

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-121272

(P2007-121272A)

(43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)

(51) Int. Cl.

G01F 1/74 (2006.01)

F I

G01F 1/74

テーマコード(参考)

2FO35

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2006-246833 (P2006-246833)
 (22) 出願日 平成18年9月12日(2006.9.12)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-288944 (P2005-288944)
 (32) 優先日 平成17年9月30日(2005.9.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 390031185
 新東ブレーター株式会社
 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目28番1
 2号
 (71) 出願人 591125544
 山本電機インスツルメント株式会社
 大阪府吹田市江坂町1丁目17番14号
 (74) 代理人 100076473
 弁理士 飯田 昭夫
 (72) 発明者 久田 渡
 愛知県北名古屋市宇福寺神明51番地 新
 東ブレーター株式会社内
 (72) 発明者 新谷 光男
 大阪府吹田市江坂町一丁目17-14 山
 本電機インスツルメント株式会社内
 最終頁に続く

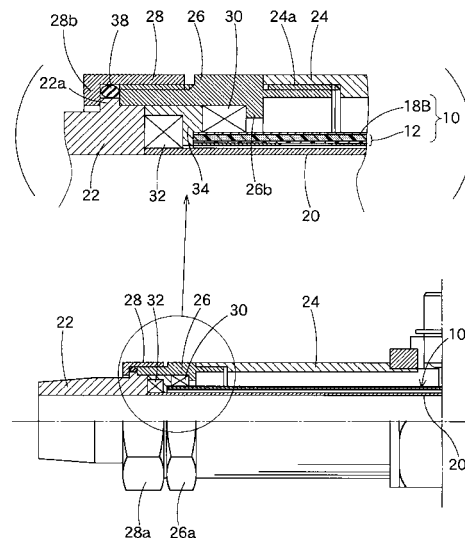
(54) 【発明の名称】 粉粒体流量測定装置

(57) 【要約】

【課題】外周に電極を配置し内側に粉粒体を通過させ、その粉粒体の通過量(流量)を測定する電極管からなる静電容量式の粉粒体流量測定装置において、被測定粉粒体が、磨耗作用を有しかつ小粒径・少流量であっても、精度良好に測定できる粉粒体測定装置を提供すること。

【解決手段】ケーシング24により機密性が保持され一対の測定電極及びガード電極が配置された絶縁体からなる筒状の電極配置管の内側に測定する粉粒体を通過させ、静電容量式の粉粒体流量測定装置。一対の測定電極である検出・接地電極14、16は、電極配置管10の本体層12の内周面部に一体配置し、電極配置管10の内側に、絶縁体からなり、着脱可能かつ気密保持可能に装入されてなるセラミック等からなる保護管20を備え、該保護管の内側に測定する粉粒体を通過させて測定をする。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ケーシングにより機密性が保持され、一对の測定電極、及びガード電極が配置された絶縁体からなる筒状の電極配置管の内側に測定する粉粒体を通過させ、その粉粒体の流量と比例する静電容量をパラメータとして粉粒体の流量を測定するようにした粉粒体流量測定装置であって、

電極配置管の内側に、絶縁体からなり、着脱可能かつ気密保持可能に装入されてなる保護管を備え、該保護管の内側に測定する粉粒体を通過させて測定をするようにしたことを特徴とする粉粒体流量測定装置。

【請求項 2】

前記一对の測定電極が、前記電極配置管の本体層の内周面に一体配置されていることを特徴とする請求項 1 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 3】

前記電極配置管は、前記本体層が成形絶縁層からなり、また、前記ガード電極が、前記本体層の内周面部に前記一对の測定電極より外周側に位置して配置される内部ガード電極と、前記本体層の外周面部に配置される外部ガード電極とからなることを特徴とする請求項 2 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 4】

前記電極配置管は、フレキシブル基板が前記本体層に一体成形されたものであり、前記フレキシブル基板は、絶縁樹脂フィルム片面に前記一对の測定電極が他面に測定電極用リード部及び前記内部ガード電極が印刷されたものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 5】

前記電極配置管の内周面と前記保護管の外周面との間に検出感度に悪影響を与えない範囲内の隙間を有することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 6】

前記電極配置管の内周面と前記保護管の外周面との隙間が、0 ~ 0.6 mmであることを特徴とする請求項 5 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 7】

前記保護管の肉厚が、検出感度に悪影響を与えない範囲内のものであることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 8】

前記保護管の肉厚が、0.3 ~ 0.6 mmであることを特徴とする請求項 7 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 9】

前記一对の測定電極が、検出電極と接地電極とからなり、前記電極配置管に沿って、前記検出電極と接地電極とが、相互にギャップ（隙間）を有して螺旋状に形成されて、軸線に直交する直径方向で相互に対面し、かつ、

前記検出電極と接地電極の相互幅比が、1 : 1 ~ 1 : 3.5 の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 10】

前記検出電極と接地電極との幅を異ならせて、両電極間に電圧を印加したとき、前記保護管の内周壁側に電気力線高密度部位が発生するようにしたことを特徴とする請求項 9 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 11】

前記検出電極と接地電極の相互幅比が、1 : 1.2 ~ 1 : 3.5 の範囲内にあり、かつ、両電極間ギャップが 1 ~ 3 mmであることを特徴とする請求項 10 記載の粉粒体流量測定装置。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載の粉粒体流量測定装置を用いて、ブラスト加工における噴射材の流量を測定制御してブラスト加工することを特徴とするブラスト加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、粉粒体流量測定装置に関する。より詳しくは、基本的に、輸送媒体を気体（空気）とする粉粒体輸送手段を備えた各種粉粒体装置において、各装置の機能を発揮させるためにその粉粒体の流量を測定しフィードバック制御するに際して、粉粒体の流量を測定しその結果を静電容量にて出力する機能を備えた、いわゆる静電容量式の粉粒体流量測定装置に関する。

10

【0002】

上記粉粒体を取り扱う装置としては、1) 配設された輸送管内に圧力気体を用いて粉粒体を輸送する空気輸送装置や、2) 粉粒体からなる研磨材を圧縮空気、またはインペラーにより衝突させて表面加工を施すブラスト装置、3) 粉体からなる粉体塗料をスプレーガン（エジェクター）により吹き付けて塗装を施す粉体塗装装置等を挙げることができる。

【背景技術】

【0003】

昨今、ブラスト装置等において、メンテナンスが容易で、被測定粒体が小粒径・少流量の場合でも、その流量精度良好に測定することができる静電容量式の粉粒体流量測定装置の出現が要望されるようになってきている。

20

【0004】

しかし、上記要望を満足する静電容量式の粉粒体流量測定装置は、本発明者らが知る限りにおいては、公知ではない。

【0005】

なお、本発明の発明性に影響を与えるものではないが、上記のような静電容量式の粉粒体流量測定装置に係る公知関連技術としては、例えば、特許文献 1 ~ 4 等に記載されたものがある。

【0006】

特許文献 1 では、粉体塗料の供給装置において粉体塗料の流量を測定管の外周に沿って螺旋（スパイラル）状にした一对の測定電極とその間にガード電極を配置した静電容量式にて測定する手段が開示されている（特許請求の範囲等参照）。

30

【0007】

特許文献 2 では、静電容量式粉粒体の流量測定装置において粉粒体の通路を構成する部材を熱膨張対策としてセラミックから形成することが開示されている。

【0008】

特許文献 3 では、高温の粉粒体を測定するための静電容量式粉粒体の流量測定装置において電極をその保持体の内側に固定し、これを粉粒体が通過する円筒管を包むように配置して電極部の熱影響を防止する構造が開示されている（特許請求の範囲等参照）。

【0009】

特許文献 4 では、測定用電極のソース電極およびセンス電極、ガード電極を円筒管の外周の円周方向にそれぞれ 45° の角度でかつ 90° の範囲にわたって配置した構成が開示され（要約等参照）、さらに、円筒管をアルミナ等で形成することが開示されている（段落 0017 参照）。

40

【特許文献 1】特許第 3288201 号公報（特許請求の範囲等）

【特許文献 2】特開平 8 - 271301 号公報（特許請求の範囲等）

【特許文献 3】特開 2001 - 21397 号公報（特許請求の範囲等）

【特許文献 4】特開 2002 - 46068 号公報（要約等）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

50

本発明は、上記にかんがみて、外周に電極を配置し内側に粉粒体を通過させ、その粉粒体の通過量（流量）を測定する静電容量式の粉粒体流量測定装置において、被測定粉粒体が摩耗作用を有しかつ小粒径・少流量であっても、その流量を精度良好に測定でき、かつ、粉粒体通過管がたとえ摩耗しても、該粉粒体通過管のみ交換できる、メンテナンスの容易な粉粒体流量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】

【0011】

本発明は、上記課題を下記構成により解決する。なお、理解容易のために図符号を付すが、それらは本発明の技術的範囲に何ら影響を与えるものではない。

【0012】

本発明に係る粉粒体流量測定装置は、ケーシングにより機密性が保持され外周に一对の測定電極及びガード電極が配置された絶縁体からなる筒状の電極配置管の内側に測定する粉粒体を通過させ、その粉粒体の流量と比例する静電容量をパラメータとして粉粒体の流量を測定するようにした粉粒体流量測定装置であって、電極配置管10の内側には、絶縁体からなり着脱可能かつ機密保持可能に装入されてなる保護管20を備え、該保護管20の内側に測定する粉粒体を通過させて測定する構成である（図1・2参照）。

【0013】

本発明は、上記の如く、保護管20は取替え可能であるため、相対的に薄肉のものを使用可能であり、可及的に被測定粉粒体と測定電極との距離も小さくできる。さらには、材料として、比誘電率及び熱膨張率の小さいものを選択することができる。したがって、検出静電容量の変化に悪影響を与える諸因子（距離、誘電率等）が小さくなり、結果的に、流量変動に伴う静電容量の小変化量も検出可能となる。

【0014】

上記において、一对の測定電極（検出電極14と接地電極16）は、電極配置管10の本体層12の内周面部に一体配置することが望ましい。当該構成により、さらに、被測定粉粒体と測定電極との距離も小さくなり、結果的に、流量変動に伴う静電容量の小変化量も検出可能となる。

【0015】

上記構成において電極配置管10は、本体層12を成形絶縁層とし、ガード電極を、本体層12の内周面部に一对の測定電極より外周側に位置して配置される内部ガード電極18Aと、本体層12の外周面部に配置される外部ガード電極18Bとからなるものとするのが望ましい。ガード電極を、成形絶縁層である本体層12を挟んで内部ガード電極18Aと外部ガード電極18Bの二重構造としたので、浮遊容量変動及び温度ドリフトの影響をより小さくでき、さらに高精度・高感度の粉粒体流量の検出が可能となる。

【0016】

上記構成において、電極配置管10は、フレキシブル基板13が本体層12に一体成形されたものとし、フレキシブル基板13は、絶縁樹脂フィルム15の片面に一对の測定電極（検出電極14と接地電極16）が他面に内部ガード電極18Aが印刷されたものとするのが望ましい。測定電極やガード電極を銅箔などで形成する場合に比して生産性が良好となる。

【0017】

電極配置管10は、測定電極（検出電極14と接地電極16）が、その内周面側を露出させて一体配置することが望ましい。可及的に被測定粒体の通過断面（保護管内周断面）に近くなるため、より高精度・高感度の粉粒体流量の検出が可能となる。

【0018】

電極配置管10の内周面と保護管20の外周面との間には、検出感度に悪影響を与えない範囲内の隙間を有することが望ましく、該隙間は、通常、0～0.6mmとする。本発明の目的を確実に達成するためである。

【0019】

保護管20の肉厚も、検出感度に悪影響を与えない範囲内のものが望ましく、その肉厚

10

20

30

40

50

は、通常、0.3～0.6mmとする。本発明の目的を確実に達成するためである。

【0020】

上記各構成において、一对の測定電極が、検出電極14と接地電極16とからなり、電極配置管10に沿って、検出電極14と接地電極16とが、相互にギャップ（隙間）Gを有して螺旋状に形成されて、軸線に直交する直径方向で相互に対面する構成とした場合、検出電極14と接地電極16の相互幅比を、1：1～1：3.5の範囲内とする。

【0021】

検出電極と接地電極とをギャップを有して螺旋状に形成することにより、測定管（本発明では保護管20）内を粉粒体が通過する位置による測定値の変動が少ないものとなる。そして、当該構成において、幅比が大きすぎると、後述の実施例で示す如く、幅に差があることによる内壁部の感度上昇が期待できず、当然中心部の感度も低化して望ましくない。

10

【0022】

上記構成において、保護管20の中心部より内壁部近傍における高感度を求める場合（粉体流量が少ない場合等）は、検出電極と接地電極との幅を異ならせて、両電極間に電圧を印加したとき、保護管の内周壁側に電気力線高密度部位が発生させるようにすることが望ましく、そのときの、検出電極と接地電極の相互幅比を、1：1.2～1：3.5とし、かつ、両電極間ギャップGを1～3mmとする。

【0023】

相互幅比が1に近いと、相互幅比を変えたことによる効果（電気力線密度の増大による内壁側の感度上昇）が期待できず、電極間ギャップが小さすぎると、検出電極相互又は接地電極相互が軸線に直交する直径方向で相互に対面する結果となり易く、誤作動するおそれがある。逆に、電極間ギャップGが大きくなると相対的に電気力線密度が低下して感度が低下する。

20

【0024】

上記各構成の粉粒体流量測定装置は、プラスト装置に用いた場合、特に、噴射材の粒径が小さく、その流量（噴射量）が少ない精密プラスト加工を施すプラスト装置に適用することが望ましく、その構成は、下記の如く、粉粒体流量測定装置を用いて、プラスト加工における噴射材の流量を測定制御してプラスト加工をするものとなる。

【発明の効果】

30

【0025】

本発明は、以上の説明から明らかな如く、電極配置管（電極管を含む。）の内側に、着脱自在な保護管をはめ込み可能としたので、被測定粉粒体（通過粉粒体）が相対的に小粒径・小流量でも高精度・感度で流量測定が可能となる。

【0026】

当然、保護管が破損した場合に、測定装置の取替え・廃棄する必要がなく、その保護管のみを取り替えればよいもので、メンテナンスコストも低減させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明を、各実施形態に基づいて、詳細に説明する。

40

【0028】

（1）本発明の第一実施形態における粉粒体測定装置における測定部（電極配置管10）の構造の一例を図1に示す。

【0029】

電極配置管10は、成形絶縁層からなる本体層12と、該本体層12の内周面部にフレキシブル基板13が一体配置され、本体層12の外周面部に銅箔（良導電性金属箔）からなる外部ガード電極18Bが一体配置されている。

【0030】

そして、電極配置管10の内側に、実際に粉粒体が通過する酸化物系セラミック等の耐摩耗性材料からなる保護管20をこの電極配置管10に挿入して、二重構造の測定部構造

50

体（電極配置管 10 / 保護管 20 組体）としてある。

【0031】

そして検出電極 14 と接地電極（アース電極）16 との間に高周波の交番電圧を印加しこれと同相、同振幅にて駆動する回路を持った静電容量測定回路にて静電容量の変化を電圧変化として測定・表示する。

【0032】

ここで、フレキシブル基板 13 は、絶縁樹脂フィルム 15 の片面に一对の測定電極（検出電極 14 と接地電極 16）が、他面に測定電極用リード部（図示せず）及び内部ガード電極 18A が銅印刷されたものである。なお、測定電極（検出電極 14 と接地電極 16）と測定電極用印刷部はメッキされたスルーホールにて表裏に導通を持たせてある。また、内部ガード電極 18A は、測定電極用リード部を除いて全面に印刷されている。

10

【0033】

そして、フレキシブル基板 13 を円筒状に形成しその外周をガラスクロス 12a にて覆い、さらに、その外面からエポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等を含浸させ硬化させて、繊維強化プラスチック（FRP）からなる本体層 12 を成形する。なお、エポキシ樹脂を使用した場合は、金属に対する接着性も優れているため、本体層 12 の形成時、同時に、後述の銅箔からなる外部ガード電極 18B の形成材を接着一体化することも可能である。なお、本体層 12 は、FRP 以外に、成形絶縁層であれば特に限定されるものではない。

【0034】

そして、測定電極である螺旋銅印刷の一方を検出電極 14、他方を接地電極 16 とする。ここで、絶縁樹脂フィルム 15 の片面（内側面）に筒状に巻き回したとき螺旋（スパイラル）を形成する検出電極 14 及び接地電極 16 は、筒軸線に直交する直径方向で相互に対面するようになっている。検出電極（プラス）14 と接地電極（マイナス）16 とが対面しなければ、管の直径方向の電気力線が発生せず円柱状容積内の静電容量の変化を検知できないためである。

20

【0035】

なお、検出電極 14 及び接地電極 16 は、上記、フレキシブル基板 13 による銅印刷の代わりにリボン状の金属箔（銅箔）を使用して形成することもできる。

【0036】

そして、本実施形態では、外部ガード電極 18B は、測定電極である検出電極 14 と接地電極 16 の外周を包み囲うように、本体層 12 を介して設置してある。外部ガード電極 18B は、通常、銅箔等の良導電性の金属箔で形成する。

30

【0037】

高精度の流量測定が目的であるので、温度ドリフトの影響や浮遊容量（stray capacitor）を排除するため、図 2 に示すような単層のガード電極 18 でもよいが、図 1 に示すような、外部ガード電極 18B と内部ガード電極 18A からなる二層構造とすることが望ましい。

【0038】

測定電極である検出電極 14 と接地電極 16 を、FRP からなる電極配置管 10 の本体層 12 で包み囲うことにより、電極配置管 10 及び保護管 20 を収納しているケーシングを通じての外部温度変化による温度ドリフトも低減させることができる。

40

【0039】

なお、ガード電極を検出電極 14 と接地電極 16 との間に配する構成も考えられる（特許文献 1 の図 2、特許文献 2 の図 3、特許文献 3 の図 1、特許文献 4 の図 3 等参照）。

【0040】

また、測定電極である検出電極 14 及び接地電極 16 は、上記のような螺旋（スパイラル）形式でなくても、平行形式でもよい（特許文献 2 の図 1 等参照）。さらに、検出電極 14 及び接地電極 16 は、図例では、印刷したフレキシブル基板 13 を使用した構成であるが、金属箔を、電極配置管 10 の内側に埋設した構成とすることもできる。この場

50

合は、測定精度の見地からは必ずしも望ましくないが、電極保持性の見地からは、熱影響による剥離・離脱等のおそれがなく望ましい。

【0041】

そして、本実施形態では、電極配置管10の内部へ粉粒体を通過させる保護管20が、接続管22を介して着脱自在にかつ気密保持可能に装入されている。

【0042】

ここで、保護管20の形成材は、従来の電極管と同様、石英ガラスでもよいが、通常、耐摩耗性が良好で薄くしても破損するおそれのない絶縁体である酸化物系セラミックとする。酸化物系セラミックとしては、アルミナ、ジルコニア等を挙げることができる。

【0043】

保護管20の肉厚は、通常、耐摩耗性を有する材料を使用することができ、しかも、交換を予定しているため、測定精度の見地からは、可及的に薄肉にできる。例えば、酸化物セラミックから形成する場合、0.7mm以下、0.3~0.6mm、さらには0.5~0.4mmが望ましい。薄すぎると、耐用期間が短くなり、厚すぎると、測定精度を得難くなる。

【0044】

次に、本実施形態の測定検出部をケーシングに組み込んだ粉粒体流量測定装置の組立て方法を、図3に基づいて説明をする。

【0045】

なお、接続管(継手)22は、上記保護管20と同様の酸化物系セラミック層(パイプ)を内面に備えた(接着された)ものである。

【0046】

ここで、電極配置管10と接続管22を締結するために、ケーシング24の端部内周面は雌ねじ24aを備えたものとするとともに、接続管22を元部側中間外周にストッパ凸部22aを備えたものとする。

【0047】

そして、ケーシング24の雌ねじ24aにねじ込む中間リング26、及び、該中間リング26にねじ込む締結リング(スリーブナット)28を用意する。

【0048】

上記中間リング26は、外側に六角スパナ係合部26aを備えた径違いニップルとされ、また、内側には、下記内側に装着するシール材のシール座となる内フランジ部26bを備えている。

【0049】

上記締結リング28は、スリーブナットとされ、同様に、六角スパナ係合部28aを備え、また、元端に止め内フランジ28bを備えている。

【0050】

また、電極配置管10及び保護管20をシール支持するために、中間リング26の内側に装着す電極配置管支持シール(グランドパッキン)30及び保護管支持シール(グランドパッキン)32及び両シール30、32の間に介在させるパッキン押えリング34を用意し、さらに、締結リング28の底部に装着する底部シール(リング)38を用意する。

【0051】

まず、電極配置管10の一端に電極管支持シール30を介して一方の中間リング26を装着して、ケーシング24の一端から、電極配置管10を挿入した後、中間リング26をケーシング24にねじ込み、電極配置管10の一端をケーシング24に固定する。そして、電極配置管10の他端も、電極配置管支持シール30を嵌め込み、さらに、中間リング26をねじ込んで、電極配置管10をケーシング24に固定する。

【0052】

ここで、電極配置管10の両端と中間リング26の内周との間は、電極配置管支持シール30でシールされる。

10

20

30

40

50

【0053】

次に、中間リング26の内側で電極配置管支持シール30の手前側に、パッキン押えリング34を介して、保護管支持シール32を装着する。そして、該保護管支持シール10に保護管20を嵌入(挿入)して保護管20の両端部を支持して保護管20をセットする。さらに、締結リング28の元部内側にOリング38を嵌め込み、接続管22の一端係合フランジ部22aにOリング38を介して装着された締結リング28を、中間リング26にねじ込む。

【0054】

ここで、電極管支持シール30及び保護管支持シール32は、直接的及び間接的に軸方向にも圧縮されて、シール性がより確実となるとともに電極配置管10及び保護管20に

10

【0055】

こうして、ホース等で形成された粉粒体流路の途中に、本実施形態の粉粒体流量測定装置を組み付ける。

【0056】

この組み付けが完了した状態で、該保護管20と電極配置管10との挿入(嵌合)状態は、零当たり(隙間0mm)でもよい。通常、脱着自在性、保護管と電極管の熱膨張率に差がある場合等を考慮して、約0.1mm以上で、約0.6mm以下、望ましくは約0.5mm以下で、さらに望ましくは、0.3mm以下の隙間嵌めとする。

【0057】

そして、この組付け完了後の、静電容量式の粉粒体流量測定装置は、粉粒体が保護管20を通過したときの静電容量変化は同軸コネクタに接続された同軸ケーブルにて変換器へ出力させるようにして、使用する。すなわち、センサーで検知した粉粒体の静電容量の変化を、変換器で、電圧値又は電流値に変換して、それらの数値をさらに物理量(流量:例えばg/min表示)としてディスプレイ装置に表示する。

20

【0058】

本実施形態の粉粒体測定装置は、下記のような効果を奏する。

【0059】

電極管を廃止して、測定電極(検出・接地電極)を外側から支持体で支持して電極配置管を形成することで、測定対象物までの測定距離を小さく、かつ、電極管(コア管)の静電容量を排除することで測定対象粉粒体の粒度が非常に小さくてまたその流量が少なく、且つ、セラミックのように誘電率の高い保護管を用いても測定感度が上がり精度が向上できる。

30

【0060】

さらに、摩耗性粉粒体の流量を静電容量の変化として測定する上で、耐摩耗性が高い酸化物系セラミックで肉厚が0.5mm以下となる保護管を電極配置管に挿入した2重構造の測定部構造体とし、更にこれらを、FRP層を介してガード電極にて覆い包む構造とすることで、検出精度と耐摩耗性という背反する性能を両立させることができる。

【0061】

また保守は定期的な保護管のみの交換で済む。このように微粉で且つ低流量であっても

40

精度、耐摩耗性、作業性を持ち合わせた粉粒体の流量測定装置は、業界の発展に寄与するところは極めて大きい。

(2)次に、本発明の第二実施形態について説明をする。以下の説明で、上記実施形態と同一部分については、同一図符号を付して、それらの説明の全部又は一部を省略する。

【0062】

本実施形態の粉粒体測定装置における測定部構造体(電極配置管10/保護管20組体)の一例を、図4に示す。

【0063】

電極配置管(電極管)10は、成形絶縁層となる本体層12を、該本体層12の内周面

50

と同様である。

【0064】

そして、フレキシブル基板13は、絶縁樹脂フィルム15の片面（筒状としたとき外周面となる）に、幅広の検出電極14とそれより狭い接地電極16が一定のギャップGを隔て縞状に印刷してある。

【0065】

該フレキシブル基板13を巻き回して筒状としたとき、検出電極14と接地電極16とが、相互にギャップ（隙間）Gを有して螺旋状に形成され、かつ、軸線に直交する直径方向で相互に対面するようになっている。

【0066】

ここで、上記検出電極14と接地電極16との相互幅比が、1:1~1:3.5の範囲内にある。

【0067】

なお、図6に、検出電極幅=接地電極幅の場合（A）、検出電極幅>接地電極幅の場合（B）についても、電気力線図をそれぞれ示す。すなわち検出電極幅/接地電極幅=1/1の場合、電気力線は平行となり、電極配置管の管中央部側と管内壁部側との電気力線密度（感度）は同じとなる。他方、検出電極幅と接地電極幅とが異なる場合、電気力線密度は平行とならず、電極配置管の管中央部側より管内壁部側の電気力線密度（感度）が高くなり、管内壁部近傍の感度が上昇する。

【0068】

こうして、管内壁部側の感度が高くなることにより、電極配置管（本実施形態では保護管）内を通過する粉粒体の流量が微量であっても、測定精度を低下させずに測定が可能となる。その理由は、管内を流れる粉粒体が微量の場合、その粉粒体は管の内壁に沿って螺旋を描きながら移動するためである（新たな知見）と推定される。

【0069】

しかし、幅比が大きくなりすぎると、却って、感度が低下することが分かった（後述の実施例参照）。電気力線密度の高密度化範囲の幅が狭くなりすぎて、螺旋移動する粉粒体の層が粗になるため、流量変化を検知することが困難となる。

【0070】

そして、粉粒体が微量で管壁を螺旋移動するような場合を想定して検出電極幅と接地電極幅を異ならせる場合は、粉粒体の流量・種類により異なるが、相互幅比を、1:1.2~1:3.5、さらには、1:1.5~1:3.0とすることが望ましい。なお、検出・接地電極の幅によるが、両電極間ギャップGが0.5~5mm、さらには1~3mmが望ましい。このときの幅広側の電極幅は、電極配置管の内径が10.5mmのとき、例えば、幅広側:14~15.5mm、幅狭側:5.5~7mmとする。

【0071】

また、本体層12は、（円）筒状としたフレキシブル基板13の外面に、ガラスクロス12aを巻いて覆い外周からエポキシ樹脂を含浸させ固め、その上から包み込むように単層のガード電極18にて全体を覆って形成したものである。図例では、必然的ではないが、更にガラスクロス12bを巻いて覆い外周からエポキシ樹脂を含浸させ固めた構成としてある。

【0072】

これを電極配置管（測定電極管）10としてその内部へ粉粒体を通過させる保護管20を挿入する。

【0073】

本実施形態における、測定部10をケーシング24Aに組み込んだ構造の一例を図5に示す。なお、図例のケーシング24Aは、電極配置管受け金具23と、各電極と直結する電極信号変換器（回路基板）（図示せず）を組み込む可能なスペースを備えたケーシング本体25とから構成されている。実施形態と異なり、変換器に接続するためのリード線が不要となり、信号が外部ノイズの影響を受け難くなる。

10

20

30

40

50

【0074】

電極配置管10は固定リング(絶縁樹脂製)31に接着樹脂31aにて固定される。該固定リング31は電極配置管受け金具23に挿入され、電極配置管固定シール(リング)30Aにて固定(保持)される。

【0075】

他方、保護管20は電極配置管10内へ挿入されて二重構造の測定部構造体を形成するそのとき、電極配置管10との隙間は0.6mm以下となるように電極配置管受け金具23の先端位置決めリング部23aにて位置決めされ、保護管固定シール(リング)32Aにて固定(保持)される。

【0076】

さらに、接続管22が、締結リング(ユニオンナット)28にてねじ込み方式により電極配置受け金具23に接続される。このとき、リング32Aは、接続管22の段付き元部22aと、電極管受け金具23の先端位置決め部23aに形成された切欠段部との間で密着保持される。

【0077】

なお、接続管22の先端内側部には、保護管と同一内径の酸化物系セラミックスパイプ22bが内面に接着されてライナーとされている。粉粒体が通過時の接続管22の耐摩耗性を確保するためである。

【0078】

こうして、粉粒体が保護管20を通過したときの、静電容量変化はケーシング24A内に収納された変換器40にて電圧あるいは電流へ変換し、その出力はケーブルを通してスケリングメータに入力され物理量へ変換して表示されるようになっている。

【0079】

なお、第二実施形態では、検出・接地電極14、16をそれぞれ絶縁樹脂フィルム15の外周面部に配した例を示したが、内周面部一体配置した場合にも勿論本発明は適用可能である。さらに、コアとして石英管を使用する場合にも本発明は適用される。

【0080】

以下、実施例・参照例・比較例に基づいて、本発明をさらに詳細に説明する。

【0081】

<第一実施形態対応>

(1)実施例1-1~1-3、参照例1-1~1-2

図1・2に示す構成において、表1に示す材質・寸法仕様とした。

【0082】

図2に示すものは、本発明の先願(特願2005-155954:平成17年5月27日)に係るもので、参照例1-1・1-2に使用したものである。

【0083】

電極配置管10Aは、石英ガラス管44の外周面にスパイラル状に銅箔を巻きつけて検出・接地電極14、16を形成し、該検出・接地電極14、16の外側に銅箔を巻きつけてガード電極18が絶縁樹脂フィルム15を介して形成したものである。そして、該電極配置管10Aの内部に保護管20を挿入して二重構造の測定部構造体としてある。

【0084】

10

20

30

40

【表 1】

	実施例1-1	実施例1-2	実施例1-3	参照例1-1	参照例1-2
電極材質	銅印刷	←	←	銅箔	←
電極配置管/ 電極管材質	ガラスクロス 強化エポキシ	←	←	合成石英ガラス	←
材質	92%アルミナ	←	←	←	←
肉厚	0.5mm	←	←	←	←
外径	φ10mm	←	←	←	←
嵌合隙間	0.25mm	←	←	←	←
ガード電極	銅箔	←	←	←	←
ドリフト	無	無	無	有	有
使用粉体	GC#1000	GC#1500	GC#2000	GC#1000	GC#1500
流量 (g/分)	~300	←	←	←	←

なお、材質・使用材料はそれぞれ下記の如くである。

【0085】

- ・合成石英ガラス・・・外径12.9mm、肉厚1.2mm、全長140mm

比誘電率 (1 MHz・25) : 3.88、

線膨張率 (25) : 4.7×10^{-7}

- ・92%アルミナ・・・比誘電率 (1 MHz・25) : 8.9、

線膨張率 (25) : 7.1×10^{-6}

- ・電極管配置本体層・・・材質：ガラス強化エポキシ樹脂

- ・絶縁樹脂フィルム・・・材質：アクリル樹脂 (比誘電率 3.6)、肉厚：0.8mm

(2) 材料供給試験

下記1) サクション (吸引) 式のエアブラスト装置 (図7) に、下記の如く、粉粒体流量測定装置58を組み込んで、下記条件で行った。

【0086】

1) 本サクション式のエアブラスト装置は、粉粒体タンク50内に貯留した粉粒体 (ブラスト材料) をスクリーフィーダー52により、定量的に切出し、耐圧ホース54 (外径：30mm、肉厚：5.5mm) を介してエジェクター56で、粉粒体を吸引供給するものである。そして、粉粒体流量測定装置58を、フィーダー52の粉粒体吐出口 (切り出し口) と耐圧ホース54の元部との間に組み込む。

10

20

30

40

50

【0087】

そして、負圧約 - 5000mmAq (- 49kPa)、流速約 25 m/s、にて粉粒体を吸引し該粉粒体流量測定装置 58 内を通過させ、そのときの静電容量を同軸ケーブル 60 を通して変換表示装置 62 により電圧へ変換し出力として得た。さらに、流量 (切出し量) を変化させて電圧変化を測定し、そのときの流量と出力電圧の関係を求めた。

【0088】

なお、上記で使用した各供給粉粒体の仕様を下記する。

【0089】

・グリーンカーボランダム GC 1000・・・平均粒径：約 15 μm、硬さ：Hk 2400 ~ 2500

・グリーンカーボランダム GC 1500・・・平均粒径：約 10 μm、硬さ：同

・グリーンカーボランダム GC 2000・・・平均粒径：約 10 μm、硬さ：同

(3) 試験結果

1) 実施例 1 - 1・参照例 1 - 1 の試験結果を図 8 に示す。そして当該図から、参照例 1 - 1 の検出感度は、実施例 1 - 1 の約 1/5 であることが分かる。

【0090】

すなわち、実施例 1 - 1 の回帰曲線： $y_1 = 0.958 e^{0.6127x}$ 、

参照例 1 - 1 の回帰曲線： $y_1' = 0.327 e^{0.008x}$

ここで、 $x = 100$ (g/min) とすると、 $y_1/y_1' = 4.7$ となる。

【0091】

2) 実施例 1 - 2、1 - 3 及び参照例 1 - 2 の試験結果を図 9 に示す。参照例 2 の検出感度は、実施例 2 の約 1/3 であることが分かる。

【0092】

すなわち、実施例 1 - 2 の回帰曲線： $y_2 = 0.447 e^{0.0174x}$ 、

参照例 1 - 2 の回帰曲線： $y_2' = 0.354 e^{0.01x}$

ここで、 $x = 100$ (g/min) の場合、 $y_2/y_2' = 2.6$ となる。

< 第二実施形態対応 >

以下、第二実施形態に対応する実施例・参照例・比較例について説明する。

【0093】

各実施例・参照例・比較例に使用した電極配置管・保護管の仕様を表 2・3 に示す。

【0094】

なお、各材質は、特記しない限り、第一実施形態のものを使用した。

【0095】

10

20

30

【表 2】

	実施例2-1	実施例2-2	実施例2-3	実施例2-4	実施例2-5
電極管	コアレス	コアレス	コアレス	コアレス	コアレス
保護管	92%アルミナ	92%アルミナ	92%アルミナ	92%アルミナ	92%アルミナ
保護管肉厚 mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
嵌合隙間 mm	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
検出電極幅 mm	10.5	14	15.5	7	5.5
アース電極幅 mm	10.5	7	5.5	14	15.5
電極幅比	1:1	2:1	3:1	1:2	1:3
ギャップ mm	3	3	3	3	3
出力比	内壁部	1.06	1.11	1.05	1.11
	中央部	1	0.86	0.63	0.86

【 0 0 9 6 】

【表 3】

	参照例2-1	参照例2-2	参照例2-3	比較例2-1
電極管	コアレス	コアレス	コアレス	合成石英ガラス
保護管	92%アルミナ	92%アルミナ	92%アルミナ	92%アルミナ
保護管肉厚 mm	0.5	0.5	0.5	0.5
嵌合隙間 mm	0.25	0.25	0.25	0.25
検出電極幅 mm	16.8	4.2	10.5	10.5
アース電極幅 mm	4.2	16.8	10.5	10.5
電極幅比	4:1	1:4	1:1	1:1
ギャップ mm	3	3	4	3
出力比	内壁部	0.95	0.92	0.74
	中央部	0.63	0.86	0.54

10

20

(1) 実施例 2 - 1 ~ 5、参照例 2 - 1 ~ 3

各実施例・参照例の電極配置管 10 は、外周面となる片面に表示の仕様で検出・接地電極を印刷（銅ペースト）した絶縁樹脂フィルム 15 を巻いたもの（内径 11mm）に、ガラスクロス 12 a を巻いて覆い更に外周からエポキシ樹脂を含浸させ固定し、その上から包み込むようにガード電極 18 にて全体を覆って電極配置管 10 を調製し（図 4 において、ガード電極 18 の外側のガラスクロス 12 b のないもの）、該電極配置管 10 の内部に、第一実施形態と同仕様のセラミックチューブを保護管 20 として挿入した。

30

【0097】

(2) 比較例 2 - 1

比誘電率が 3.88、熱膨張係数 4.7×10^{-7} 、外径 12.9mm、内径 10.5mm、肉厚 1.2mm、合成石英ガラスをコア管として用いこれに幅 10.5mm の検出電極と幅 10.5mm の接地電極を 4mm のギャップの電極フィルムの電極面を外側にして螺旋状にコア管長さに接合させ、これをガード電極で覆い、更に比誘電率 2.0 の収縮フッ素樹脂製チューブに挿入し固定させ電極管としこの内部へアルミナ 92%、外径 10mm、内径 9mm、肉厚 0.5mm のセラミックチューブを保護管として挿入して調製した。

40

【0098】

(3) 管中心部・内壁部の感度試験

上記のように調製した実施例・参照例について、図 10 (A) に示すように外径 8mm、0.5t のフッ素樹脂製パイプ 64 を保護管 20 に接触しないように挿入し、電極配置管 10 の内壁部近傍での静電容量変化を、同様に、2mm アクリル製ロッド 66 を測定電極管 10 の中央部へ挿入し中央部の近傍の静電容量変化を、それぞれ電圧として測定した。

【0099】

50

電極の相互幅比が1/1である実施例2-1における内壁部及び中央部の基準として、出力比で求めた。

【0100】

それらの結果を、表2・3及び図11に示すとともに、評価結果を纏めて下記する。

【0101】

実施例2-2：実施例2-1より内壁部（内周部）の感度が6%上昇し中央部は14%低下した。

【0102】

実施例2-3：実施例2-1より内壁部の感度は11%上昇し、中央部は37%低下した

実施例2-4：実施例2-1より内壁部の感度は5%上昇し、中央部は14%低下した。

これは実施例2-2とほぼ同様な結果である。

【0103】

実施例2-5：実施例2-1より内壁部の感度は11%上昇し、中央部は37%低下した。

これは実施例2-3とほぼ同一な結果である。

【0104】

参照例2-1：実施例2-1より内壁部の感度は3%低下し、中央部も37%低下した。

【0105】

参照例2-2：実施例2-1より内壁部の感度は5%低下し、中央部も37%低下した。

これは参照例2-2とほぼ同様な結果である。

【0106】

参照例2-3：実施例2-1より内壁部の感度は8%低下し、中央部も14%低下した。

これは電極間ギャップが広がったためであると考えられる。

【0107】

比較例2-1：実施例2-1より内壁部の感度は26%低下し、中央部は46%低下した。

これはコア-電極構造とすることでコア-管の厚み分の距離が広がり、更にコア-管の静電容量分感度が低下したためであると考えられる。

【0108】

（4）流量/出力電圧対応試験

実施例2-1及び実施例2-3の電極配置管を静電容量/電圧変換器とが一体構造化した図5に示す流量測定装置を用いて、平均粒径約25 μ mのグリーンカーボランダムGC#600を用いた以外は、第一実施形態におけるのと同様にして流量と出力電圧との関係を求めた。

【0109】

そのときの流量と出力電圧の関係を図12に示す。この結果から同一流量のとき、電極幅比3/1の実施例2-3は、電極幅比1/1の実施例2-1より高い出力が得られた。これは粉粒体が空気流にて搬送される場合、搬送管（保護管20）の壁面近傍の密度が高くなって流れているためと推定される。すなわち、実施例2-3は、保護管内壁部近傍の感度が高い電極構造が良好であることを示している。

【図面の簡単な説明】

【0110】

【図1】本発明に係る粉粒体流量測定装置の第一実施形態における測定検出部を示すモデル断面図。

【図2】本発明に係る粉粒体流量測定装置の第一実施形態の先行例を示すモデル断面図。

【図3】本発明に係る粉粒体流量測定装置の第一実施形態における組立て断面図。

【図4】本発明に係る第二実施形態における測定検出部を示すモデル断面図。

【図5】同じく組立て断面図。

【図6】（A）、（B）は検出電極/接地電極の相互幅比と発生電気力線密度の関係を示す原理説明図。

【図7】本発明の粉粒体流量測定装置を吸引式のエアブラスト装置に組み込んだ場合の一例を示す構成図。

10

20

30

40

50

【図 8】実施例 1 - 1 および比較例 1 - 1 における流量測定装置を、図 7 に示す吸引式のエアブラスト装置に組み込んで、同一の粉粒体（グリーンカーボランダム 1000）を供給した場合の粉粒体流量 / 出力電圧の関係を示すグラフ図。

【図 9】実施例 1 - 2・3 及び参照例 1 - 2 の流量測定装置を、図 7 に示す吸引式のエアブラスト装置に組み込んで、同一の粉粒体（グリーンカーボランダム 1500）を供給した場合の粉粒体流量 / 出力電圧の関係を示すグラフ図。

【図 10】(A)、(B)は、各例の測定電極部に電圧を印加したときの中心部及び内壁部との静電容量の変化をそれぞれ測定するための測定原理図。

【図 11】図 10 の測定原理図を用いて測定した結果を示すグラフ図。

【図 12】実施例 2 - 1 及び実施例 2 - 3 の流量測定装置を、図 7 に示す吸引式のエアブラスト装置に組み込んで、同一の粉粒体（グリーンカーボランダム 600）を供給した場合の粉粒体流量 / 出力電圧の関係を示すグラフ図。

10

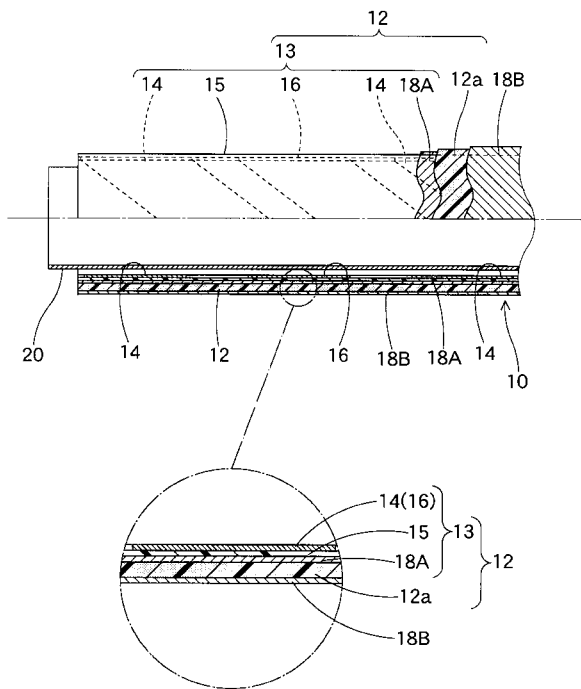
【符号の説明】

【0111】

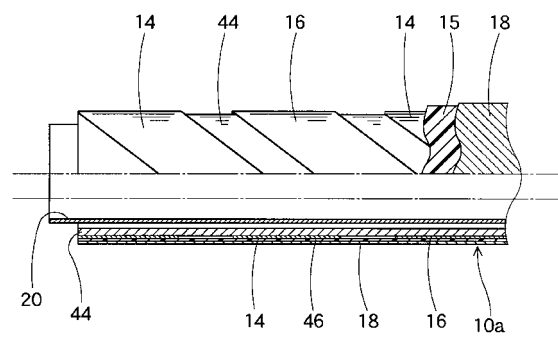
- 10 電極配置管（電極管）
- 12 電極配置管の本体層
- 14 検出電極
- 16 接地電極
- 18 ガード電極
- 18 A 内部ガード電極
- 18 B 外部ガード電極
- 20 保護管
- G 検出電極と接地電極とのギャップ

20

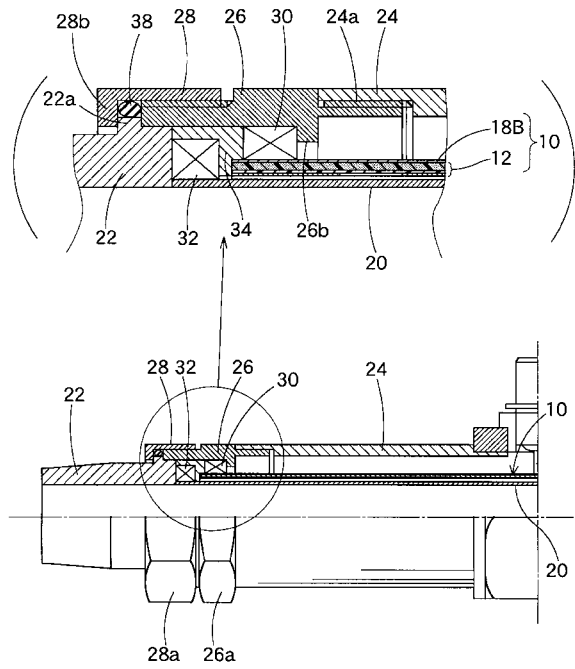
【図 1】



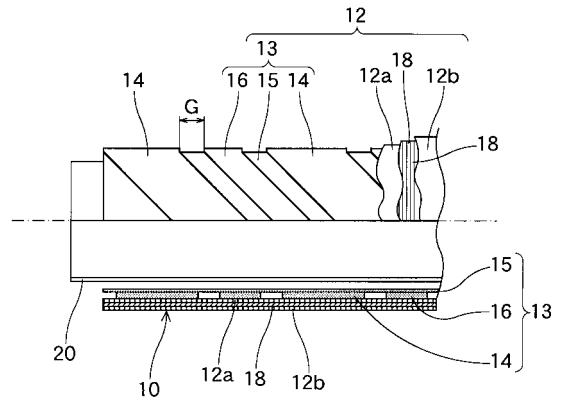
【図 2】



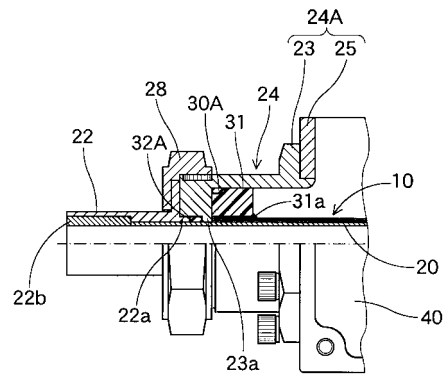
【 図 3 】



【 図 4 】

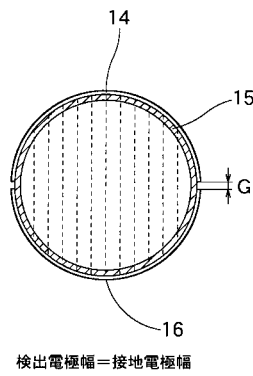


【 図 5 】

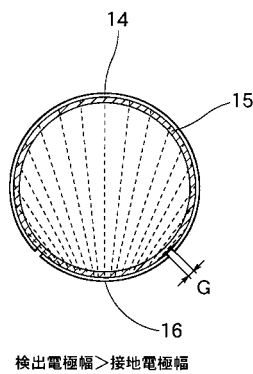


【 図 6 】

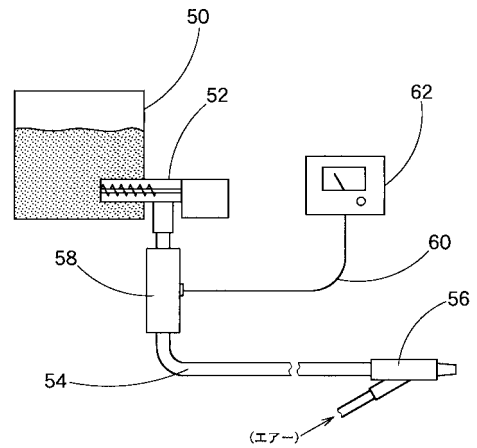
(A)



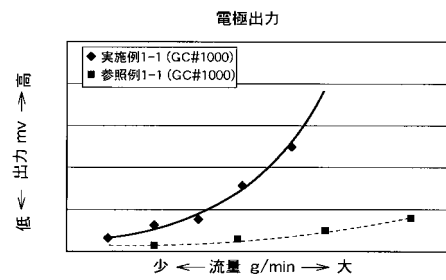
(B)



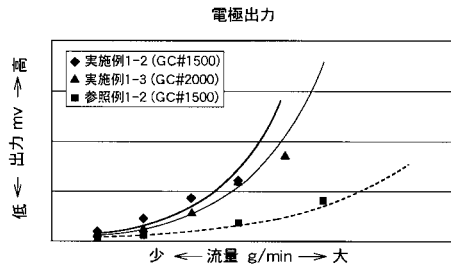
【 図 7 】



【 図 8 】

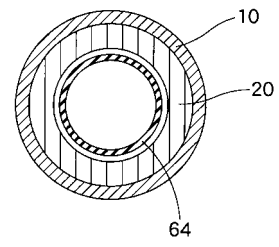


【 図 9 】

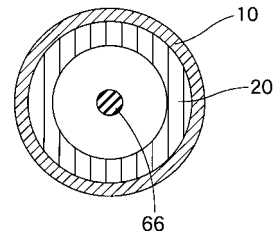


【 図 10 】

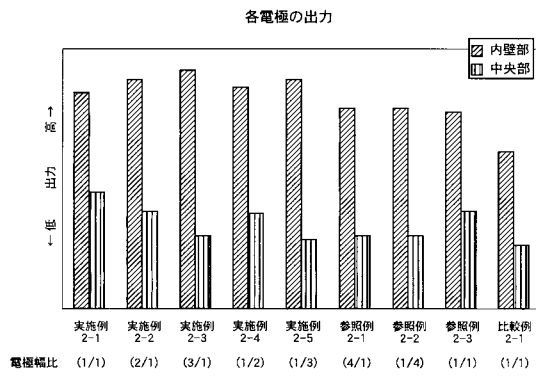
(A)



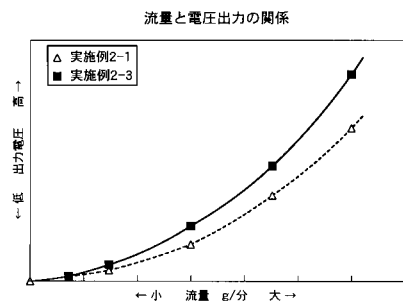
(B)



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (72)発明者 山口 学
大阪府吹田市江坂町一丁目 1 7 - 1 4 山本電機インスツルメント株式会社内
- (72)発明者 荒松 美樹
大阪府吹田市江坂町一丁目 1 7 - 1 4 山本電機インスツルメント株式会社内
- Fターム(参考) 2F035 AA04 HA01 HB07