

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3958834号
(P3958834)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月18日(2007.5.18)

(51) Int. Cl.

G 0 1 F 1/66 (2006.01)

F I

G O 1 F 1/66 1 O 1

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-173667
 (22) 出願日 平成9年6月30日(1997.6.30)
 (65) 公開番号 特開平11-23333
 (43) 公開日 平成11年1月29日(1999.1.29)
 審査請求日 平成16年6月21日(2004.6.21)

(73) 特許権者 000116633
 愛知時計電機株式会社
 愛知県名古屋市熱田区千年1丁目2番70号
 (74) 代理人 100101535
 弁理士 長谷川 好道
 (72) 発明者 鍋島 徳行
 愛知県名古屋市熱田区千年一丁目2番70号
 愛知時計電機株式会社内

審査官 高橋 三成

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波流量計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信側にも受信側にもはたらく少なくとも1対の超音波送受波器で、流体の流れの中を上流から下流及び下流から上流に超音波の送受を行い、その各向きの到達時間より流量を求める超音波流量計であって、

送信側の送受波器を発信させ、受信側の送受波器の信号を入力とする受信波検知部が受信波を検知すると、再び送信側の送受波器を発信させるようにし、これを一定回数(n回)繰り返して、最初の発信から一定回数(n回目)の受信までの時間を測定し、その測定結果から到達時間を求めるようにしたものであるにおいて、

前記受信波検知部が受信波を検知してから再び送信側の送受波器を発信させるまでに時間を置くモードと、時間を置かず即発信するモードとを具備し、通常の時間を置く測定モードとは別に即発信させるモードで測定を行い、その測定と時間的に近接して行う時間を置くモードでの測定結果と、前記即発信させるモードでの測定結果との差を、最初の発信から一定回数目の受信までの時間が長くなる分とし、この分を前記時間を置く測定モードにおける最初の発信から一定回数目の受信までの時間から差し引いて補正し、前記到達時間を求めるようにしたことを特徴とする超音波流量計。

【請求項2】

受信波検知部が受信波を検知してから再び送信側の送受波器を発信させるまでに置く時間を受信毎に変化させることを特徴とする請求項1記載の超音波流量計。

【請求項3】

10

20

順方向測定と逆方向測定で共通の遅延回路を用いて前記時間を置くようにした請求項 1 記載の超音波流量計。

【請求項 4】

一定時間おきに、最初の発信から n 回目の受信までの時間が長くなる分を求めるようにした請求項 1 又は 2 記載の超音波流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は流体中の超音波の伝播時間を、上流から下流（順方向）と下流から上流（逆方向）の両方について測定して流速を算出し、さらに流量を求め積算する超音波流量計に関する。

10

【0002】

【従来の技術】

測定原理の一例として、図 5 に示すように、流体中に距離 L を離して流管 3 の上流と下流に配置した 1 組の超音波送受波器の一方の送受波器 1 から他方の送受波器 2 への順方向伝播時間 t_1 は、静止流体中の超音波の音速を C、流体の流れの速さを V とすると、

$$t_1 = L / (C + V)$$

となる。

【0003】

また、送受波器 2 から送受波器 1 への逆方向伝播時間 t_2 は、

20

$$t_2 = L / (C - V)$$

となる。

【0004】

この伝播時間 t_1 と t_2 とから流速 V を、

$$V = (L / 2) \{ (1 / t_1) - (1 / t_2) \}$$

として求めていた。

【0005】

また、伝播時間計測の分解能を上げるために、単純に 1 回の送信から受信までの時間 t を計測するのではなく、受信と同時に次の送信を行うことを複数回（n 回）繰り返すことにより、伝播時間 t を n 個連続させ、最初（第 1 回目）の送信から最後（第 n 回目）の受信までの時間 n t を測定するようにしている。

30

【0006】

このような測定方法を図 6 に示すブロック図により説明する。

送受波器 1 と 2 はそれぞれ超音波振動子で構成されていて、送信にも受信にも使用できる。

【0007】

両送受波器は流体中を上流から下流及び下流から上流への超音波の送受を行う。受信波検知部 4 は受信側の送受波器が接続され受信波を検知すると受信波検知信号を出力する。送受波器駆動部 5 はコントロール部 6 より第 1 送信指令信号を受けると送信側の送受波器をまず駆動し、その後は受信波検知部 4 より受信波検知信号を受ける度に駆動する。ただし第 1 のカウンタ 7 より第 n 受信波検知信号を受けると、それ以後は新たに第 1 送信指令信号を受けるとして駆動を停止する。

40

【0008】

第 1 のカウンタ 7 は受信波検知部 4 からの受信波検知信号をカウントし n 番目の受信波検知信号を出力する。このカウンタ 7 はコントロール部 6 よりの第 1 送信指令信号でリセットされるようになっている。

【0009】

第 2 のカウンタ 8 は第 1 送信指令信号から第 n 受信波検知信号までの時間を測定する。その時間（カウント値）はコントロール部 6 が読み取る。この例では第 1 送信指令信号でカウント値がゼロクリアされ、内蔵された基準クロック発生器からの基準クロックのカウン

50

トを開始するように構成されている。

【 0 0 1 0 】

コントロール部 6 は一定間隔で送受切替信号を反転させて 2 つの送受波器 1 , 2 の役割の切り替えを行う。

各切り替え後、毎回切り替えによるノイズ等がおさまる時間において、第 1 送信指令信号を出力する。そして、第 n 受信波検知信号を入力すると、カウンタ 8 の測定 (カウント値) を読み取り、直前に行った逆向きでの測定値とを用いて、その間の流速流量を演算する。

【 0 0 1 1 】

このような測定方法において、超音波が受信側の送受波器に到達する時期、つまり到達ポイントを設定する受信検知の方法として、特定波のゼロクロスポイントを検知するようにしたものがある。

10

【 0 0 1 2 】

この検知方法について図 7 により説明する。

図 7 は発信のタイミングを示す発信駆動信号と受信波を示している。実際の受信波は非常に小さく、先ず増幅される。同図の受信波は増幅後の波形を示している。

【 0 0 1 3 】

a が到達点で、徐々に振幅が大きくなる。その後最大振幅となり徐々に小さくなる。ところが到達点 a はノイズに隠れて検知できない。そこで、次のような方法が行われている。

20

【 0 0 1 4 】

ノイズより十分大きな基準電圧レベルとしてのしきい値 V_{TH} を決め、このレベルに最初に達した波、例えば同図の第 3 波が b 点でしきい値に達した後ゼロレベルを通るゼロクロスポイント c を検知して受信検知とする方法である。

【 0 0 1 5 】

しきい値 V_{TH} は常に何番目かのある特定の波 (例えば第 3 波) のゼロクロスポイントを検知するように定めてあり、実際の到達時間 t は、a 点から c 点までの時間を予め求めて記憶しておき、測定した時間 t + に相当する値から時間を減算することにより求めている。

【 0 0 1 6 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

上記のように、受信波検知部 4 により受信波検知信号を受けると同時に送波器駆動部 5 によって送信側の送受波器を駆動し、次の送信を行うものにおいては次のような問題がある。

【 0 0 1 7 】

上記の送信側の送受波器から発信された超音波には、受信側の送受波器で反射して送信側の送受波器に戻り、さらにその送信側の送受波器で反射して受信側の送受波器へ到達する波がある。この波はノイズとなる。このようなノイズを以降 1 . 5 往復ノイズと言う。

【 0 0 1 8 】

すなわち、図 8 に示すように、第 1 駆動により受信波 A が検知されるとこの検知と同時に第 2 駆動が行われて受信波 B が検知され、更にこの受信波の検知と同時に第 3 駆動が行われて受信波 C が検知されるが、この第 3 駆動による受信波 C の検知時には、上記第 1 駆動による 1 . 5 往復ノイズ D が受信側の送受波器に到達し、受信波 C に 1 . 5 往復ノイズ D が重なる。また、図では示されていないが、第 4 駆動による受信波は第 2 駆動による 1 . 5 往復ノイズと重なり、以下全ての受信波について同様のことが言える。

40

【 0 0 1 9 】

このような 1 . 5 往復ノイズは受信波を変形させるため、上記のゼロクロスポイントが正常な位置よりずれる結果になり、上記の到達時間の測定結果に影響を与える。

【 0 0 2 0 】

特に、流量がゼロ付近では流れが安定しているため、上記 1 . 5 往復ノイズは受信波に対

50

し同じタイミングになる。そのため、 n 回の繰り返しを行っても平均化されずに残ってしまう。

【0021】

したがって、流量計測精度が悪い問題がある。

また、小型流量計においては、素子間の距離が短いため、1.5往復ノイズが大きく、また残響が残りやすいため、小型流量計の実現が困難な問題がある。

【0022】

そこで本発明は上記の問題を解決する超音波流量計を提供することを目的とするものである。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するために、請求項1記載の第1の発明は、送信側にも受信側にもはたらく少なくとも1対の超音波送受波器で、流体の流れの中を上流から下流及び下流から上流に超音波の送受を行い、その各向きの到達時間より流量を求める超音波流量計であって、

送信側の送受波器を発信させ、受信側の送受波器の信号を入力とする受信波検知部が受信波を検知すると、再び送信側の送受波器を発信させるようにし、これを一定回数(n 回)繰り返し、最初の発信から一定回数目(n 回目)の受信までの時間を測定し、その測定結果から到達時間を求めるようにしたものである、

前記受信波検知部が受信波を検知してから再び送信側の送受波器を発信させるまでに時間を置くモードと、時間を置かずに即発信するモードとを具備し、通常の時間を置く測定モードとは別に即発信させるモードで測定を行い、その測定と時間的に近接して行う時間を置くモードでの測定結果と、前記即発信させるモードでの測定結果との差を、最初の発信から一定回数目の受信までの時間が長くなる分とし、この分を前記時間を置く測定モードにおける最初の発信から一定回数目の受信までの時間から差し引いて補正し、前記到達時間を求めるようにしたことを特徴とするものである。

【0024】

本発明においては、受信波検知から次の発信までに時間を置くようにしているので、第3駆動による受信波が第1駆動による1.5往復ノイズと重ならない。したがって、これによる受信波の歪みがないため正確に受信波のゼロクロスポイントの検知ができる。以降の受信波についても同様である。

【0025】

設定した遅延時間は、温度等で変化する場合があります。そのため、記憶した遅延時間と実際の遅延時間とに差が生じるおそれがあるが、本第1発明のように、一定時間置き、あるいは流速が安定する流量がゼロ付近の時、受信即発信を行い、近接して行われた受信から発信に時間を置く方法での測定結果との差をこの時間とすることで、常に正しい時間を記憶できる。

【0026】

請求項2記載の第2の発明は、上記第1の発明において、受信波検知部が受信波を検知してから再び送信側の送受波器を発信させるまでに置く時間を受信毎に変化させることを特徴とするものである。

本発明においては、上記第1の発明における受信波検知から次の発信までの遅延時間を変化させることにより、受信波に対する残響の現れるパターンを変動させ繰り返しで平均化できる。

【0027】

請求項3記載の第3の発明は、上記第1の発明において、順方向測定と逆方向測定で共通の遅延回路を用いて前記時間を置くようにしたものである。

【0029】

請求項4記載の第4の発明は、上記第1又は第2の発明において、一定時間おきに、最初の発信から n 回目の受信までの時間が長くなる分を求めるようにしたものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 乃至図 4 に基づいて本発明の実施の形態について説明する。

図 1 及び図 2 は請求項 1 の発明に使用する遅延回路を用いた具体例を示す。

【 0 0 3 2 】

図 1 はブロック図であり、前記図 6 に示す構成において遅延回路部 10 を付加したものである。すなわち、受信波検知部 4 と送波器駆動部 5 間に遅延回路部 10 を設け、受信波検知部 4 が受信波を検知してから再び送波器駆動部 5 によって送信側の送受波器を発信させるまでに遅延回路部 10 により一定の時間を置くようにしたものである。この遅延回路部 10 としては例えば単安定マルチバイブレータを使用する。その他の構造は前記図 6 と同一構成であるため、同一部分には同一符号を付してその説明は省略する。

10

【 0 0 3 3 】

本構成において、図 2 に示すように第 1 駆動により送信側の送受波器から送信されると、その超音波は t の時間後に受信側の送受波器に到達し、A の受信波が検知される。この受信波 A の検知後に受信波検知部 4 から受信波検知信号が発信されるが、その信号は送波器駆動部 5 へ直ちに入力されるのではなく、遅延回路部 10 により設定された一定の時間 t を置いて送波器駆動部 5 へ入力される。そのため、受信波 A の検知時点 T_1 から一定時間 t を置いた T_2 の時点で第 2 駆動による発信が行われる。

【 0 0 3 4 】

そして、 T_2 の時点から t の時間後に第 2 駆動による受信波 B が検知され、更に該受信波 B の検知時点 T_3 から一定時間 t を置いた T_4 の時点で第 3 駆動による発信が行われる。

20

【 0 0 3 5 】

更に、 T_4 の時点から t の時間後に第 3 駆動による受信波 C が検知され、該受信波 C の検知時点 T_5 から一定時間 t を置いた T_6 の時点で第 4 駆動による発信が行われ、以降同様に行われる。

【 0 0 3 6 】

一方、第 1 駆動による 1 . 5 往復ノイズ D は図 2 に示すように、第 1 駆動時点から $3 t$ の時点 T_5 において受信側の送受波器に到達するため、その T_5 と上記 T_5 とには時間差 t_5 が生じ、上記第 3 駆動による受信波 C が第 1 駆動による 1 . 5 往復ノイズ D と重ならない。したがって、受信波の歪みがなく、正確に受信波のゼロクロスポイントの検知ができる。以降の受信波についても同様である。

30

【 0 0 3 7 】

なお、遅延回路 10 によってカウンタ 8 の測定値は $n t$ より増加するが、この増加分は、予め測定してコンロトル部 6 に記憶させておき、流速演算時にその値を減算することにより補正するようになっている。

【 0 0 3 8 】

図 3 は遅延回路部の異なる具体例を示す。

本具体例は、上記図 1 の構成における遅延回路部 10 に遅延時間を変化させる手段を付加したものである。すなわち、上記図 1 の具体例のように、受信波検知部 4 と送波器駆動部 5 間に遅延回路部 10 A を接続し、該遅延回路部 10 A にカウンタ 11 を接続し、かつ該カウンタ 11 に上記コントロール部 6 からの第 1 送信指令信号を入力するようにしたものである。なお、遅延回路部 10 A は単安定マルチバイブレータを使用し、遅延時間となる出力パルス幅を決める抵抗を遅延時間選択信号でスイッチングするようにした。また、カウンタ 11 は 3 ビットのバイナリカウンタを使用した。

40

【 0 0 3 9 】

本具体例では上記時間 t を複数段階、例えば 8 段階に設定し、その 8 段階の遅延時間を順に切り替えるようにした。受信波検知信号を 3 ビットのバイナリカウンタでカウントしそのカウント値により 8 つの遅延時間より 1 つを順に選択するよう構成した。カウンタ 11 は第 1 送信指令信号によりリセットされ同じパターンで遅延時間を選択するためト

50

タルの遅延時間つまり最初の発信から n 回目の受信までの時間が長くなる分は順方向逆方向に関係なく毎回一定の値となり、その値はあらかじめコントロール部 6 に記憶されていて演算時に使用する。

【 0 0 4 0 】

図 1 の具体例は 1 . 5 往復ノイズの影響をなくす方法であるが、図 2 の具体例は、さらに高精度をねらうもので、1 . 5 往復ノイズ以外の残響ノイズの影響を小さくする方法である。

【 0 0 4 1 】

残響は発信に端を発する。したがって、発信に同期して同じパターンで現れるとっていい。また、受信波も流速が安定しているのなら発信に同期して同じタイミングで現れる。したがって、1 . 5 往復ノイズだけでなく残響ノイズも受信波に同期して同じパターンで現れる。そのため、 n 回の繰り返しを行っても平均化されずに誤差となる。この誤差は 1 . 5 往復ノイズに比べて小さいため影響度は小さいが微小流量域において高精度を確保するには無視できない。

10

【 0 0 4 2 】

そこで上記のように受信波検知から次の発信までの時間 t を変化させることにより、受信波に対する残響の現れるパターンを変動させ繰り返しで平均化されるようにしたものである。これにより誤差が小さくなる。

【 0 0 4 3 】

図 4 は請求項 1 に対応する第 1 実施例を示す。

20

本第 1 実施例は、上記図 1 の構成における遅延回路部 1 0 と同様の遅延回路部 1 0 B と平行して、受信波検知部 4 の受信波検知から時間を置くことなく即送波器駆動部 5 へ信号を送る回路 1 2 を設けるとともに、該回路 1 2 と遅延回路部 1 0 B を切り替えるスイッチ 1 3 を設け、該スイッチ 1 3 を上記コントロール部 6 より切替制御するようにしたものである。

【 0 0 4 4 】

その他の構成は上記図 1 の具体例と同様である。

本第 1 実施例においては、コントロール部 6 よりの信号で、遅延した受信波検知信号または遅延しない受信波検知信号を選択できるようにしている。

【 0 0 4 5 】

30

コントロール部 6 は通常遅延した受信波検知信号を用いて測定を行うが、1 時間に 1 回、通常の測定とは別に遅延しない受信波検知信号を用いて順逆の方向で測定しその測定値の平均値と、その直前と直後の順逆の通常測定での測定値の平均値と比較し、その差をトータルの遅延時間つまり最初の発信から n 回目の受信までの時間が長くなる分として記憶し、その値を毎回の通常測定の補正に使うようにしている。

【 0 0 4 6 】

上記図 1 と図 2 の具体例では、受信検知から次の発信までに時間を置くため、最初の発信から一定回数目の受信までの時間が長くなる。この分は順方向と逆方向で共通の遅延回路を用いることにより同じ値（時間）になるよう構成し、その時間をあらかじめ記憶しておき、到達時間を求めるときに減算するようにしている。

40

【 0 0 4 7 】

しかし、この時間は温度等で変化する。よって記憶した時間と実際の時間とに差が生じ誤差となる。

これに対し、本第 1 実施例ではこの差を常に最小に保つようにするもので、一定時間置き、あるいは流速が安定する流量がゼロ付近の時、受信即発信の測定を行い、近接して行われた受信から発信に時間を置く方法での測定結果との差をこの時間とすることで、常に正しい時間を記憶できる。

【 0 0 4 8 】

したがって、常に誤差を最小にすることができる。

なお、本第 1 実施例における遅延回路部 1 0 B を、上記図 2 の具体例に示す遅延回路部

50

10Aとカウンタ11とで構成し、遅延時間 t の選択と遅延時間のない即発信とにより測定を行うようにしてもよい。これにより、上記図2の具体例と第1実施例の効果を発揮し、より計測精度を高めることができる。

【0049】

【発明の効果】

以上のようなことから、受信波が1.5往復ノイズと重ならないため、該1.5往復ノイズの影響を受けることなく、受信波のゼロクロスポイントの検知が正確にできる。そのため、流量計測精度の向上を図ることができ、特に微小流量域での精度の向上を図ることができる。

【0050】

更に残響ノイズの影響を受けることなく計測でき、計測精度をより高め、特に小型流量計の実現が可能になる。

更に温度変化等による計測誤差を最小にし計測精度をより高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に関連する具体例を示すブロック図。

【図2】図1の具体例における受信波と1.5往復ノイズとの関係を示す図。

【図3】本発明に関連する他の具体例の要部を示すブロック図。

【図4】本発明の第1実施例の要部を示すブロック図。

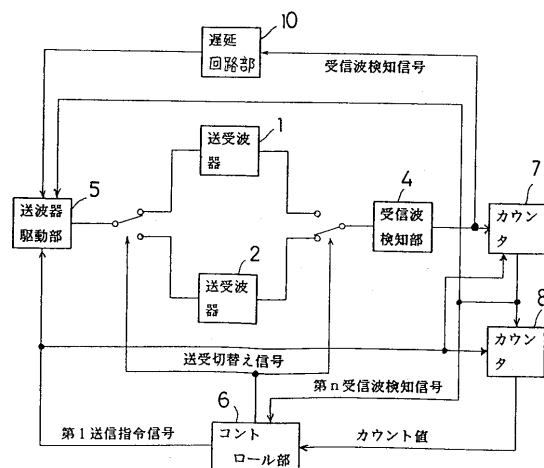
【図5】超音波流量計の原理を説明する略図。

【図6】従来の超音波流量計のブロック図。

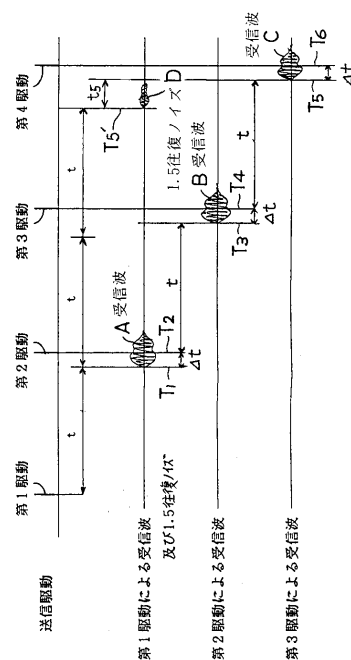
【図7】受信波のゼロクロスポイントを説明する図。

【図8】従来技術による受信波と1.5往復ノイズとの関係を示す図。

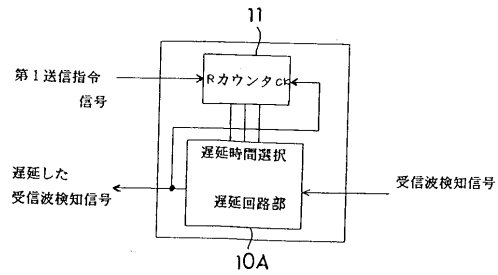
【図1】



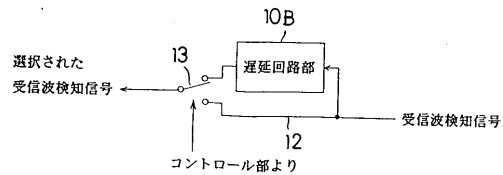
【図2】



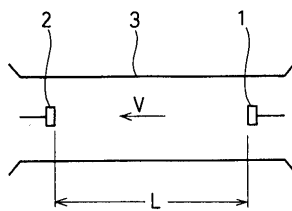
【図 3】



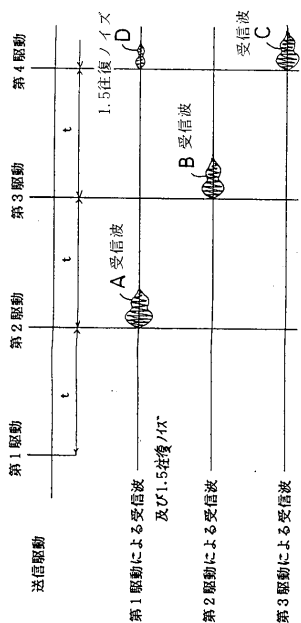
【図 4】



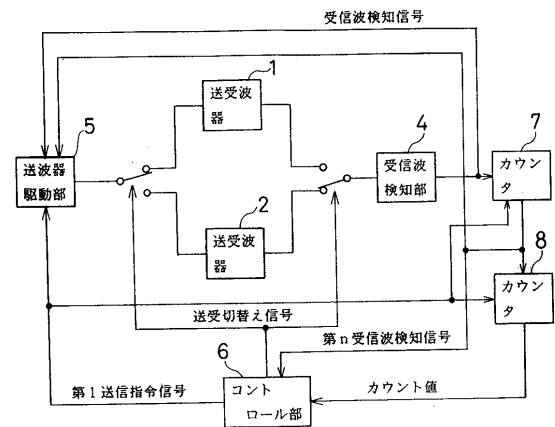
【図 5】



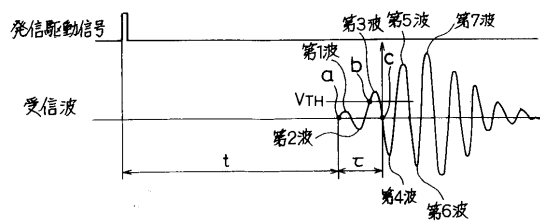
【図 8】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-128875(JP,A)
特開平09-033308(JP,A)
特公平05-035364(JP,B2)
特開昭59-081515(JP,A)
特開平08-313314(JP,A)
特開平11-108718(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01F 1/56~1/90