乱流域での V_2 と V_2' との差を偏差 ΔV_2 とすると、層流域での偏差 ΔV_1 と乱流域での偏差 ΔV_2 との差が大きいため、層流域での流量補正係数 k_1 と乱流域での流量補正係数 k_2 とは等しくならないのである（ $k_1 \neq k_2$ ）。

[0008] 図 1 9 に示すように、流量補正係数 k は、層流側で急激に変化する流量依存性をもつ。このような変化特性を示す流量補正係数 k を用いた場合、流量補正係数 k の変化量が急激に変化するところでは、流速計測の誤差がわずかであってもそれに適用される流量補正係数 k の誤差が大きく、結果として求める流量の誤差が大きくなってしまう。

[0009] そこで、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測を行うために、流量補正係数 k の変化量をできるだけ小さくすることが望まれる。すなわち、図 2 0 に示すように、層流側で急激に変化する流量依存性を持つ変化特性 I を、

比較的フラットな変化特性II（理想的には一定値）に近づけるようにすることが望まれる。

- [0010] このために、例えば特許文献1は、図21に示すように、測定管1内に組み込み部材4を設ける技術を提案している。この組み込み部材4は、星形に形成されており、その中央部を阻止面4aとし、この阻止面4aより四方に伸びるアーム4b～4eを有している。このような組み込み部材4を設けると、図22に示すように、測定管1を流れる流体が組み込み部材4を通過する際、中央部の流体の流速が阻止面4aによって減少し、周縁部の流体の流速が増加する。これにより、流速分布を層流域でも乱流域でも管中心部での目立った最大値を有しない平均化された流速分布とすることができる。つまり、層流が乱流化されるものとなり、乱流域での真の流速 V_2 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2' との偏差 ΔV_2 と、層流域での真の流速 V_1 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_1' との偏差 ΔV_1 との差が小さくなり、流量補正係数 k の変化特性がフラットな変化特性IIに近づく。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特開平3-11648号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0012] 上述した特許文献1に示された技術では、組み込み部材4を一对の超音波送受信器の間に設けている。このため、送受信器2, 3間で伝播する超音波を部分的に遮り、伝播する超音波の受信信号が減衰する。この受信信号の減衰により信号のSN比が低下し、計測精度の低下を招いてしまうという問題がある。また、SN比向上のためにセンサへの印加電圧を上げようとする、機器の消費電力の増大を招くという問題がある。
- [0013] 本発明は、このような課題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、SN比の低下や消費電力を増加させることなく、広い流量範

囲にわたって高精度の流量計測を可能とする超音波流体測定装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] このような目的を達成するために本発明は、測定対象の流体が流れる測定管と、測定管の上流側の周面に配置された第１の超音波送受信器と、測定管の下流側の周面に配置された第２の超音波送受信器と、第１の超音波送受信器および第２の超音波送受信器に接続され、第１の超音波送受信器と第２の超音波送受信器との間の超音波の伝播時間の差に基づいて流体の流速を測定する測定部と、第１の超音波送受信器よりも上流側における測定管の管路に配置され、測定管内における流体の流速の分布を調整する流速分布調整部材とを備え、流速分布調整部材は、測定管の管軸と直交する断面に流速分布調整部材を投影した形状の一部が、測定管の管軸と直交する断面に超音波の伝播経路を投影した軌跡の一部に重なるように配置されている。

発明の効果

[0015] 本発明では、第１および第２の超音波送受信器よりも上流側に流速分布調整部材が配置されている。このため、第１の超音波送受信器と第２の超音波送受信器との間の超音波の伝播が、流速分布調整部材により妨げられることはない。

また、測定管の管軸と直交する断面に流速分布調整部材を投影した形状の一部が、測定管の管軸と直交する断面に超音波の伝播経路を投影した軌跡の一部に重なるように、流速分布調整部材が配置されている。測定管内の一断面において流速分布調整部材が存在する領域の下流では流体の流速が減少し、流速分布調整部材が存在しない領域の下流では流体の流速が増加し、これにより超音波伝播経路上の流速分布が変化する。

したがって、本発明によれば、ＳＮ比の低下や消費電力を増大させることなく、乱流域から層流域にわたって流量補正係数の変化特性をフラットな変化特性に近づけるようにして、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測が可能となる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1A-B]図 1 A および図 1 B は、本発明の一実施の形態である超音波流量計を示す模式図である。

[図2A]図 2 A は、流速分布調整部材がなく乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図2B]図 2 B は、流速分布調整部材があり乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図3A]図 3 A は、流速分布調整部材がなく層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図3B]図 3 B は、流速分布調整部材があり層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図4]図 4 は、流速分布調整部材がない場合とある場合についての流量補正係数の変化特性を示す図である。

[図5]図 5 は、流速分布調整部材の変形例を示す図である。

[図6]図 6 は、流速分布調整部材の変形例を示す図である。

[図7]図 7 は、流速分布調整部材の変形例を示す図である。

[図8]図 8 は、流速分布調整部材の変形例を示す斜視図である。

[図9A-E]図 9 A ～図 9 E は、流速分布調整部材の変形例を示す斜視図である。

[図10]図 1 0 は、本発明の実施例 1 である超音波流量計を示す斜視図である。

[図11]図 1 1 は、図 1 0 に示す超音波流量計を流速分布調整部材が嵌め込まれた側からみた正面図である。

[図12A]図 1 2 A は、流速分布調整部材がなく乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図12B]図 1 2 B は、流速分布調整部材があり乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図13A]図 1 3 A は、流速分布調整部材がなく層流の場合における測定管内の

流速分布を示す図である。

[図13B]図 1 3 B は、流速分布調整部材があり層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図14]図 1 4 は、本発明の実施例 2 である超音波流量計を流速分布調整部材が嵌め込まれた側からみた正面図である。

[図15A]図 1 5 A は、流速分布調整部材がなく乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図15B]図 1 5 B は、流速分布調整部材があり乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図16A]図 1 6 A は、流速分布調整部材がなく層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図16B]図 1 6 B は、流速分布調整部材があり層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図17A-B]図 1 7 A および図 1 7 B は、従来の超音波流量計を示す模式図である。

[図18A]図 1 8 A は、層流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図18B]図 1 8 B は、乱流の場合における測定管内の流速分布を示す図である。

[図19]図 1 9 は、流量補正係数の変化特性を示す図である。

[図20]図 2 0 は、望ましい流量補正係数の変化特性を示す図である。

[図21]図 2 1 は、特許文献 1 に示された星形の組み込み部材を示す図である。

[図22]図 2 2 は、星形の組み込み部材を設けた場合の測定管内の速度分布の変化を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0018] 図 1 A および図 1 B は、本発明の超音波流体測定装置の一実施の形態であ

る超音波流量計を示す模式図である。特に、図 1 A は測定管の管軸に平行な断面を示し、図 1 B は測定管の管軸と直交する断面を示している。図 1 A および図 1 B において、図 1 7 A および図 1 7 B と同一符号は図 1 7 A および図 1 7 B を参照して説明した構成要素と同一または同等構成要素を示し、その説明は省略する。

[0019] 図 1 A および図 1 B に示す超音波流量計 1 0 0 では、測定対象の流体が流れる測定管 1 の上流側の外周面に第 1 の超音波送受信器 2 が配置され、測定管 1 の下流側の外周面に第 2 の超音波送受信器 3 が配置されている。超音波送受信器 2 および超音波送受信器 3 には、超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 との間の超音波の伝播時間の差に基づいて流体の流速 V を測定し、流速 V と測定管 1 の断面積 S とから $Q = V \times S$ として流体の流量を求める測定部 4 が接続されている。

[0020] この超音波流量計 1 0 0 では、測定管 1 の上流側の管路（第 1 の超音波送受信器 2 よりも上流側の管路）に、測定管 1 内における流体の流速の分布を調整する流速分布調整部材 5 を設けている。この流速分布調整部材 5 は、測定管 1 の内周面の上側に位置する第 1 の直方体状の部材 5 - 1 と、測定管 1 の内周面の下側に位置する第 2 の直方体状の部材 5 - 2 とからなり、その長手方向を測定管 1 の管軸 O の方向として配置されている。

[0021] 流速分布調整部材 5 は、測定管 1 の管軸 O と直交する断面に部材 5 - 1, 5 - 2 を投影した形状の一部が、測定管 1 の管軸 O と直交する断面に超音波の伝播経路を投影した軌跡の一部に重なるように配置されている。すなわち、測定管 1 の管軸 O と平行な方向からみたとき、流速分布調整部材 5 の一部が超音波の伝播経路の一部と重なるように、流速分布調整部材 5 が配置されている。

[0022] 図 2 A および図 2 B に、流速分布調整部材 5 がいない場合とある場合について、乱流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図 2 A は流速分布調整部材 5 がいない場合を示し、図 2 B は流速分布調整部材 5 がある場合を示す。この図を比較して分かるように、この超音波流量計 1 0 0

では、測定管 1 を流れる流体が流速分布調整部材 5 を通過する際、流速分布調整部材 5 の部材形状がある部分の後の流体の流速は減少し、部材形状が無い部分の後の流体の流速は増加する。しかし、乱流域では、流速分布調整部材 5 がある場合と無い場合とで、超音波伝播経路上で計測される平均流速 V_2' はあまり変化しない。

[0023] 図 3 A および図 3 B に、流速分布調整部材 5 がない場合とある場合について、層流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図 3 A は流速分布調整部材 5 がある場合を示し、図 3 B は流速分布調整部材 5 がない場合を示す。この図を比較して分かるように、この超音波流量計 100 では、測定管 1 を流れる流体が流速分布調整部材 5 を通過する際、流速分布調整部材 5 の部材形状がある部分の後の流体の流速は減少し、部材形状が無い部分の後の流体の流速は増加する。層流域の場合、流速分布調整部材 5 がある場合と無い場合とで、超音波伝播経路上で計測される平均流速 V_1' は大きく変化する。

[0024] この超音波流量計 100 では、流速分布調整部材 5 を設けることにより、図 2 B および図 3 B に示されるように、乱流域での真の流速 V_2 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2 との偏差 ΔV_2 と、層流域での真の流速 V_1 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_1' との偏差 ΔV_1 との差が小さくなる。これにより、図 4 に示されるように、流量補正係数 k の変化特性がフラットな変化特性 II に近づき、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測が可能となる。なお、図 4 において、「I」は流速分布調整部材 5 がない場合の変化特性、「II」は流速分布調整部材 5 がある場合の変化特性 II をそれぞれ示している。

[0025] なお、この実施の形態では、流速分布調整部材 5 として、直方体状の部材 5-1 と 5-2 を測定管 1 内の上下に設けるようにした。しかし、図 5 に示すように、同様の直方体状の部材 5-3 と 5-4 を測定管 1 内の左右にも設けるようにしてもよい。また、図 6 に示すように、流速分布調整部材として、リング状の部材 6 を設けるようにしてもよい。さらに、図 7 に示すように

、流速分布調整部材として、測定管 1 の管軸 O の方向に多数の貫通孔 6 a が形成されたリング状の部材 6 を設けるようにしてもよい。

[0026] また、図 8 に示すように、内側の環状部材 7-1 と、外側の環状部材 7-2 と、多数のリブ（連結部材） 7-3 とからなる部材 7 を流速分布調整部材として用いるようにしてもよい。外側の環状部材 7-2 は、測定管 1 の内面と接触する部材である。内側の環状部材 7-1 は、外側の環状部材 7-2 の内面と離間して、外側の環状部材 7-2 と同軸に配置される。リブ 7-3 は、内側の環状部材 7-1 と外側の環状部材 7-2 とを連結することによって、内側の環状部材 7-1 と外側の環状部材 7-2 との間の空間を複数の空間 7 c に分割する。

[0027] 言い換えると、流速分布調整部材 7（7 A）は、測定管 1 の管軸 O と直交する断面の形状が、測定管 1 の中央部と周縁部とを分割する内側環状面 7 a（内側の環状部材 7-1）と、測定管 1 の周縁部を取り囲む外側環状面 7 b（外側の環状部材 7-2）と、内側環状面 7 a と外側環状面 7 b とで囲まれた空間を複数の空間 7 c に分割する連結面 7 d（リブ 7-3）とを有する形状とされている。内側環状面 7 a、外側環状面 7 b および連結面 7 d は、測定管 1 の管軸 O の方向に所定の長さを有する形状とされている。

[0028] この流速分布調整部材 7 A を用いた超音波流量計 100 では、測定管 1 を流れる流体が流速分布調整部材 7 A を通過する際、内側環状面 7 a の内径 $\phi 1$ の空間 7 e と、連結面 7 d によって分割された内側環状面 7 a と外側環状面 7 b との間の複数の空間（分割空間） 7 c を通過する。この内側環状面 7 a の内径 $\phi 1$ の空間 7 e と分割空間 7 c は管軸 O の方向に長さを有する。この内側環状面 7 a の内径 $\phi 1$ の空間 7 e の管軸 O の方向へ延びる通路（内側通路） 7 f と分割空間 7 c の管軸 O の方向へ延びる通路（外側通路） 7 g とを流体が通過する際、流体の管半径方向の速度成分が取り除かれ、その流体の流れが同一方向に規制（整流）される。

[0029] なお、流速分布調整部材 7 の変形例として、図 9 A に示すような分割空間 7 c の数を少なくして例えば 3 つとした流速分布調整部材 7 B、図 9 B に示

すような分割空間 7 c の数を多くして例えば 12 個とした流速分布調整部材 7 C、図 9 C 示すような分割空間 7 c の大きさを変えた流速分布調整部材 7 D などが考えられる。また、図 9 D に示すような外側の環状部材 7-2 の長さを内側の環状部材 7-1 よりも長くした流速分布調整部材 7 E、図 9 E に示すような内側の環状部材 7-1 の長さを外側の環状部材 7-2 よりも長くした流速分布調整部材 7 F などとも考えられる。

[0030] 測定管 1 内の一断面において流速分布調整部材 5 が存在する領域の下流では、流体の流速が減少する。一方、流速分布調整部材 5 が存在しない領域の下流では、流体の流速が増加する。これにより流速分布が変化するため、流体の流量が同じでも、超音波伝播経路で計測される流速 V' が変化する。

[0031] そこで、乱流域での真の流速 V_2 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2' との偏差 ΔV_2 と、層流域での真の流速 V_1 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_1' との偏差 ΔV_1 との差ができるだけ小さくなるように流速分布調整部材 5 の形状を決めれば、乱流域から層流域にわたる流量補正係数 k の特性変化をフラットな特性 II に近づけることができる。

[0032] [実施例 1]

図 10 に、流速分布調整部材 7 A を用いた超音波流量計を実施例 1 として示す。この超音波流量計 200 では、測定管 1 の入口側の管路 1-1 に流速分布調整部材 7 A を着脱可能に嵌め込んでいる。なお、出口側の管路 1-2 を入口側として使用する場合には、出口側の管路 1-2 に流速分布調整部材 7 A に嵌め込むようにする。

[0033] また、この超音波流量計 200 では、超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 との間の超音波の伝播経路（超音波伝播経路）8 を測定管 1 の管軸 O と直交する断面に投影した軌跡が、図 11 に示す三角形となるように、超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 を測定管 1 の外周面に配置している。この場合、超音波送受信器 2 と超音波送受信器 3 との間の超音波伝播経路 8 は、測定管 1 の管軸に対して傾きを有し、かつ、測定管 1 の内周面において 2 点の反射点を有するものとなる。

[0034] この反射点を２点とする超音波伝播経路８は、トライアングルパスとしてすでに既知の技術であり、流路断面のほぼ全域に対し超音波が通るように伝播経路を流路内に通すことにより、偏りがある流れに対しても偏りをうまく平均化し、精度良く流量を計測することができる手法として知られている。

[0035] 図１２Ａおよび図１２Ｂに、流速分布調整部材７Ａがない場合とある場合について、乱流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図１２Ａは流速分布調整部材７Ａがない場合を示し、図１２Ｂは流速分布調整部材７Ａがある場合を示す。この図を比較して分かるように、この超音波流量計２００では、測定管１を流れる流体が流速分布調整部材７Ａを通過する際、超音波伝播経路８の三角形の軌跡の各辺において、その中央部の流速の減少量が両端部の流速の減少量よりも大きい速度分布となる。しかし、乱流域の場合、後述する層流域の場合と比較して、中央部の流速の減少量は小さい。このため、乱流域では、超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2' があまり変化しない。

[0036] 図１３Ａおよび図１３Ｂに、流速分布調整部材７Ａがない場合とある場合について、層流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図１３Ａは流速分布調整部材７Ａがない場合を示し、図１３Ｂは流速分布調整部材７Ａがある場合を示す。この図を比較して分かるように、この超音波流量計２００では、測定管１を流れる流体が流速分布調整部材７Ａを通過する際、超音波伝播経路８の三角形の軌跡の各辺において、その中央部の流速の減少量が両端部の流速の減少量よりも大きい速度分布となる。層流域の場合、前述した乱流域の場合と比較して、中央部の流速の減少量が多い。このため、層流域では、超音波伝播経路で計測される平均流速 V_1' が大きく変化することになる。

[0037] この超音波流量計２００では、流速分布調整部材７Ａを設けることにより、図１２Ｂおよび図１３Ｂに示されるように、乱流域での真の流速 V_2 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2 との偏差 ΔV_2 と、層流域での真の流速 V_1 と超音波伝播経路で計測される平均流速 V_1' との偏差 ΔV_1 との

差が小さくなる。これにより、流量補正係数 k の変化特性がフラットな変化特性II（図4参照）に近づき、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測が可能となる。また、流速分布調整部材7Aを流体が通過する際、内側通路7fと外側通路7gによってその流体の流れが整流されるので、高精度の流量計測が可能となる。

[0038] 〔実施例2〕

図14に、流速分布調整部材7Gを用いた超音波流量計を実施例2として示す。この流速分布調整部材7Gでは、トライアングルパスの三角形の軌跡の各コーナ部に重なるよう断面Y字状の凸状壁71～73を設けている。すなわち、凸状壁71～73は、測定管1の管軸Oの方向からみたとき、超音波伝播経路の反射点と重なる位置に配置される。凸状壁71～73の管軸Oと直交する断面の形状は、Y字状でもV字状でもよい。凸状壁71～73は測定管1の管軸Oの方向に長さを有している。

[0039] 図15Aおよび図15Bに、流速分布調整部材7Gがない場合とある場合について、乱流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図15Aは流速分布調整部材7Gがない場合を示し、図15Bは流速分布調整部材7Gがある場合を示す。この図を比較して分かるように、断面Y字状の凸状壁71～73を設けた場合、測定管1を流れる流体が流速分布調整部材7Gを通過する際、超音波伝播経路8の三角形の軌跡の各辺において、その両端部の流速の減少量が中央部の流速の減少量よりも大きい速度分布となる。しかし、乱流域の場合、後述する層流域の場合と比較して、両端部の流速の減少量は小さい。これにより、乱流域では、超音波伝播経路で計測される平均流速 V_2' があまり変化しない。

[0040] 図16Aおよび図16Bに、流速分布調整部材7Gがない場合とある場合について、層流の場合の超音波伝播経路上の管内の流速分布を比較して示す。図16Aは流速分布調整部材7Gがない場合を示し、図16Bは流速分布調整部材7Gがある場合を示す。この図を比較して分かるように、断面Y字状の凸状壁71～73を設けた場合、測定管1を流れる流体が流速分布調整

部材 7 G を通過する際、超音波伝播経路 8 の三角形の軌跡の各辺において、その両端部の流速の減少量が中央部の流速の減少量よりも大きい速度分布となる。層流域の場合、前述した乱流域の場合と比較して、両端部の流速の減少量が大きい。このため、層流域では、超音波伝播経路で計測される平均流速 $V 1'$ が大きく変化することになる。

[0041] したがって、流速分布調整部材 7 A を設けた場合と同様に、乱流域での真の流速 $V 2$ と超音波伝播経路で計測される平均流速 $V 2$ との偏差 $\Delta V 2$ と、層流域での真の流速 $V 1$ と超音波伝播経路で計測される平均流速 $V 1'$ との偏差 $\Delta V 1$ との差が小さくなる。これにより、流量補正係数 k の変化特性がフラットな変化特性 II (図 4 参照) に近づき、広い流量範囲にわたって高精度の流量計測を可能となる。

[0042] なお、実施例 1, 2 では、測定管 1 の管軸 O と直交する断面に超音波伝播経路 8 を投影した軌跡を三角形としたが、三角形に限られるものではなく、例えば四角形、五角形などの多角形としてもよい。四角形とした場合、測定管 1 の内周面における反射点は 3 点となり、五角形とした場合、測定管 1 の内周面における反射点は 4 点となる。

[0043] また、流速分布調整部材 7 (7 A ~ 7 G) は、必ずしも測定管 1 に着脱可能に設けるようにしなくてもよく、固定するようにしてもよい。また、測定管 1 に一体的に作り込むようにしてもよい。流速分布調整部材 7 (7 A ~ 7 G) を着脱可能とすることにより、メンテナンスが容易となり、ごみなどの異物が詰まった場合、簡単に除去することが可能となる。

[0044] また、以上では、測定した流体の流速から流量を求める超音波流量計を例にとって説明したが、流体の流速そのものを求める超音波流速計、流量から熱量を求める超音波熱量計などでも同様の構成を採用できることは言うまでもない。

[0045] [実施の形態の拡張]

本発明は上記の実施の形態および実施例に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の技術思想の範囲内で当業者が理解し得る様々

な変更をすることができる。また、各実施の形態および実施例については、矛盾しない範囲で任意に組み合わせて実施することができる。

符号の説明

[0046] 1…測定管、O…管軸、2…第1の超音波送受信器、3…第2の超音波送受信器、4…測定部、5, 6, 7 (7A~7G) …流速分布調整部材、7-1…内側の環状部材、7-2…外側の環状部材、7-3…リブ、7a…内側環状面、7b…外側環状面、7c…分割空間、7d…連結面、7e…内径φ1の空間、7f…内側通路、7g…外側通路、8…超音波伝播経路。

請求の範囲

- [請求項1] 測定対象の流体が流れる測定管と、
前記測定管の上流側の周面に配置された第1の超音波送受信器と、
前記測定管の下流側の周面に配置された第2の超音波送受信器と、
前記第1の超音波送受信器および前記第2の超音波送受信器に接続され、前記第1の超音波送受信器と前記第2の超音波送受信器との間の超音波の伝播時間の差に基づいて前記流体の流速を測定する測定部と、
前記第1の超音波送受信器よりも上流側における前記測定管の管路に配置され、前記測定管内における前記流体の流速の分布を調整する流速分布調整部材とを備え、
前記流速分布調整部材は、前記測定管の管軸と直交する断面に前記流速分布調整部材を投影した形状の一部が、前記測定管の管軸と直交する断面に前記超音波の伝播経路を投影した軌跡の一部に重なるように配置されている
超音波流体測定装置。
- [請求項2] 前記超音波の伝播経路は、前記測定管の管軸に対して傾きを有し、かつ、前記測定管の内面に少なくとも2点の反射点を有する
請求項1に記載された超音波流体測定装置。
- [請求項3] 前記流速分布調整部材は、
前記測定管の中央部と周縁部とを分割する内側環状部材と、
前記測定管の周縁部を取り囲む外側環状部材と、
前記内側環状部材と前記外側環状部材とを連結することによって、前記内側環状面と前記外側環状面との間の空間を複数の空間に分割する連結部材とを含む
請求項1に記載された超音波流体測定装置。
- [請求項4] 前記測定管の管軸と直交する断面に前記超音波の伝播経路を投影した軌跡が多角形である

請求項 1 に記載された超音波流体測定装置。

[請求項5] 前記多角形は、三角形である

請求項 4 に記載された超音波流体測定装置。

[請求項6] 前記流速分布調整部材は、直方体状の部材からなる

請求項 1 に記載された超音波流体測定装置。

[請求項7] 前記流速分布調整部材は、リング状の部材からなる

請求項 1 に記載された超音波流体測定装置。

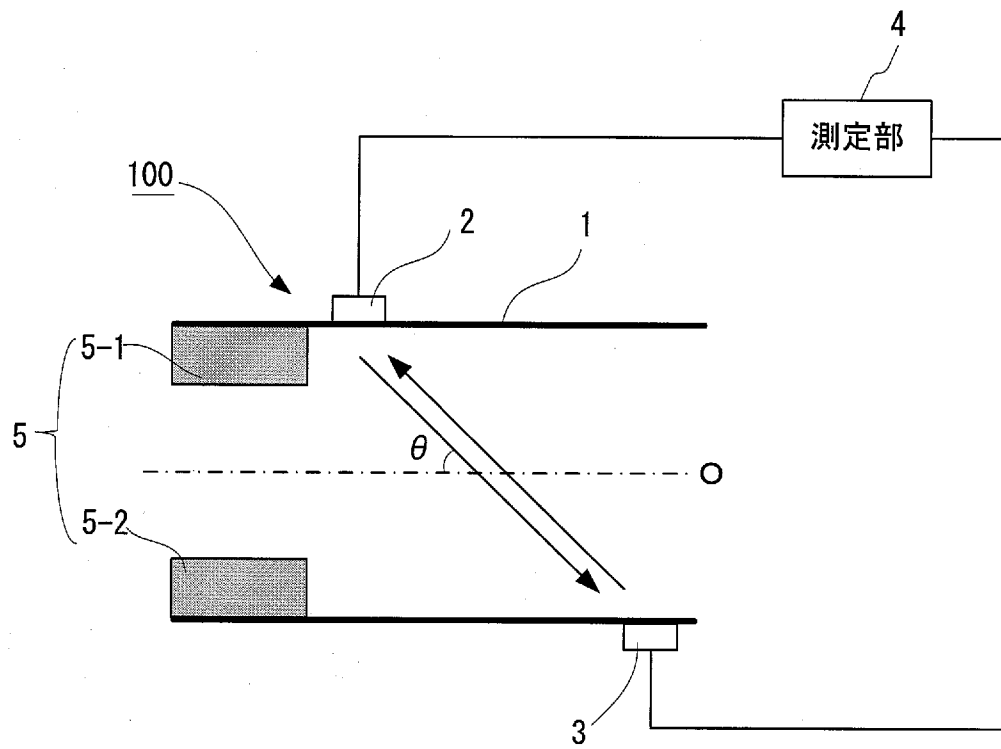
[請求項8] 前記リング状の部材は、前記測定管の管軸方向に形成された複数の貫通孔を含む

請求項 7 に記載された超音波流体測定装置。

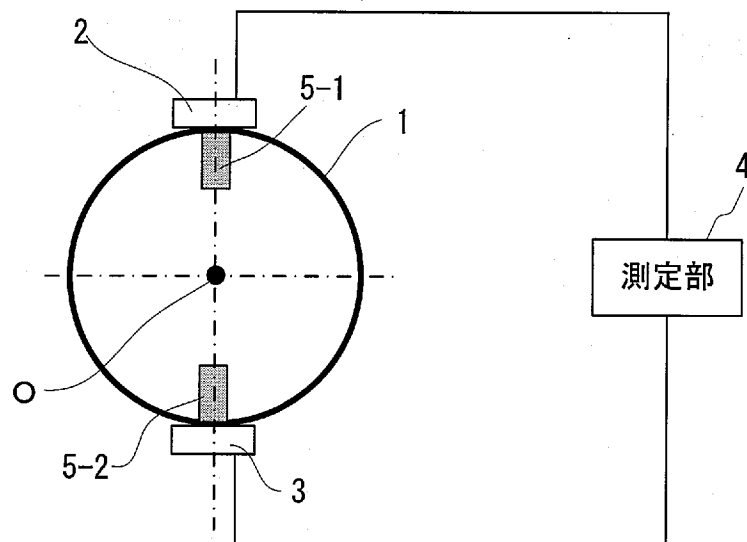
[請求項9] 前記流速分布調整部材は、前記測定管の管軸方向からみたとき、前記超音波の伝播経路の反射点と重なる位置に配置され、かつ、前記測定管の管軸と直交する断面が Y 字状または V 字状をした複数の部材からなる

請求項 1 に記載された超音波流体測定装置。

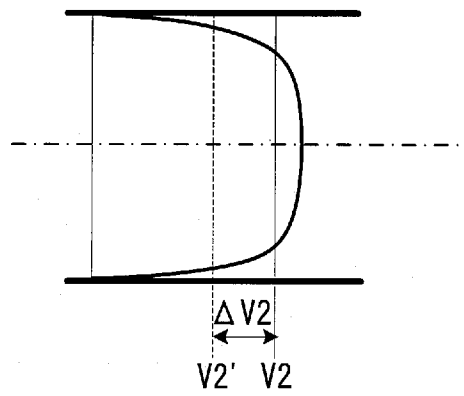
[図1A]



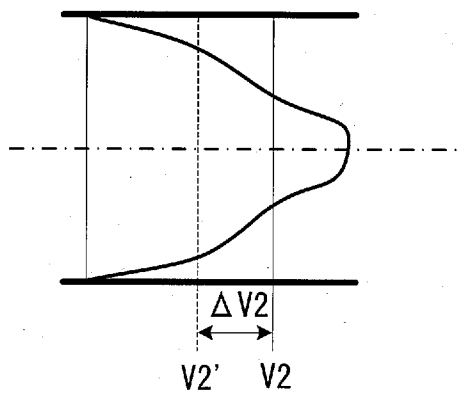
[図1B]



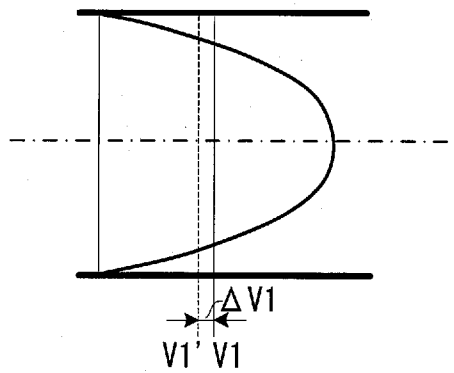
[図2A]



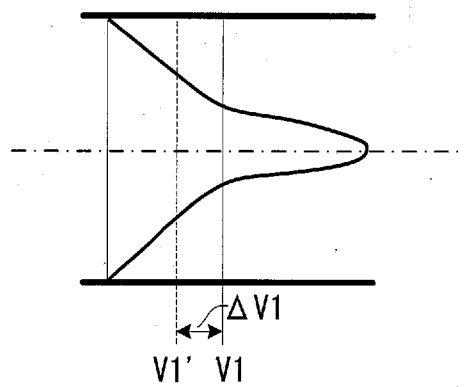
[図2B]



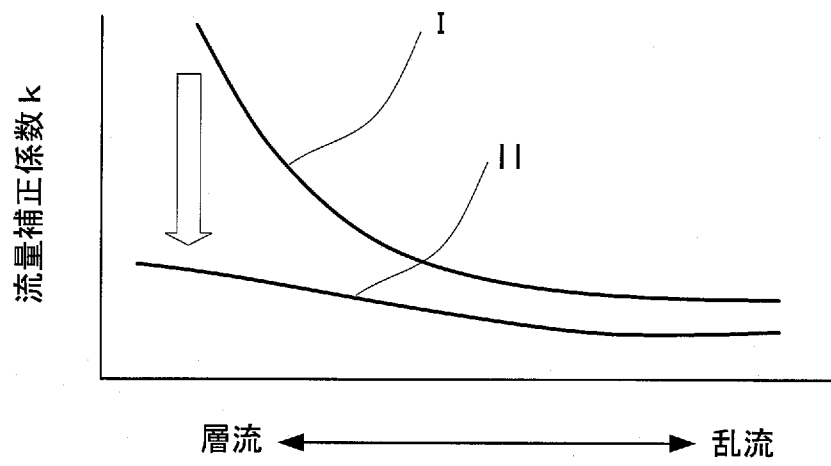
[図3A]



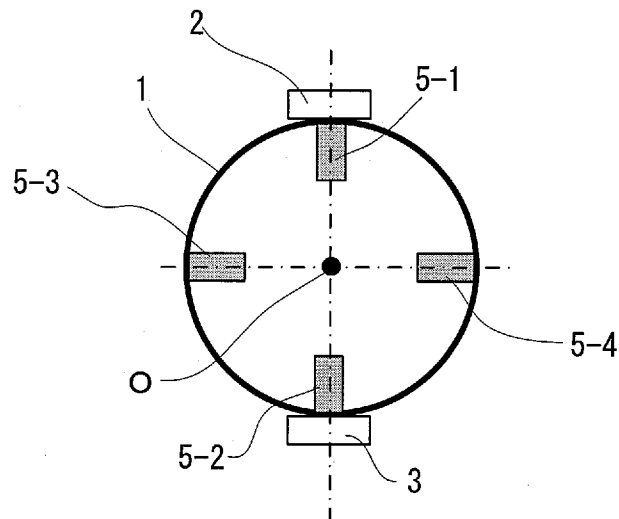
[図3B]



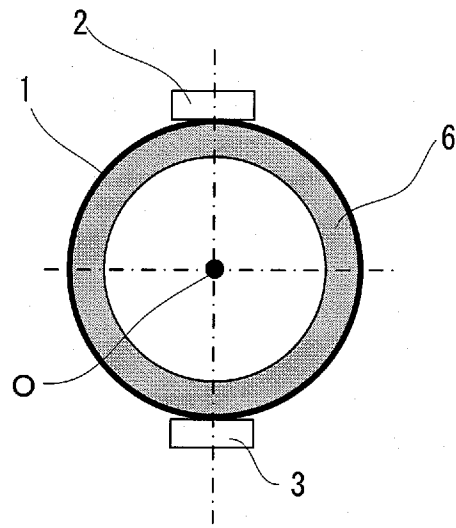
[図4]



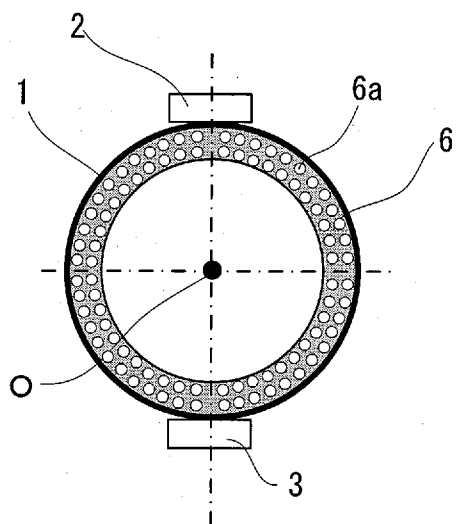
[図5]



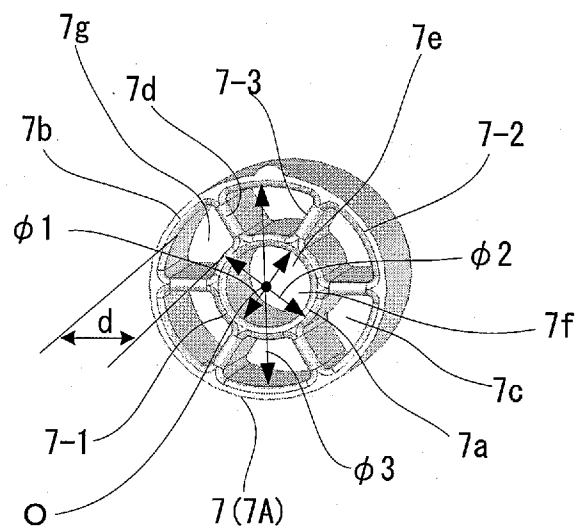
[図6]



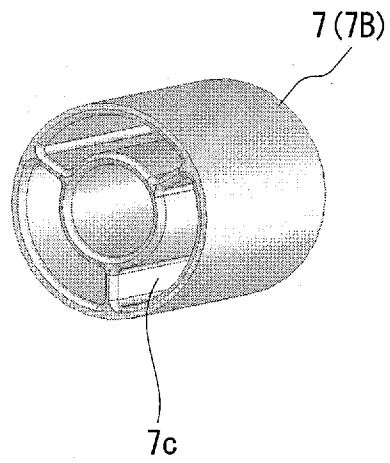
[図7]



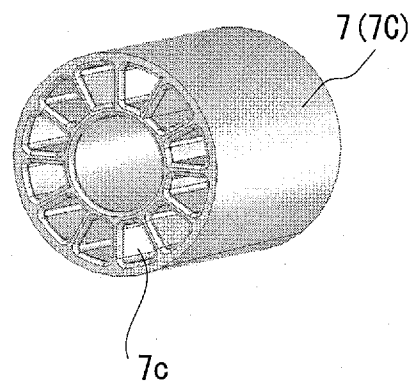
[図8]



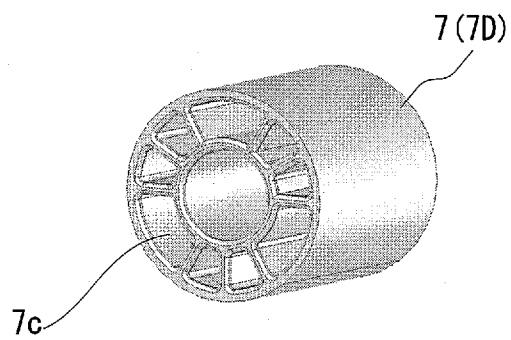
[図9A]



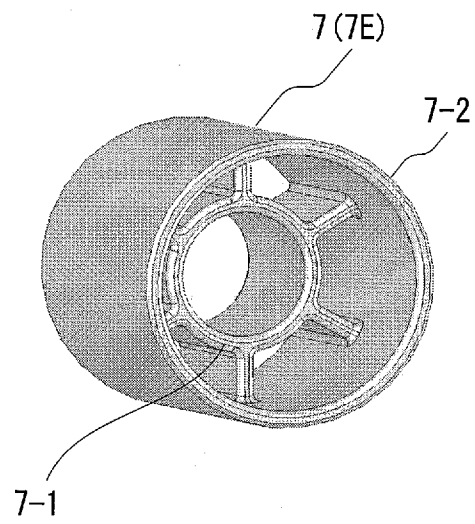
[図9B]



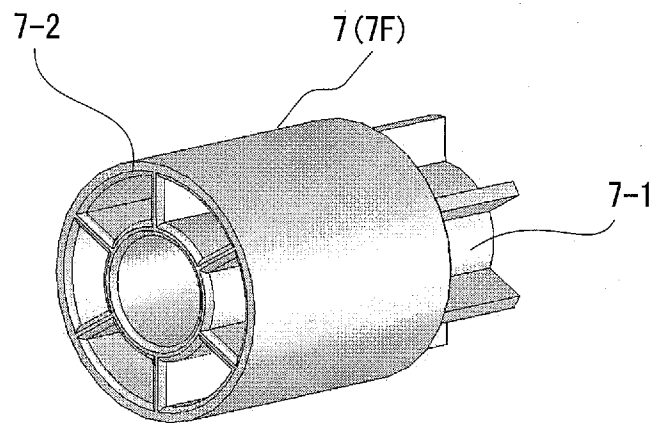
[図9C]



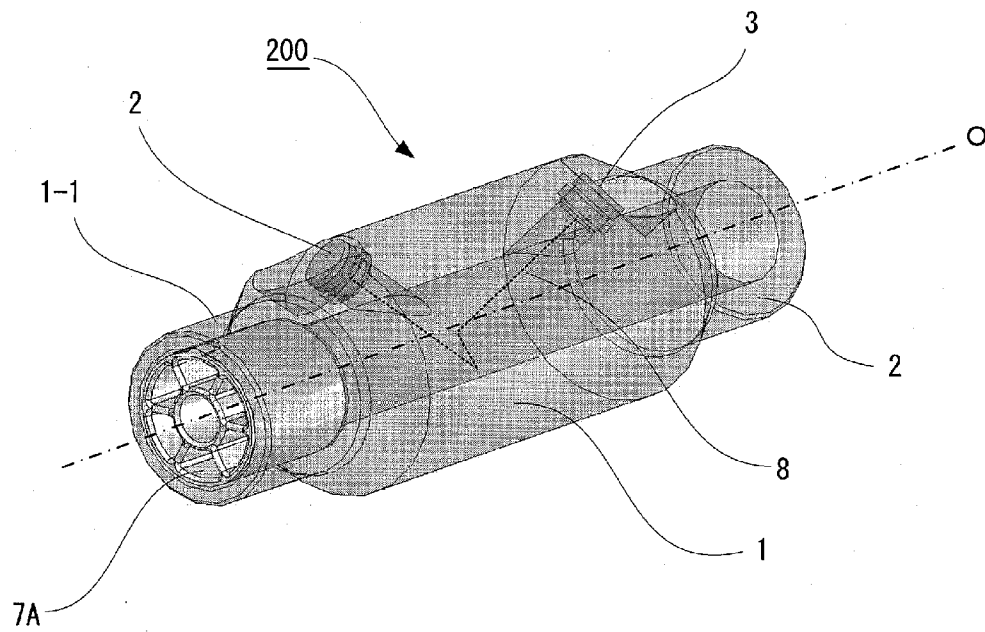
[図9D]



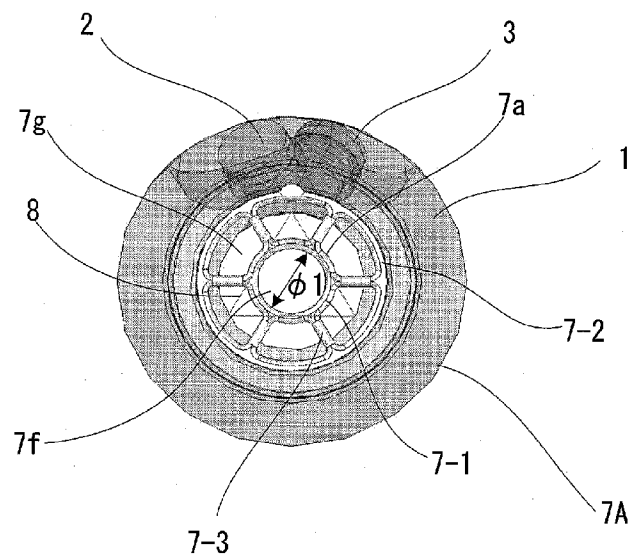
[図9E]



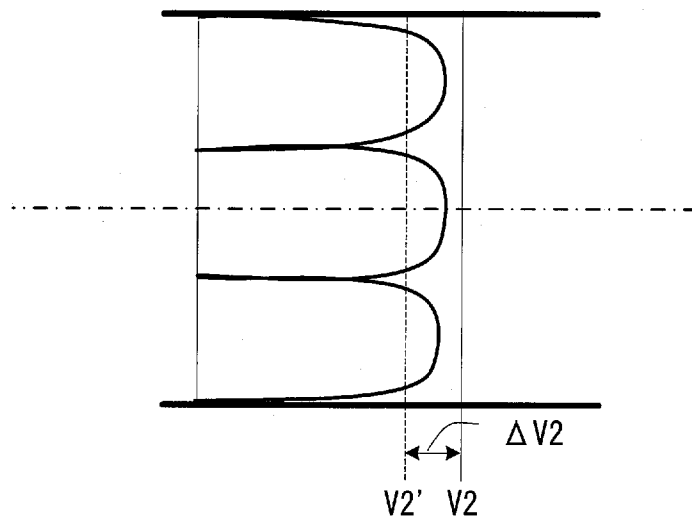
[図10]



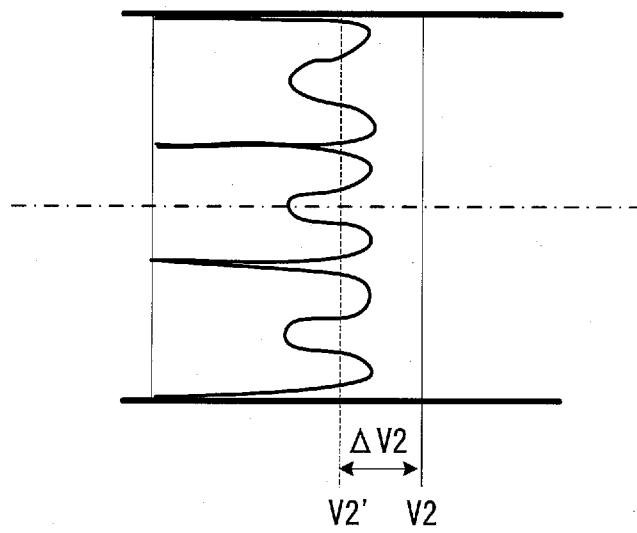
[図11]



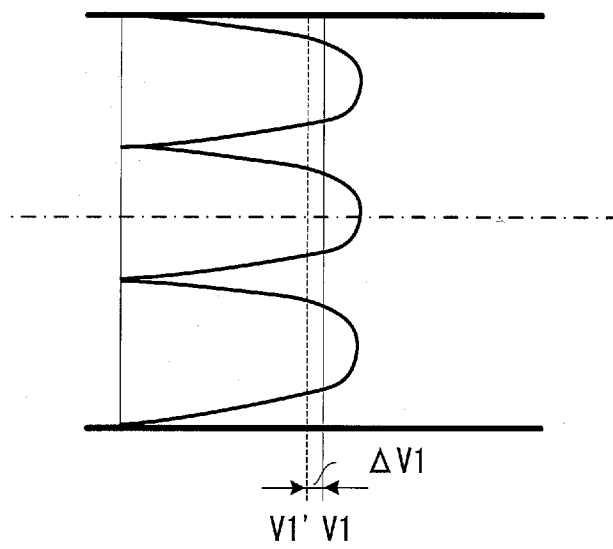
[図12A]



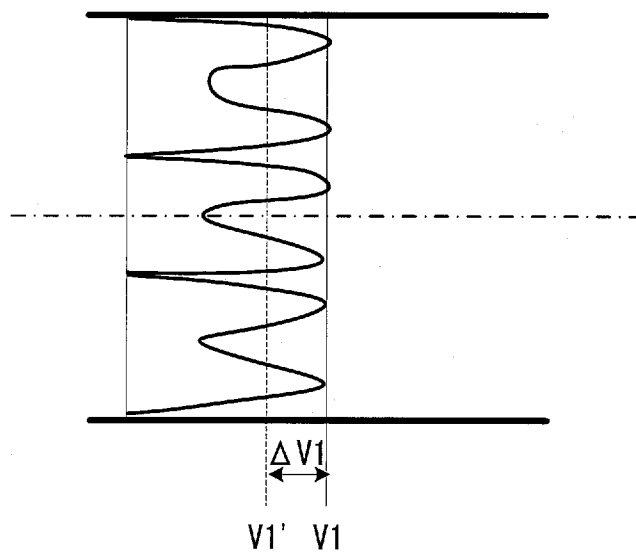
[図12B]



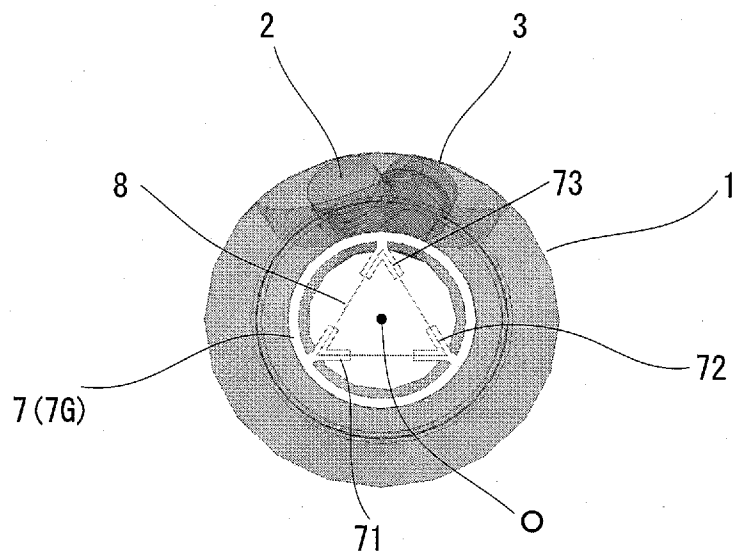
[図13A]



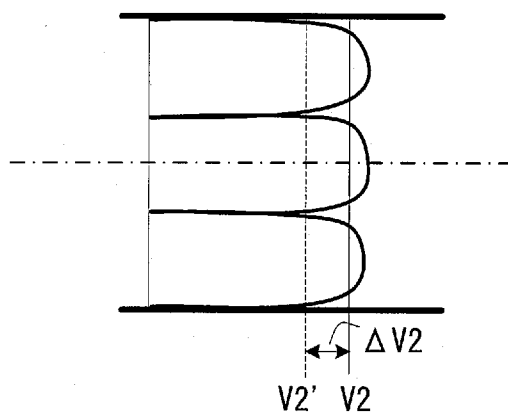
[図13B]



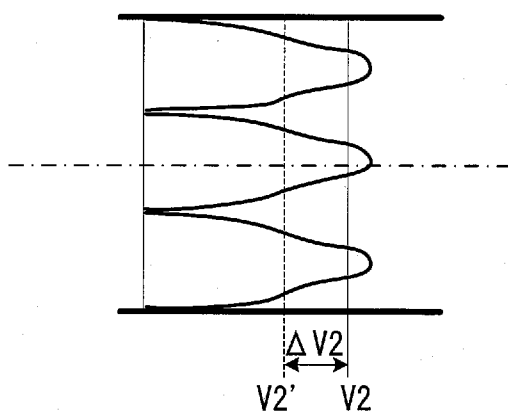
[図14]



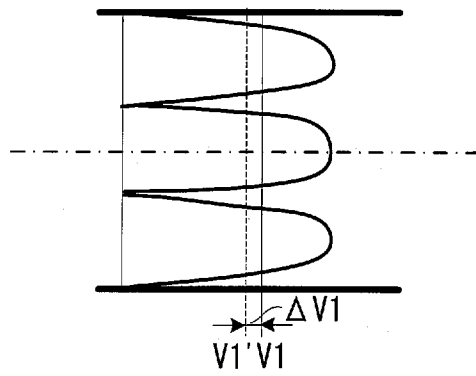
[図15A]



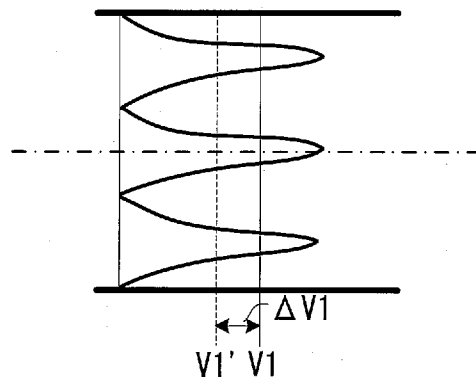
[図15B]



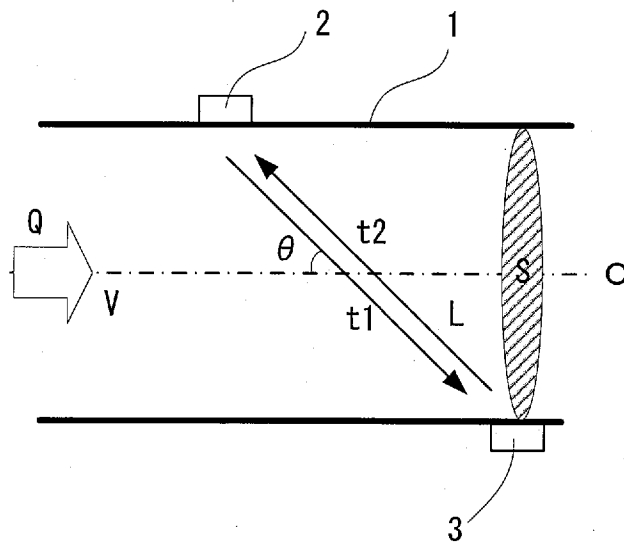
[図16A]



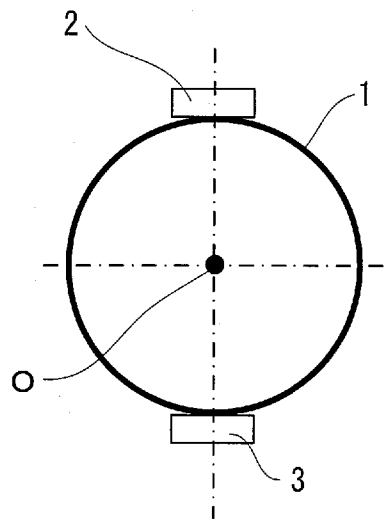
[図16B]



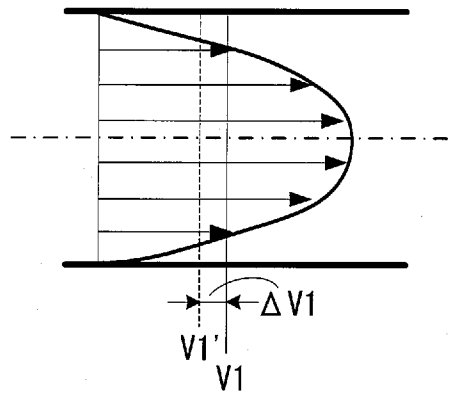
[図17A]



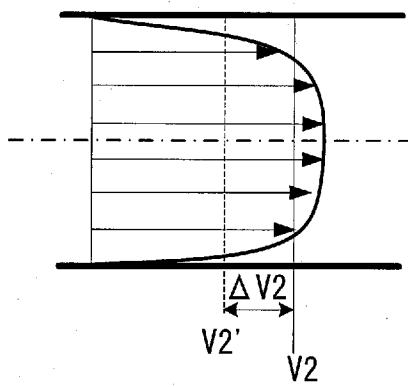
[図17B]



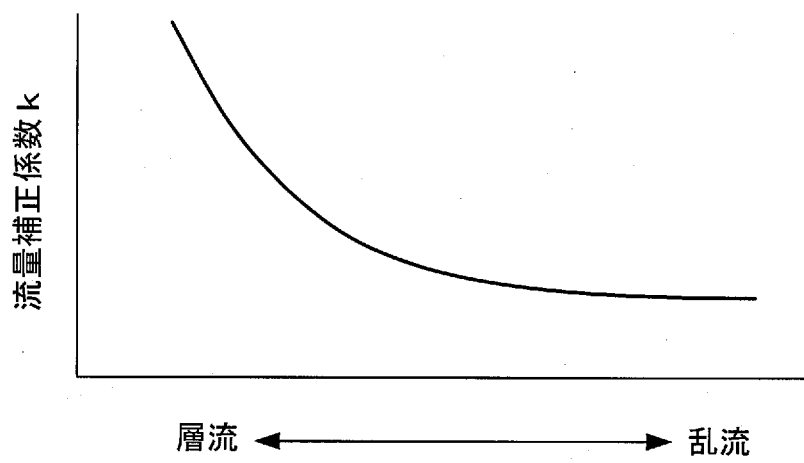
[図18A]



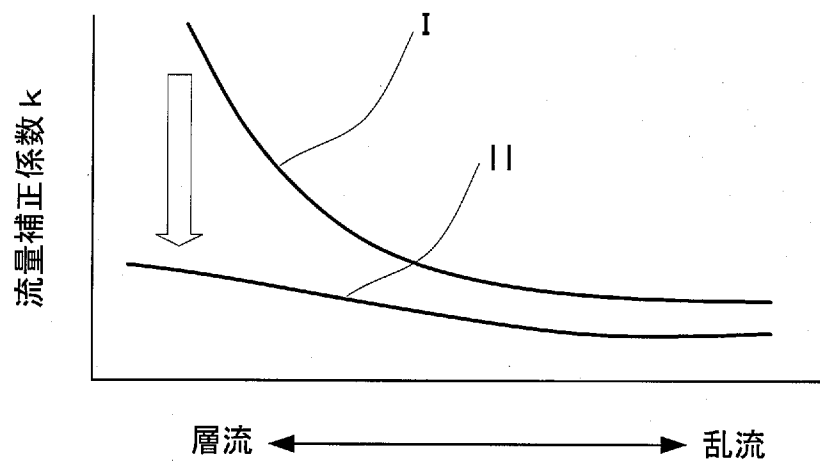
[図18B]



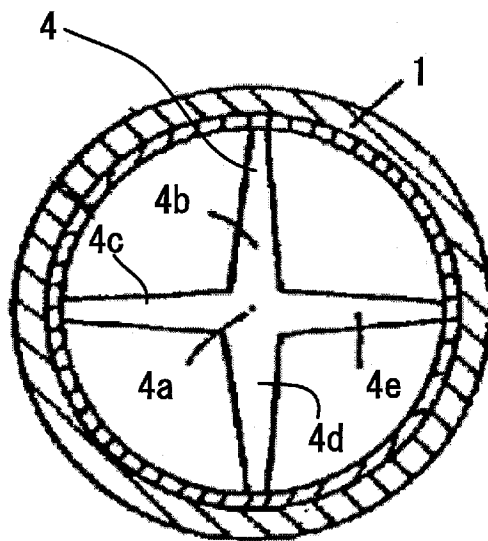
[図19]



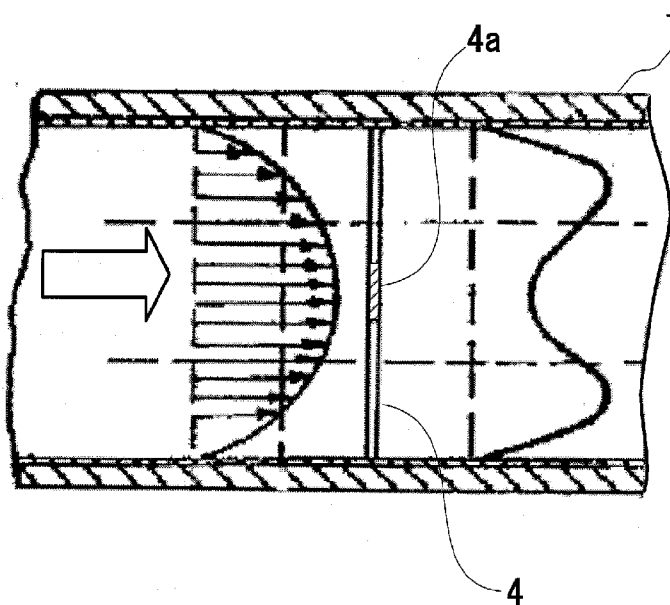
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/054480

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F1/66(2006.01) i, G01F1/00(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)

G01F1/66, G01F1/00

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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	JP 2001-21399 A (Toho Gas Co., Ltd.), 26 January 2001 (26.01.2001), paragraphs [0012] to [0023]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 6-8 2, 4-5
X Y	JP 2010-266345 A (Panasonic Corp.), 25 November 2010 (25.11.2010), paragraphs [0011] to [0046]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1, 6-8 2, 4-5
X Y	EP 1775560 A2 (KAMSTRUP A/S), 18 April 2007 (18.04.2007), paragraphs [0026] to [0049]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1, 6-8 2, 4-5

☒ 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
19 March, 2013 (19.03.13)Date of mailing of the international search report
02 April, 2013 (02.04.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/054480

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 1876427 A1 (Landis+Gyr GmbH), 09 January 2008 (09.01.2008), paragraphs [0021] to [0041]; fig. 1 to 7 & DE 102006030942 A	1, 3, 6-8 2, 4-5
Y	JP 2004-520573 A (Landis+Gyr GmbH), 08 July 2004 (08.07.2004), paragraphs [0032] to [0033]; fig. 3 & WO 02/44662 A1 & CN 1478194 A	2, 4-5
Y	JP 2004-157101 A (Fuji Electric Retail Systems Co., Ltd.), 03 June 2004 (03.06.2004), paragraphs [0032] to [0033]; fig. 3 (Family: none)	2, 4-5
P, X	JP 2012-132801 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraphs [0022] to [0046]; fig. 1 to 7 & WO 2012/086156 A1	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01F1/66(2006.01)i, G01F1/00(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（I P C））

Int.Cl. G01F1/66, G01F1/00

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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	JP 2001-21399 A（東邦瓦斯株式会社）2001.01.26, 【0012】－ 【0023】，第1－4図（ファミリーなし）	1,6-8 2,4-5
X Y	JP 2010-266345 A（パナソニック株式会社）2010.11.25, 【001 1】－【0046】，第1－11図（ファミリーなし）	1,6-8 2,4-5
X Y	EP 1775560 A2（KAMSTRUP A/S）2007.04.18, [0026]-[0049], 第1 －6図（ファミリーなし）	1,6-8 2,4-5

☒ 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

19.03.2013

国際調査報告の発送日

02.04.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

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）

田邊 英治

2 F

9409

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
X Y	EP 1876427 A1 (Landis+Gyr GmbH) 2008.01.09, [0021]-[0041], 第 1 - 7 図 & DE 102006030942 A	1, 3, 6-8 2, 4-5
Y	JP 2004-520573 A (ランディス+ギュル・ゲゼルシャフト・ミット・ ベシュレンクテル・ハフツング) 2004.07.08, 【0032】 - 【0 033】, 第3図 & WO 02/44662 A1 & CN 1478194 A	2, 4-5
Y	JP 2004-157101 A (富士電機リテイルシステムズ株式会社) 2004.06.03, 【0032】 - 【0033】, 第3図 (ファミリーなし)	2, 4-5
P, X	JP 2012-132801 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 【002 2】 - 【0046】, 第1 - 7 図 & WO 2012/086156 A1	1