

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5398990号
(P5398990)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 L 27/00 (2006.01)	GO 1 L 27/00
GO 1 F 1/32 (2006.01)	GO 1 F 1/32 G

請求項の数 27 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-550383 (P2007-550383)	(73) 特許権者	597115727
(86) (22) 出願日	平成17年12月15日(2005.12.15)		ローズマウント インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2008-527347 (P2008-527347A)		アメリカ合衆国 55317 ミネソタ州
(43) 公表日	平成20年7月24日(2008.7.24)		、チャナッセン、マーケット・ブルバード 8200
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/045734	(74) 代理人	100078662
(87) 国際公開番号	W02006/073752		弁理士 津国 肇
(87) 国際公開日	平成18年7月13日(2006.7.13)	(74) 代理人	100131808
審査請求日	平成20年11月6日(2008.11.6)		弁理士 柳橋 泰雄
(31) 優先権主張番号	11/031, 953	(72) 発明者	アンダーソン、ウィリアム・トーマス
(32) 優先日	平成17年1月7日(2005.1.7)		アメリカ合衆国、ミネソタ 55317、
(33) 優先権主張国	米国 (US)		チャンハッセン、ヘロン・ドライブ 1561

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダイヤフラムの破断又は薄化を検出するための診断システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工業用フィールド装置で用いるためのダイヤフラム診断システムであって、
 プロセス流体にフィールド装置を結合するように構成され、複数の層と、前記複数の層の中の工業用プロセスのプロセス流体に触れる第一の層と、を含むダイヤフラムと、
 前記ダイヤフラムに結合されて前記ダイヤフラムの電気パラメータを監視し、監視された前記電気パラメータの変化に基づき、前記ダイヤフラムの動作状態を応答的に推測する診断回路と、

を含み、

前記電気パラメータは、前記ダイヤフラムに時変信号が与えられたときに測定される、
 ダイヤフラム診断システム。

10

【請求項 2】

前記電気パラメータの変化が所定の限度を超えた場合、前記ダイヤフラムの推測された動作状態を示す警告信号を生成するように適合された警告生成機能をさらに含む、請求項1記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 3】

前記複数の層は、少なくとも二つの導電層と、前記二つの導電層を隔てる少なくとも一つの誘電層を含み、

前記電気パラメータが、前記二つの導電層の間に形成された静電容量を含む、請求項1記載のダイヤフラム診断システム。

20

【請求項 4】

前記ダイヤフラムを前記時変信号で掃引するように適合され、前記電気パラメータが前記ダイヤフラムの複素電気パラメータを含む信号生成器をさらに含む、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 5】

前記ダイヤフラムを監視し、前記時変信号に基づいて、格納された基礎値信号に対する前記複素電気パラメータの変化を検出するように適合された複素信号分析システムをさらに含む、請求項 4 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 6】

前記複数の層が少なくとも一つの導電層を含む、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。 10

【請求項 7】

前記複数の層が少なくとも一つの誘電層を含む、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 8】

前記複数の層が、
少なくとも二つの導電層と、
前記少なくとも二つの導電層を隔てる少なくとも一つの誘電層と、
を含む、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 9】

前記電気パラメータが、前記少なくとも二つの導電層の容量性電位を含む、請求項 8 記載のダイヤフラム診断システム。 20

【請求項 10】

前記電気パラメータの変化の程度が、前記第一の層の表面領域の変化の程度を示す、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 11】

前記診断回路が、前記第一の層に対する前記複数の層の一つ以上の電気パラメータを監視するように適合される、請求項 1 記載のダイヤフラム診断システム。

【請求項 12】

分離ダイヤフラムの動作状態を推測するための方法であって、 30
複数の層と、前記複数の層の中のプロセス流体に直接接触する第一の層とを含む分離ダイヤフラムを備えることと、
前記分離ダイヤフラムに電気信号を与えることと、
与えられた前記電気信号に対する前記分離ダイヤフラムの電気パラメータの測定された変化から、前記分離ダイヤフラムの動作状態を応答的に推測することと、
を含み、
前記電気信号は、時変要素である、
方法。

【請求項 13】

前記電気パラメータの測定された変化が所定の限度を越えた場合、前記分離ダイヤフラムの劣化状態を示す警告信号を生成することをさらに含む、請求項 12 の方法。 40

【請求項 14】

ある周波数範囲を含む電気信号を生成することと、
前記分離ダイヤフラムを経由して前記周波数範囲を含む電気信号を伝送することと、
を適用するステップを含む、請求項 12 記載の方法。

【請求項 15】

前記推測するステップは、
前記分離ダイヤフラムの前記電気パラメータを監視することと、
格納された基礎測定値に対する監視された前記電気パラメータの変化を計算することと

を含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 6】

前記電気パラメータが、前記分離ダイヤフラムの時定数を含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 7】

前記電気パラメータが、前記分離ダイヤフラムの複素電気パラメータを含む、請求項 1 2 記載の方法。

【請求項 1 8】

工業用フィールド装置で用いるための診断システムであって、

プロセス流体にフィールド装置を結合するように構成され、複数の層と、前記複数の層 10
の中の工業用プロセスのプロセス流体に触れる第一の層とを含む静電容量エレメントと、

前記静電容量エレメントに結合されて前記静電容量エレメントの電気パラメータを監視し、監視された前記電気パラメータの変化に基づき前記静電容量エレメントの動作状態を
応答的に推測する診断回路と、

を含み、

前記複数の層は、少なくとも二つの導電層と、前記二つの導電層を隔てる少なくとも一
つの誘電層を含む、

診断システム。

【請求項 1 9】

前記工業用フィールド装置が、パイプ部内に延びる分岐バーを有する渦流量計を含み、 20
前記静電容量エレメントが前記パイプ部の薄肉部を含み、前記薄肉部を通して、前記パイ
プ内の流体流による前記分岐バーの動きが伝えられる、請求項 1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 0】

前記工業用フィールド装置が、前記パイプ部に結合された圧力センサを含み、前記静電
容量エレメントが、液封された毛細管を通して、遠隔センサに、前記パイプ部内の流体流
からの圧力を伝えるように適合された柔軟な分離ダイヤフラムを含む、請求項 1 8 記載の
診断システム。

【請求項 2 1】

制御センタへの伝送のための推測された動作状態を示す警告信号を生成するように適合
された警告生成機能をさらに含む、請求項 1 8 記載の診断システム。 30

【請求項 2 2】

前記電気パラメータの変化の大きさが、前記静電容量エレメントの損傷の程度を示す、
請求項 1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 3】

前記電気パラメータが、前記静電容量エレメントの複素インピーダンスを含む、請求項
1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 4】

前記診断回路が、

時変要素を有する電気信号で前記静電容量エレメントを掃引するように適合された信号
生成器と、 40

前記静電容量エレメントを監視し、格納された基礎測定値に対する前記静電容量エレメ
ントの一つ以上の前記電気パラメータの変化に基づき前記静電容量エレメントの動作状態
を推測するように適合された複素信号分析システムと、

をさらに含む、請求項 1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 5】

前記診断回路が、前記第一の層に対する前記複数の層の一つ以上の電気パラメータを監
視するように適合される、請求項 1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 6】

前記少なくとも一つの誘電層が多孔質材料を含む、請求項 1 8 記載の診断システム。

【請求項 2 7】

前記第一の層を通してプロセス流体が漏出している場合、前記電気パラメータの突然の変化に基づき動作状態が推測される、請求項 2 6 記載の診断システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野

本発明は工業用プロセス計装で用いるためのダイヤフラムに関し、より詳細には、ダイヤフラムの破断又は薄化を検出するための診断システムに関する。

【0002】

発明の背景

多くの工業用計器は、プロセスのパラメータを測定するために工業用プロセスに結合されたダイヤフラムエレメントを含む。たとえば、いくつかの圧力トランスミッタは、工業用プロセスに結合された分離ダイヤフラムを含む。圧力測定は、圧力に応じたダイヤフラムの撓みに基づきダイヤフラムから直接行つか、又は液封された毛細管を用いて分離ダイヤフラムに結合された遠隔圧力センサにより直接行うことができる。ダイヤフラムの破断又は薄化は、測定読取値を変えてしまう、及び/又は工業用プロセスからプロセス流体が漏れることを許してしまう可能性がある。加えて、液封された毛細管からの封入液が、分離ダイヤフラムの破断を通して漏れ、プロセスを汚染する場合がある。

【0003】

従来、遠隔圧力センサの分離ダイヤフラムの破断を検出するための一つの技術は、液封内に延びるリード線を用いるものである。リード線に結合された測定装置は、2 線間の抵抗の変化を検出するように適合されている。分離ダイヤフラムの破断を通して導電性のプロセス流体が流れた場合、リード線間の抵抗が変化し、これにより破断が示される。もう一つの技術は、トランスミッタ測定における突然の変化を監視することであり、これにより破断を示すことができる。しかし、これらの技術は単に、破断が生じた後のダイヤフラムの破断を特定するだけであり、封入液がプロセス内に漏出した後である可能性がある。

【0004】

本技術分野では、薄化した又は破断したダイヤフラムの即時検出に対する継続的な要望がある。本発明の実施態様は、これらの問題に対する解決策を提供し、かつ従来の診断システムを越える利点を提供する。

【0005】

発明の概要

工業用フィールド装置で用いるためのダイヤフラム診断システムは、ダイヤフラム及び診断機能を有する。ダイヤフラムは、プロセス流体にフィールド装置を結合し、複数の層を有する。複数の層の第一の層は、工業用プロセスのプロセス流体に触れる。診断機能は、ダイヤフラムに結合されてダイヤフラムの電気パラメータを監視し、監視された電気パラメータの変化に基づきダイヤフラムの動作状態を応答的に推測する。

【0006】

詳細な説明

図 1 は、本発明の実施形態の破断検出機能を備えた工業用プロセストランスミッタの、簡略化された図である。システム 100 は、通信リンク 106 により制御センタ 104 に通信可能に結合されたトランスミッタ 102 を含み、通信リンクは有線又は無線にすることができる。通信リンク 106 は、制御センタ 104 内の監視及び制御システムに、トランスミッタ 102 のハウジング内部に配置された電子機器を結合する。

【0007】

加えて、トランスミッタ 102 の基部 108 は、溶接スパッド 112 により工業用プロセス容器壁 110 に結合され、溶接スパッドは溶接継手 114 で容器壁 110 に溶接されている。トランスミッタ 102 は溶接スパッド 112 に螺合可能に結合されて、分離ダイヤフラム 116 が、容器壁 110 の開口 118 を介して容器内のプロセス流体に直接触れるようにする。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

図 2 は、図 1 のトランスミッタ 1 0 2 の基部 1 0 8 の拡大断面図である。基部 1 0 8 は溶接スパッド 1 1 2 により容器壁 1 1 0 に装着され、溶接スパッドは溶接継手 1 1 4 で容器壁 1 1 0 に取り付けられている。分離ダイヤフラム 1 1 6 は、一方の面で容器壁 1 1 0 の開口 1 1 8 を介してプロセス流体に直接触れ、他方の面で液封された毛細管 1 2 2 内の液封材料 1 2 0 に触れる。一般的に、分離ダイヤフラム 1 1 6 に対するプロセス流体の圧力変化は、毛細管 1 2 2 内の液封 1 2 0 を通して、液封された毛細管 1 2 4 を介して分離ダイヤフラム 1 1 6 に結合された遠隔圧力センサ（図示せず）に伝えられる。

【 0 0 0 9 】

分離ダイヤフラム 1 1 6 は多層の静電容量性構造体である（図 3 に詳細に図示する）。通常、多層分離ダイヤフラム 1 1 6 は、プロセス流体圧力に応じて撓むために十分に薄くかつ柔軟性がある。多層ダイヤフラム 1 1 6 は、トランスミッタのハウジング内部に配置された電子機器に結合され、本発明の実施形態の破断の表示を電氣的に提供するように適合されている。

【 0 0 1 0 】

図 3 は、本発明の実施形態の分離ダイヤフラム構造体 3 0 0 の一部の拡大図である。図 3 の分離ダイヤフラム構造体 3 0 0 は一定の縮尺ではなく、説明を目的としてむしろ誇張されていることが理解されるべきである。

【 0 0 1 1 】

分離ダイヤフラム構造体 3 0 0 は、液封された毛細管 3 0 4 を有するトランスミッタ 3 0 2、及び分離ダイヤフラム構造体 3 0 6 を含む。分離ダイヤフラム構造体 3 0 6 は多層構造体であり、誘電材料 3 1 2 によって隔てられた第一の導電層 3 0 8 及び第二の導電層 3 1 0 からなり、誘電材料は好ましくは固体誘電材料である。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、第一の導電層 3 0 8 は、プロセス流体に直接触れる表面 3 1 4（濡れた表面）を有する。一般的に、第一の導電層 3 0 8 は、プロセス導管、パイプ又は容器に電氣的に結合され、これらは同様に電気接地 3 1 6 に結合される。第二の導電層 3 1 0 は、ダイヤフラム構造体 3 0 6 の静電容量又は複素インピーダンスの変化を測定するための、一つ以上のリード線 3 1 8 を備える。

【 0 0 1 3 】

通常、静電容量とは電圧電位に対する電荷の比率である。平行平板コンデンサは、本発明により意図されるコンデンサの一つのタイプであり、その静電容量は以下の式によって決定される。

【 数 1 】

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

ここで、 ϵ_0 は誘電率定数（誘電率）であり、 A は平板領域を表し、 d は 2 枚の平板を隔てている距離を表す。本発明の好ましい実施形態にあるように、誘電体が固体材料で形成されている場合、距離（ d ）及び誘電率（ ϵ_0 ）は実質的に一定数を維持する。しかし、平板の領域（ A ）が（たとえば腐食又は磨耗により）変化した場合、静電容量は変化する。結果として、パイプを通して流れる非導電材料により第一の導電板 3 0 8 が腐食すると、第一の導電板 3 0 8 の領域（ A ）が変化し、このために分離ダイヤフラム 3 0 6 の静電容量に、測定可能な変化が生じる。分離ダイヤフラム 3 0 6 の静電容量に変化が生じることにより、分離ダイヤフラム 3 0 6 が修理又は交換を要することを示す表示を提供することができる。

【 0 0 1 4 】

パイプ内部のプロセス流体が非伝導性であるか、又は非凝縮気体状である場合（又はシステムがシャットダウンした時等、プロセスパイプが空である場合）、第一の導電層 3 0 8 に対する（又は電気接地に対する）第二の導電層 3 1 0 の静電容量を監視することによ

10

20

30

40

50

り、（上記に示唆したように）第一の導電層 308 の破断又は薄化の検出を推測することができる。一般に、本発明のシステム 300 は、静電容量式ダイヤフラム 306 の一つ以上の層に電圧又は信号を与えて変化を測定するように適合された診断機能（図 5 に示す）を備える。たとえば、一つの実施形態では、静電容量式ダイヤフラム 306 の両端に電圧が印加され、時定数が評価されて静電容量が決定される。電圧が、たとえばステップ電圧信号により周期的である場合、静電容量の変化は出力信号の時定数の変化として検出可能である。本実施形態では、システム 300 は、ダイヤフラム 306 の測定された静電容量に基づき、第一の導電層 308 の磨耗又は腐食による薄化を検出するように適合されている。

【0015】

10

しかし多くの場合、プロセス流体は導電性であり、第一の導電層 308 の腐食は、静電容量の直接測定では検出できない場合がある。特に、工業用プロセスのプロセス流体は、第一の導電層 308 の穴又は破断を封じる場合があり、このため一見安定した表面領域が維持され、分離ダイヤフラム 306 の静電容量はさほど変化しない。それにもかかわらず、第二の導電層 310 の両端の複素インピーダンスの測定された変化から、腐食を推測することができる。たとえば、静電容量の状態を評価するための式は、以下の式のようなものである。

【数 2】

$$Z = \frac{V_m}{I_m} e^{-j\theta}$$

20

ここで Z は、指数関数を乗じた電流に対する電圧の大きさの比率を表し、これは実数部分と虚数部分の両方を含む。第一の導電板 308 の領域における変化を前提とすると、平行平板コンデンサ（分離ダイヤフラム構造体 306）の両端のインピーダンスは、たとえばプロセス流体が導電性であっても、経時変動する可能性がある。感知回路（たとえば図 5 の信号分析システム 514）は、第一の導電板 308 及び第二の導電板 310 に結合されて、静電容量式ダイヤフラム 306 の電気パラメータ、たとえば複素インピーダンス、リアクタンス、又はその他の電気パラメータを測定することができる。第二の導電板を時変信号で（又はある周波数範囲を含む信号で）掃引することにより、一つ以上の電気パラメータの変化を用いて、第一の導電層の状態を推測してもよい。

30

【0016】

一つの実施形態では、誘電材料 312 は多孔質材料を含み、プロセス流体が第一の導電層 308 を腐食させた場合、プロセス流体は誘電材料 312 を通過して、第二の導電層 310 をアース接地へ短絡させるようにする。多孔質の誘電体により、第一の導電層 308 の破損を、ダイヤフラム 306 の一つ以上の電気パラメータの突然な変化によって検出することができる。もう一つの実施形態では、誘電材料 312 が腐食するように選択されて、プロセス流体の流入が第二の導電層 310 に接触することを許容し、第二の導電層 310 をアース接地へ短絡させることができる。誘電材料 312 が多孔質又は腐食性であるように選択された場合、第二の導電層 310 は、実質的に誘電層 312 の全面にわたって伸びるように構成してもよい（仮想線で示す）。加えて、第二の導電層 310 とトランスミッタ 302 との間に非導電性シール 320（仮想線で示す）を配置して、第二の導電層 310 を通過してプロセス流体が漏出することを防止し、かつトランスミッタ 302 の壁から第二の導電層 310 を電氣的に分離することができる。

40

【0017】

場合によっては、プロセス流体は揮発性にすることができ、本質的な安全上の理由から、静電容量式ダイヤフラム 306 は、漏出しているプロセス流体へのスパーク又は放電を防止するように適合することができる。たとえば、コンデンサに電圧制限装置を結合してコンデンサの電圧電位を制限し、電位のスパーク又は放電による揮発性プロセス流体の発火を防止することができる。

50

【 0 0 1 8 】

図 4 は、測定された電気パラメータからダイヤフラムの薄化又は破断を推測するためのプロセスの、簡略化されたフローチャートである。静電容量式ダイヤフラムは時変信号で掃引される（ブロック 4 0 0）。時変信号が与えられると、静電容量式ダイヤフラムの一つ以上の電気パラメータが測定される（ブロック 4 0 2）。測定された電気パラメータは、格納された基礎値と対照比較される（ブロック 4 0 4）。測定値が基礎値から所定の限度を越えて変動している場合（ブロック 4 0 6）、変動に基づきダイヤフラムの破断又は薄化を推測することができる（ブロック 4 0 8）。測定値が基礎値から所定の限度を越えて変動していない場合（ブロック 4 0 6）、ステップ 4 0 0 及び一連のステップが繰り返される。

10

【 0 0 1 9 】

一般に、測定された電気パラメータは静電容量であり得るか、又は任意の数の複素電気パラメータ（たとえば、インピーダンス、リアクタンス、アドミタンス等）であり得る。格納された基礎値からの変動に基づき薄化又は破断が推測された場合、静電容量式ダイヤフラムの推測された動作状態を示す警告信号が生成され、制御センタへ送信されることができる。動作状態は、動作不能又は非動作状態から完全に機能する状態まで幅がある可能性があることが理解されるべきである。さらに、変動の大きさ又は程度は、静電容量式ダイヤフラムの腐食、磨耗又は損傷の程度を示すことができることが理解されるべきである。一方、電気パラメータが基礎測定値から変動することに基づいて、変動の程度により、腐食、磨耗又は損傷のタイプ（たとえば、ピッチング、亀裂、均一な磨耗、腐食等）を示すことができる。亀裂の入った又は完全に破断したダイヤフラムは、開回路又は無限大のインピーダンスとして検出される場合があるのに対し、基準値からの変動は、分離ダイヤフラムの劣化状態を示すことができる。

20

【 0 0 2 0 】

一つの実施形態では、制御センタにより掃引信号がトリガされる。代替の実施形態では、診断回路により掃引信号分析がトリガされて周期的に実行される。図 4 の方法は時変信号を使用したか、場合によっては、印加された DC 電圧を使用することもできる。さらには、エキスパートシステム、たとえばファジー論理システム、人工知能システム、ニューラルネットワーク等を使用して分離ダイヤフラムの電気パラメータを分析し、ダイヤフラムの動作状態を推測することができる。

30

【 0 0 2 1 】

図 5 は、本発明の実施形態の診断システム 5 0 0 の、簡略化されたブロック図である。診断システム 5 0 0 は、診断機能 5 0 4（回路内に組み込み可能）に通信可能に結合された分離ダイヤフラム構造体 5 0 2 を含み、診断機能は通常ハウジング内に収容されている。ダイヤフラム構造体は、誘電材料 5 1 0 によって隔てられた第一の導電層 5 0 6 及び第二の導電層 5 0 8 を含む。第一の導電層 5 0 6 は、工業用プロセスの導管又はパイプ内のプロセス流体に触れる。一つの実施形態では、第一の導電層 5 0 6 は、導電性のパイプ壁に電氣的に接地されている。第二の導電層 5 0 8 はプロセス流体から分離され、かつ第一の導電層 5 0 6 から電氣的に分離されている。

【 0 0 2 2 】

40

診断機能 5 0 4 は、信号生成器 5 1 2、複素信号分析システム 5 1 4、マイクロプロセッサ 5 1 6、トランシーバ 5 1 8、警告生成器 5 1 9 を含み、更にエキスパートシステム 5 4 0、たとえば人工知能システム、ファジー論理システム、ニューラルネットワーク等を含むこともできる。信号生成器 5 1 2 は、電気信号、たとえば時変又は周期信号を送送するように適合された回路である。信号生成器 5 1 2 は、第二の導電層 5 0 8 を経由して電気信号を送送し、電気信号は複素信号分析システム 5 1 4 によって測定されて分析され、システムの一つ以上の複素電気パラメータの変化を検出することができる。エキスパートシステム 5 4 0 を用いて、一つ以上の電気パラメータを分析し、格納された基礎測定値に対する一つ以上の電気パラメータの変化に基づき分離ダイヤフラムの動作状態を推測することができる。信号分析システム 5 1 4 は、信号処理部、測定された信号を処理するよ

50

うに適合された回路、静電容量式センサ、又は測定された静電容量に基づき診断測定を引き出すように適合されたその他のあらゆるエレメントを含むことができることを理解すべきである。

【0023】

一つの実施形態では、監視されているプロセス流体は非導電性であり、分析システム514は、電氣的接地に対する分離ダイヤフラム502の静電容量を測定するように適合されたセンサを含む。プロセス流体が導電性である環境では、信号生成器512は好ましくは、ある周波数範囲を有する電気信号で第二の導電層508を掃引するように適合される。複素信号分析システム514は、掃引された周波数範囲内の分離ダイヤフラム502の複素インピーダンスを検出するように適合される。

10

【0024】

マイクロプロセッサ516を使用して、測定された複素インピーダンスをさらに処理する、及び/又は測定された複素インピーダンスを格納された値と対照比較して、警告状態を検出することができる。警告状態は、基礎測定値から所定量を越える変動がある場合の検出された変化から推測することができる。マイクロプロセッサ516は好ましくは、インピーダンスの測定された変化を所定の限度と対照比較し、測定された変化が限度を越える場合、通信リンク522を介して、制御センタ520に、トランシーバ518による伝送のための警告を生成するように適合されている。一方、別個の警告生成器519（又は警告生成回路）を使用して、トランシーバ518による伝送のための警告信号を生成してもよい。一つの実施形態では、プロセス流体が非導電性である場合、複素信号分析システム514は、単に分離コンデンサ502の静電容量を測定できるのみであり、所定の限度を越える静電容量の変化により、処理部516に警告を生成させることができる。

20

【0025】

診断システム500のエレメントは、トランスミッタ電子機器504のその他のコンポーネントと共有されてもよいことが理解されるべきである。たとえば、感知エレメント又は複素信号分析システム514によってトランシーバ518をさらに用いて、たとえば制御センタに直接未処理データを伝送してもよい。同様に、制御センタ520がトランシーバ518を介して制御信号を送信し、感知エレメント（たとえば分析システム514）に新たな測定を行わせてもよい。マイクロプロセッサ516にさまざまな部品、たとえば信号生成器512、複素信号分析システム514、及び警告生成器519を、全体的に又は部分的に組み込むことができる。

30

【0026】

図6は、本発明の実施形態の診断システム600の簡略化されたブロック図である。システム600は、診断電子機器604に結合された静電容量式分離ダイヤフラム602を含む。ダイヤフラム602は、誘電体610によって隔てられた第一の導電層606及び第二の導電層608を含む。信号生成器612及び複素信号分析システム614は、第二の導電層608に電氣的に結合されている。

【0027】

本実施形態では、タンク内のプロセス流体により第一の導電層606が腐食して、第一の導電層606にピット又は開口616を残し、プロセス流体に誘電体610を部分的に触れさせる。誘電体610は好ましくは固体材料から形成され、第一の導電層606の割れからプロセス流体内に誘電性流体が放出されないようにする。加えて、固体誘電体610は、（たとえばリモートシールシステムの）プロセス流体内への毛細管封入液の漏出に対する保護層としての機能を果たす。さらに、固体誘電体610は、（たとえば、電子機器がプロセスに直接隣接している場合）電子機器ハウジング内へのプロセス流体の漏出に対する保護層としての機能を果たす。

40

【0028】

信号生成器612は第二の導電層608に結合され、第二の導電層608上に、所定の周波数範囲で信号を伝送するように適合されている。複素信号分析システム614は第二の導電層608に結合され、第一の導電層606の変化に基づき掃引信号の変化を検出す

50

るように適合されている。

【 0 0 2 9 】

一つの実施形態では、プロセス流体が非導電性である場合、第一の導電層 6 0 6 の腐食を、第一及び第二の導電層 6 0 6、6 0 8 の間の静電容量（又は電位）の変化として検出することができる。しかし、より一般的には、プロセス流体が導電性である場合、信号生成器 6 1 2 は、試験周波数範囲（又は任意の時変信号）で、第二の導電層 6 0 8 を掃引することができる、複素信号分析システム 6 1 4 を使用して、複素インピーダンスの変化に基づき腐食を検出することができる。いずれの場合も、測定された変化が所定の限度を超える場合、警告が生成されて制御センタに伝送されることができる。

【 0 0 3 0 】

図 7 は、本発明の実施形態の診断システム 7 0 0 の、簡略化されたブロック図を示す。診断システム 7 0 0 は、トランスミッタ 7 0 4 に結合された多層分離ダイヤフラム構造体 7 0 2 を含む。分離ダイヤフラム構造体 7 0 2 は、3 つの導電材料層 7 0 6、7 0 8 A 及び 7 0 8 B から形成され、誘電材料層 7 1 0 A 及び 7 1 0 B によって互いに隔てられている。信号生成器 7 1 2 は、第二及び第三の導電層 7 0 8 A 及び 7 0 8 B にそれぞれ結合され、一方で第一の導電層 7 0 6 はプロセス導管に結合されて、それから接地される。複素信号分析システム 7 1 4 は第二及び第三の導電層 7 0 8 A 及び 7 0 8 B にそれぞれ結合されて、第一及び第二の各導電層 7 0 6 及び 7 0 8 A、及び第二及び第三の各導電層 7 0 8 A 及び 7 0 8 B それぞれの間の複素インピーダンス又は静電容量の変化を監視する。静電容量又は複素インピーダンスの差分変化は、第一の導電層 7 0 6 の破断を示すことができる。

【 0 0 3 1 】

一つの実施形態では、プロセス流体は非導電性又は気体状態であり、第一の導電層 7 0 6 の腐食は、ダイヤフラム 7 0 2 の直接測定された静電容量の変化に基づき検出される。一方で、プロセス流体が導電性である場合、第一の導電層 7 0 6 の腐食は、ダイヤフラム構造体 7 0 2 の複素インピーダンスの変化から推測される。特に、信号生成器 7 1 2 は、分離された導電層 7 0 8 A 及び 7 0 8 B を経由して、ある周波数範囲を有する信号を掃引するように適合され、複素信号分析システム 7 1 4 は、ダイヤフラム 7 0 2 の複素インピーダンスの変化を検出するように適合されている。第一の導電層 7 0 6 の薄化、磨耗又は腐食は、複素インピーダンスの変化から推測することができる。

【 0 0 3 2 】

全体として、本発明は、従来技術を超える多くの利点を提供する。第一に、薄箔の分離ダイヤフラムを、薄化又は破断の静電容量的表示（又は電氣的表示）を提供するように適合された多層ダイヤフラムに交換することにより、トランスミッタがそれ自体を診断して、ダイヤフラムが破断してプロセスを汚染する前に分離ダイヤフラムの修理が必要であることを示す警告を提供するように適合することができる。第二に、誘電材料は固体の非導電材料、たとえばセラミックにすることができ、これにより、分離エレメントの研磨された表面が破断した後であっても、プロセス封入液（たとえば分離ダイヤフラム内部で用いられるもの）と工業用プロセスのプロセス流体との間の分離が維持される。第三に、分離エレメントの診断を個別に実施することにより、分離エレメントの状態に関するさらなる詳細を提供することができる。特に、二枚の平板診断システムが破断又は薄化を示すそのままの表示を提供することができるのに対し、三枚以上の平板診断システムは、一つには容量差に基づいて、分離エレメントの損傷の程度の、より複雑かつ教示的な表示を提供することができる。加えて、本発明は、プロセス流体による腐食又は損傷の影響を受けやすい薄い領域を有する、あらゆる工業用計器に適用可能である。このように、本発明は、分離ダイヤフラムに起こり得る損傷を、その損傷がきわめて甚大になる前に示す電気信号を生成するように適合された分離エレメントを提供する。

【 0 0 3 3 】

図 8 は、本発明の実施形態の代替の分離ダイヤフラム構造体 8 0 0 の、簡略化されたブロック図である。分離ダイヤフラム構造体 8 0 0 は、第一の導電層 8 0 2 と、二つの電気

10

20

30

40

50

的に隔てられた平板 804A 及び 804B に分割され、誘電体 806 によって第一の導電層 802 から隔てられた第二の導電層 804 とからなる。本実施形態では、第一の導電層 802 の領域でのたとえば腐食による変化は、平板 804A 及び 804B から測定された容量差として検出することができる。代替の実施形態では、上述のような複素インピーダンス測定を使用することができる。この場合、複素インピーダンスは、生成された信号に基づき平板 804A 及び 804B の両端で別々に測定される。一つの実施形態では、同じ信号に基づき二枚の平板 804A 及び 804B から測定された位相差は、腐食を示すことができる。

【0034】

本実施形態では、静電容量は、これら二枚の半平板 804A 及び 804B から、又はそれらの間で測定可能である。測定された静電容量は、第一の導電層 802 の腐食によって生じた領域の変化により変わる場合がある。しかし、プロセス流体が導電性である場合、静電容量の直接測定では、第一の導電層 802 の状態について何も明らかにされない可能性がある。この場合、プロセス流体が導電性である場合、第一の半平板 804A は、ある周波数範囲で掃引され得る。第二の半平板 804B は、所定の周波数範囲で測定された信号の位相又は大きさの変化について監視され得る。測定された出力の変化は、第一の導電層 802 の領域の変化を示すことができる。プロセスに関連した腐食、薄化又は磨耗は、測定された出力の特定の变化に依存して推測することができる。

【0035】

図 9A は、パイプ壁の薄肉部に、本発明の静電容量式分離ダイヤフラムを内蔵する渦流量計システムの、簡略化された断面図である。パイプ 902 は分岐バー 904 によって二つの流路に分割されている。分岐バー 904 は、パイプ壁の薄肉部 912 から延びて支柱 906 に結合し、支柱 906 の動き又は振動から、パイプ 902 内部の流体渦により生じる分岐バー 904 の動作又は振動運動を検出できるようにする。一般的に、センサ 908 (仮想線で示す) は支柱 906 に結合されて、支柱 906 の運動に基づきパイプ 902 内部の流速を測定する。通常、センサ 908 及びその他のプロセス電子機器は、パイプ 902 の外側及びトランスミッタハウジング 910 の中に配置される。

【0036】

一般に、分岐バー 904 は薄肉部 912 を介して支柱 906 に結合される。薄肉部 912 は好ましくは、パイプ壁を通して支柱 906 に分岐バーの動きを伝送するために十分な程度に薄く、ここでセンサ 908 は、支柱 906 の動きに基づきパイプ 902 内部の流体の流体流量を測定するように適合されている。特に高圧環境において発生する一つの問題は、薄肉部 912 の十分な厚みを維持して高圧下での壁の破断を防止し、なおかつ一方で運動のための十分な柔軟性を可能にすることを含む。診断回路への接続のために、リード線 914 が設けられてもよい。

【0037】

本発明の多層分離ダイヤフラムは、プロセス流体からの分離の他に、破断診断を提供するための用途に用いられてもよい。

【0038】

図 9B は、図 3 及び 5 ~ 7 について上述した静電容量式分離ダイヤフラム構造体のうちいずれか一つから形成される、薄肉部 912 を有する流量計エレメント 900 の拡大断面図である。本実施形態では、ダイヤフラム構造体 912 は静電容量式構造体 926 である。静電容量式構造体 926 は、パイプの壁に結合され、分岐バー 904 付近のプロセス流体に直接接触する第一の導電層 920 から形成される。第二の導電層 924 は、誘電材料 922 によって第一の導電層 920 から隔てられている。第二の導電層 924 は、パイプの外側でプロセス流体から分離されて、支柱 906 に隣接する。第二の導電層からリード線 914 が設けられて、静電容量式構造体 926 の複素インピーダンス及び / 又は静電容量の変化が検出されることができる。

【0039】

本実施形態では、誘電体 922 は好ましくは固形の非導電材料である。静電容量式構造

10

20

30

40

50

体 9 2 6 の層はさらなる耐久性を備え、同時に第一の導電層 9 2 0 の腐食又は磨耗を検出するための手段を備えている。特に、静電容量式構造体 9 2 6 の複素インピーダンス及び / 又は静電容量を監視することにより、破断又は割れが生じる前に薄肉部 9 1 2 の腐食又は磨耗を検出することができ、結果として、意図しないシャットダウン、及び / 又はトランスミッタハウジング内のデリケートな電子機器がパイプからのプロセス流体に触れることを防止する。

【 0 0 4 0 】

全体として、本発明は、静電容量は、平行平面機構の平板の表面領域に比例するという結果を活用している。プロセスに最も近い箔層が薄化又は破断し始めた場合、ダイヤフラムの有効領域は、破断の規模によって、又は薄化の程度によって変化する。このようなダイヤフラムの有効領域の変化は、平行平板の測定された静電容量の変化を生じさせる。

10

【 0 0 4 1 】

このことは、測定されているプロセス流体が非導電性であることを前提としている。そのような場合、ダイヤフラムの静電容量が引き続き監視されると、腐食、磨耗、侵食又はピッチングは結果として静電容量の測定可能な変化となる。この測定可能な変化は、分離ダイヤフラム又は薄肉部に起こり得る問題についての早期の表示を提供する。そして、静電容量式分離エレメントに結合された回路は、破断が生じていることか、又は分離ダイヤフラム又は薄肉部が修理を必要としている可能性があることかを、直ちに制御センタに警告することができる。

【 0 0 4 2 】

20

多くの工業用プロセスにおいて、分離ダイヤフラムに接触しているプロセス流体は、それ自体が導電性である。そのような場合、箔層間の静電容量の直接測定は、プロセスに触れられている箔が腐食したときの静電容量の測定可能な変化には反映されないかもしれない。特に、導電性のプロセス流体は箔の腐食領域に流れ込む場合があり、結果として導電性流体で侵食された箔領域を終了するか交換するかすることになる。そのような場合、測定された静電容量は変化しないままである可能性がある。しかし、複素電気パラメータ、たとえば複素インピーダンス、リアクタンス等を測定するように適合された回路を用いて、掃引された周波数を測定することができる。一つ以上の複素電気パラメータの変化は、穴、薄化又は分離ダイヤフラムのプロセスに触れられている箔の、その他のさまざまな動作状態下での変化を反映することができる。単一の生成回路を使用して箔層の一つを掃引することができ、感知回路を使用して掃引周波数を測定することができ、これらは一つ以上の箔層がプロセス流体によって損傷した場合に変化する可能性がある。

30

【 0 0 4 3 】

全体として、本発明のシステム及び方法は静電容量式分離ダイヤフラムの電気パラメータを監視する。分離ダイヤフラムが動作中に薄化、腐食、又は損傷した場合、一つ以上の電気パラメータが変化する可能性がある。信号分析システムは、測定されたパラメータを、格納された基礎値パラメータと対照比較することができる。一方で、信号分析システムは、電気パラメータの経時的な変化に基づきダイヤフラムの動作状態を推測するように適合されたエキスパートシステムを含む。電気パラメータは静電容量を含むことができる。一方で、電気パラメータは複素電気パラメータ、たとえば複素インピーダンス、リアクタンス、アドミタンス等を含むことができる。さらには、プロセス流体は液体状態又は気体状態にすることができる。

40

【 0 0 4 4 】

好ましい実施形態を参照して本発明を説明してきたが、当業者においては、本発明の本質及び範囲から逸脱することなく、形状及び詳細に改変を加えてもよいことが認識されよう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 5 】

【図 1】本発明の実施形態の分離ダイヤフラムを有するプロセストランスミッタの簡略化された図である。

50

【図 2】図 1 の分離ダイヤフラムの、拡大及び簡略化された断面図である。

【図 3】本発明の実施形態の、ダイヤフラムの薄化又は破断の電子的検出に適合された、図 2 の分離ダイヤフラムの拡大断面図である。

【図 4】本発明の実施形態の分離ダイヤフラムの動作状態を推測するためのプロセスの、簡略化されたフロー図である。

【図 5】本発明の実施形態の電子診断システムの、簡略化されたブロック図である。

【図 6】本発明の実施形態の、プロセス流体による腐食又は薄化が生じた後の電子診断システムの、簡略化されたブロック図である。

【図 7】本発明の実施形態の電子診断システムの代替的な実施形態の、簡略化されたブロック図である。

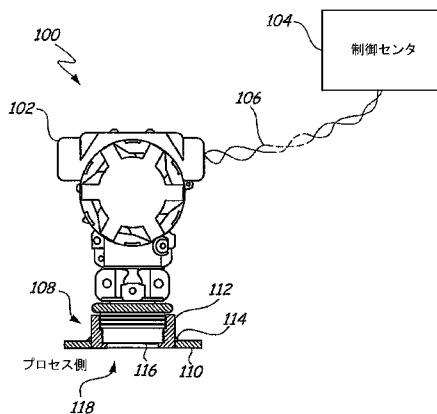
【図 8】本発明の実施形態の電子診断システムの代替的な実施形態の、簡略化されたブロック図である。

【図 9 A】本発明の実施形態の、渦流量計の薄肉部の薄化又は破断を検出するように適合された電子的破断診断システムの、簡略化された断面図である。

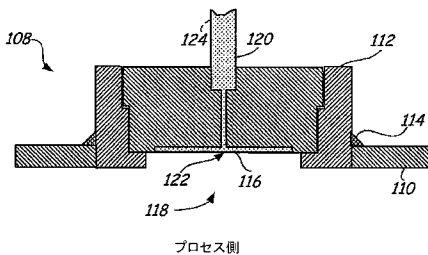
【図 9 B】図 9 A の渦流量計の薄肉部の拡大断面図である。

10

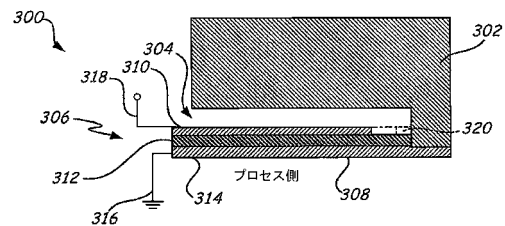
【図 1】



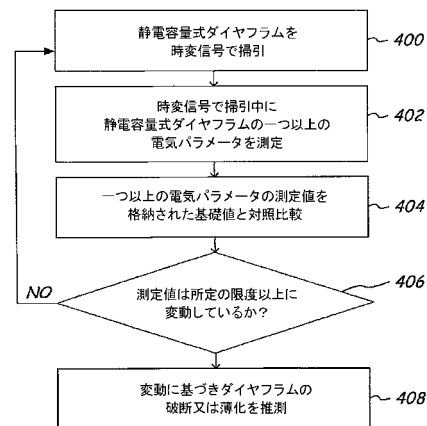
【図 2】



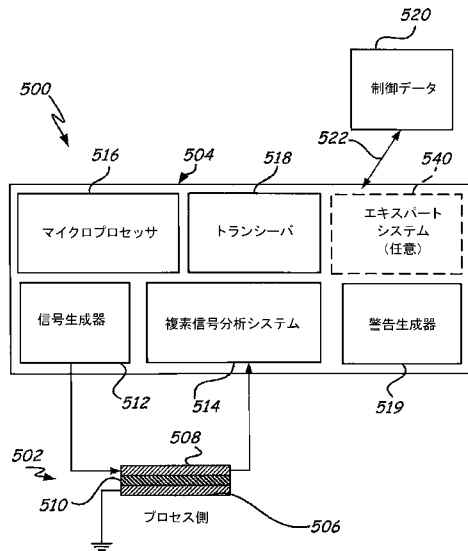
【図 3】



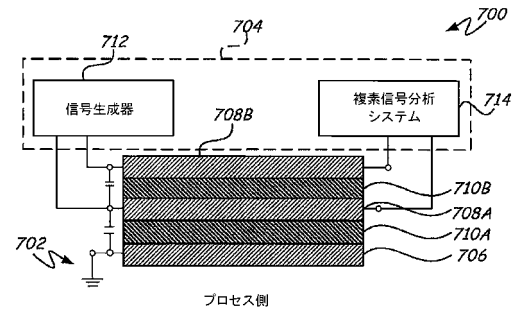
【図 4】



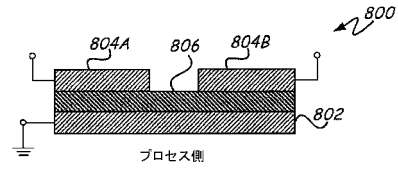
【図 5】



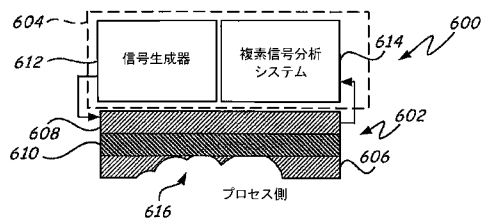
【図 7】



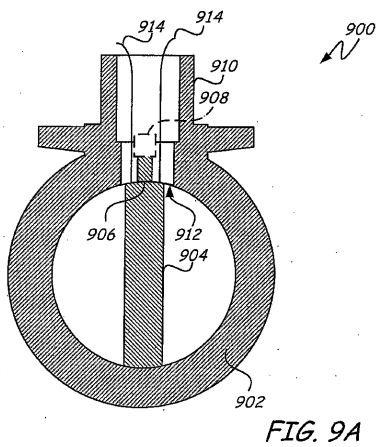
【図 8】



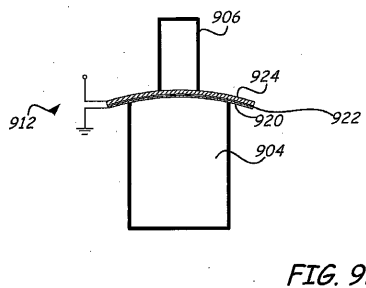
【図 6】



【図 9 A】



【図 9 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ウェルズ, クリストファー・アシュレー
アメリカ合衆国、ミネソタ 55347、エデン・プレイリー、エイコーン・リッジ 17271

審査官 三田村 陽平

(56)参考文献 特開2002-156301(JP, A)
特開平06-137982(JP, A)
特開平05-288706(JP, A)
特開昭58-109779(JP, A)
特開2003-247943(JP, A)
米国特許第06577140(US, B1)
特開平04-194718(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01L 7/00-23/32
G01L 27/00-27/02
G01F 1/32