

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5963486号
(P5963486)

(45) 発行日 平成28年8月3日 (2016.8.3)

(24) 登録日 平成28年7月8日 (2016.7.8)

(51) Int.Cl.

GO 1 L 9/12 (2006.01)

F I

GO 1 L 9/12

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-59067 (P2012-59067)	(73) 特許権者	000105659
(22) 出願日	平成24年3月15日 (2012.3.15)		日本電産コパル電子株式会社
(65) 公開番号	特開2013-195068 (P2013-195068A)		東京都新宿区西新宿 7 丁目 5 番 2 5 号
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013.9.30)	(74) 代理人	100094330
審査請求日	平成27年2月6日 (2015.2.6)		弁理士 山田 正紀
		(74) 代理人	100122758
			弁理士 渡邊 昭彦
		(72) 発明者	熊 四輩
			埼玉県入間市新久下新田 1 1 0 - 1 日本電産コパル電子株式会社内
		審査官	公文代 康祐
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 静電容量センサ、測定装置、および測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

近接物体との間の静電容量を検出する静電容量センサであって、
前記近接物体に向かって延び該近接物体に先端部が対面した中央電極と、
前記中央電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延びた第 1 ガード電極と、
前記第 1 ガード電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延び、先端部が、前記中央電極の先端部に、前記第 1 ガード電極を間に介在させることなく近接した第 2 ガード電極と、
前記第 2 ガード電極を取り巻き前記近接物体と同電位に保たれる導電体と、
前記第 2 ガード電極の、前記中央電極あるいは前記第 1 ガード電極との接続と前記導電体との接続とを切り替えるスイッチとを備えたことを特徴とする静電容量センサ。

10

【請求項 2】

近接物体との間の静電容量を検出する静電容量センサであって、
前記近接物体に向かって延び該近接物体に先端部が対面した中央電極と、
前記中央電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延びた第 1 ガード電極と、
前記第 1 ガード電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延び、先端部が、前記中央電極の先端部に、前記第 1 ガード電極を間に介在させることなく近接した第 2 ガード電極と、
前記第 2 ガード電極を取り巻き前記近接物体と同電位に保たれる導電体と、
前記近接物体に対面して広がる面を有する絶縁体とを備え、

20

前記中央電極および前記第 2 ガード電極が前記絶縁体を貫通し、該中央電極および該第 2 ガード電極双方の先端部が、該絶縁体の前記近接物体に対面した面に印刷された導電膜からなることを特徴とする静電容量センサ。

【請求項 3】

前記近接物体が、該近接物体に加わる圧力に応じて前記中央電極先端部との間の距離が変化するダイヤフラムであって、当該静電容量センサが、該ダイヤフラムに加わる圧力を測定する静電容量型の圧力センサであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の静電容量センサ。

【請求項 4】

近接物体との間の静電容量を検出する、
前記近接物体に向かって延び該近接物体に先端部が対面した中央電極と、
前記中央電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延びた第 1 ガード電極と、
前記第 1 ガード電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延び、先端部が、前記中央電極の先端部に、前記第 1 ガード電極を間に介在させることなく近接した第 2 ガード電極と

10

前記第 2 ガード電極を取り巻き前記近接物体と同電位に保たれる導電体とを備えた静電容量センサ、並びに

前記中央電極、前記第 1 ガード電極、および前記第 2 ガード電極に、前記導電体に対し同一の電圧を印加して該中央電極と該導電体との間の静電容量を検出する第 1 モードと、
前記中央電極および前記第 1 ガード電極に前記導電体に対し同一の電圧を印加するとともに前記第 2 ガード電極を前記導電体に接続して該中央電極と該導電体との間の静電容量を検出する第 2 モードとを有し、

20

前記第 1 モードおよび前記第 2 モードのそれぞれにおいて検出された双方の静電容量に基づいて、前記近接物体と前記中央電極先端部との間の間隔に影響を与える物理量を測定する測定回路を備えたことを特徴とする測定装置。

【請求項 5】

近接物体との間の静電容量を検出する、
前記近接物体に向かって延び該近接物体に先端部が対面した中央電極と、
前記中央電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延びた第 1 ガード電極と、
前記第 1 ガード電極を取り巻いて前記近接物体に向かって延び、先端部が、前記中央電極の先端部に、前記第 1 ガード電極を間に介在させることなく近接した第 2 ガード電極と

30

前記第 2 ガード電極を取り巻き前記近接物体と同電位に保たれる導電体とを備えた静電容量センサを用いて、前記近接物体と前記中央電極先端部との間の間隔に影響を与える物理量を測定する測定方法であって、

前記中央電極、前記第 1 ガード電極、および前記第 2 ガード電極に、前記導電体に対し同一の電圧を印加して該中央電極と該導電体との間の静電容量を検出する第 1 モードと、前記中央電極および前記第 1 ガード電極に前記導電体に対し同一の電圧を印加するとともに前記第 2 ガード電極を前記導電体に接続して該中央電極と該導電体との間の静電容量を検出する第 2 モードとの双方のモードにより静電容量を検出し、

40

前記第 1 モードおよび前記第 2 モードのそれぞれにおいて検出された双方の静電容量に基づいて前記物理量を測定することを特徴とする測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、近接物体との間の静電容量をピックアップする静電容量センサ、並びに、その静電容量センサでピックアップされた静電容量に基づいて物理量を測定する測定装置および測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近接物体との間の静電容量をピックアップする静電容量センサが知られている。例えば、その近接物体としてダイヤフラムを備え、気体の圧力が加わったときのダイヤフラムの変位に応じて変化する静電容量をピックアップして圧力を測定する静電容量型の圧力センサが知られている。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 , 2 には、中央の電極を同心円状に取り巻くガード電極を備えることにより寄生容量がキャンセルされ、したがって圧力センサから離れた場所に測定回路を配置することができるセンサ構造が提案されている。

【 0 0 0 4 】

また特許文献 3 , 4 には、圧力に応じた静電容量を検出する検出部分の隣りに圧力による変化を受けない検出部分を配備して温度補償された圧力を検出するセンサ構造が示されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】USP 3, 619, 742 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 162751 号公報

【特許文献 3】特開 2000 - 214035 号公報

【特許文献 4】特開 2006 - 71501 号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上掲の特許文献 1 , 2 の圧力センサの場合、検出回路を圧力センサから離れた場所に配置することができる点では、有利であるが、温度補償を行なうには、圧力センサとは別に温度センサを備えるなどの設備を必要とし、しかも圧力センサとは異なる場所の温度を測定することになり、温度補償精度に限界がある。また、温度センサから延びるケーブルを圧力センサから延びるケーブルとは別に設置することになり、複雑になる。

【 0 0 0 7 】

また、上掲の特許文献 3 , 4 の圧力センサの場合、温度補償用の構造が圧力センサに組み込まれているため温度補償自体は高精度に行なうことが可能である。しかしながら温度補償用の検出部分が圧力検出部分の隣りに設けられているため、圧力センサから離れた場所に測定回路を配置しようとすると、その配線による寄生容量が無視できないレベルに大きくなるおそれがあり、高精度な圧力測定を行なうには、圧力センサの近傍に検出回路を配置して圧力センサとの間の配線をできるだけ短くする必要がある。特に高温環境下での圧力測定では測定回路は圧力センサから離れた常温環境の場所に配置することが好ましいが、特許文献 3 , 4 に開示された構造はそれには向かない構造となっている。

30

【 0 0 0 8 】

ここでは、圧力センサを取り上げて説明したが、上記の事情は圧力センサに限られず、静電容量型のセンサー一般に当てはまることである。

【 0 0 0 9 】

40

本発明は、上記事情に鑑み、温度補償機能が組み込まれ、しかも測定回路を離れた場所に配置することができる静電容量センサ、その静電容量センサを備えた測定装置、および、その静電容量センサを用いて物理量を測定する測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成する本発明の静電容量センサは、

近接物体との間の静電容量を検出する静電容量センサであって、

近接物体に向かって延びその近接物体に先端部が対面した中央電極と、

中央電極を取り巻いて近接物体に向かって延びた第 1 ガード電極と、

第 1 ガード電極を取り巻いて近接物体に向かって延び、先端部が、中央電極の先端部に

50

、第1ガード電極を間に介在させることなく近接した第2ガード電極と、
第2ガード電極を取り巻き近接物体と同電位に保たれる導電体と、
第2ガード電極の、中央電極あるいは第1ガード電極との接続と導電体との接続とを切り替えるスイッチとを備えたことを特徴とする。

【0011】

本発明の静電容量センサは、中央電極を第1ガード電極と第2ガード電極とで2重に取り巻くとともに、中央電極の先端部と第2ガード電極の先端部を第1ガード電極を間に介在させずに近接させている。このため、本発明の静電容量センサによれば、温度補償機能が組み込まれるとともに離れた場所に測定回路を配置することができる。

【0012】

また、近接物体との間の静電容量を検出する静電容量センサであって、
近接物体に向かって延びその近接物体に先端部が対面した中央電極と、
中央電極を取り巻いて近接物体に向かって延びた第1ガード電極と、
第1ガード電極を取り巻いて近接物体に向かって延び、先端部が、中央電極の先端部に、第1ガード電極を間に介在させることなく近接した第2ガード電極と、
第2ガード電極を取り巻き近接物体と同電位に保たれる導電体と、
上記近接物体に対面して広がる面を有する絶縁体とを備え、
中央電極および第2ガード電極がその絶縁体を貫通し、中央電極および第2ガード電極双方の先端部が、その絶縁体の近接物体に対面した面に印刷された導電膜からなる静電容量センサも、本発明の静電容量センサの好ましい形態である。

【0013】

また、本発明の静電容量センサにおいて、上記近接物体が、その近接物体に加わる圧力に応じて中央電極との間の距離が変化するダイヤフラムであって、この静電容量センサが、そのダイヤフラムに加わる圧力を測定する静電容量型の圧力センサであることも好ましい態様の1つである。

【0014】

また、本発明の測定装置は、
近接物体との間の静電容量を検出する、
近接物体に向かって延びその近接物体に先端部が対面した中央電極と、
中央電極を取り巻いて近接物体に向かって延びた第1ガード電極と、
第1ガード電極を取り巻いて近接物体に向かって延び、先端部が、中央電極の先端部に、第1ガード電極を間に介在させることなく近接した第2ガード電極と、
第2ガード電極を取り巻き近接物体と同電位に保たれる導電体とを備えた静電容量センサ、並びに

中央電極、第1ガード電極、および第2ガード電極に、上記導電体に対し同一の電圧を印加して中央電極と上記導電体との間の静電容量を検出する第1モードと、

中央電極および第1ガード電極に上記導電体に対し同一の電圧を印加するとともに第2ガード電極を上記導電体に接続して中央電極と上記導電体との間の静電容量を検出する第2モードとを有し、

第1モードおよび第2モードのそれぞれにおいて検出された双方の静電容量に基づいて近接物体と中央電極先端部との間の間隔に影響を与える物理量を測定する測定回路を備えたことを特徴とする。

【0015】

さらに、本発明の測定方法は、
近接物体との間の静電容量を検出する、
近接物体に向かって延びその近接物体に先端部が対面した中央電極と、
中央電極を取り巻いて近接物体に向かって延びた第1ガード電極と、
第1ガード電極を取り巻いて近接物体に向かって延び、先端部が、中央電極の先端部に、第1ガード電極を間に介在させることなく近接した第2ガード電極と、
第2ガード電極を取り巻き近接物体と同電位に保たれる導電体とを備えた静電容量セン

サを用いて、上記近接物体と中央電極先端部との間の間隔に影響を与える物理量を測定する測定方法であって、

中央電極、第１ガード電極、および第２ガード電極に、上記導電体に対し同一の電圧を印加して中央電極と上記導電体との間の静電容量を検出する第１モードと、中央電極および第１ガード電極に上記導電体に対し同一の電圧を印加するとともに第２ガード電極を上記導電体に接続して中央電極と上記導電体との間の静電容量を検出する第２モードとの双方のモードにより静電容量を検出し、

第１モードおよび第２モードのそれぞれにおいて検出された双方の静電容量に基づいて上記物理量を測定することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【００１６】

以上の本発明によれば、温度補償機能が組み込まれ、しかも離れた場所に測定回路を配置して高精度な測定を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】本発明の静電容量センサの第１実施形態としての圧力センサの構造を示した図である。

【図２】図１に示す圧力センサを用いた圧力測定方法の原理説明図である。

【図３】圧力測定装置の概要を示すブロック図である。

【図４】図３に示す圧力測定装置の各部の電圧波形を示した図である。

【図５】本発明の静電容量センサの第２実施形態としての圧力センサの内部構成を示す断面図である。

【図６】図５に示す第２実施形態の圧力センサを構成するセラミックス板を金属隔膜側から見た正面図である。

【図７】本発明の静電容量センサを変位センサに適した実施形態を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【００１９】

図１は、本発明の静電容量センサの第１実施形態としての圧力センサの構造を示した図である。

【００２０】

この圧力センサ１０Ａは、円周方向どの角度においてもこの図１に示す断面構造を持つ、回転対称に形成されている。

【００２１】

この圧力センサ１０Ａは、第１胴体１１と第２胴体１２とを有し、第１胴体１１と第２胴体１２との間に金属隔膜（ダイヤフラム）１３が挟まれた構造である。この金属隔膜１３は、その周縁部１３１が第１胴体１１と第２胴体１２で挟まれ、その周縁部１３１を除く中央部分１３２は第１胴体１１と第２胴体１２の双方から離れている。第１胴体１１および第２胴体１２は金属製であり、金属隔膜１３は、第１胴体１１と第２胴体１２に挟まれて、第１胴体および第２胴体とともに接地電位に保たれている。

【００２２】

第１胴体１１には、その金属隔膜１３にまで通じる気体導入路１１１が形成されており、その気体導入路１１１に導入された気体の圧力に応じて金属隔膜１３が撓む。また、第２胴体１２にも、その金属隔膜１３の中央部分１３２との間に隙間１２１が形成され、以下に説明する構造の電極がその隙間１２１を挟んで金属隔膜１３と対面している。

【００２３】

第２胴体１２は内側が割り貫かれた形状を有し、その割り貫かれた内側中央に中央電極１４が配置されている。この中央電極１４は、金属隔膜１３に向かって延び、その先端部

50

１４１が金属隔膜１３に対面している。

【００２４】

また、この中央電極１４の周囲には、その中央電極１４を取り巻いて金属隔膜１３に向かって延びる第１ガード電極１５が配置されている。ただし、この第１ガード電極１５の、金属隔膜１３側の先端部１５１は金属隔膜１３には直接には対面しておらず、その先端部１５は絶縁体１７で取り囲まれている。この絶縁体１７により、中央電極１４と第１ガード１５との間が絶縁されている。

【００２５】

さらに、その第１ガード電極１５の周囲には、その第１ガード電極１５を取り巻いて金属隔膜１３に向かって延びる第２ガード電極１６が配置されている。この第２ガード電極１６は、絶縁体１７により第１ガード電極１５との間が絶縁され、もう１つの絶縁体１８により第２胴体１２との間が絶縁されている。絶縁体１８と第２ガード電極１６との間には、空隙１２１を気密に保つシール部材１９が配置されている。このシール部材１９は、絶縁体１８の熱膨張定数と第２胴体１２の熱膨張定数との中間的な熱膨張定数を持つ材料で形成されており、絶縁体１８と第２胴体１２との間の熱膨張による歪みが緩和されている。

【００２６】

中央電極１４の先端部１４１と第２ガード電極１６の先端部１６１は、第１ガード電極１５を間に介在させることなく、絶縁体１７を挟んで互いに近接している。

【００２７】

ここで、第２胴体１２は、本発明にいう導電体の一例に相当し、金属隔膜１３には、本発明にいう近接物体の一例に相当する。

【００２８】

本実施形態の、圧力センサ１０Ａは、高温環境下での気体の圧力計測用として構成されたものである。

【００２９】

以下に、この圧力センサ１０Ａを構成する各部の材料や寸法について例示する。

【００３０】

第１胴体１１は圧力導入口としての役割りを担っており、ここには、ステンレスがNi系耐熱金属（Inconel（インコネル；登録商標））が採用される。また、金属隔膜１３は、圧力を受けて変形し、中央電極１４の、金属隔膜１３と対面した検出電極面１４１aとの間の距離を変化させるものであり、この金属隔膜１３の材料としては高強度かつ低撓み率のバネ材料が望ましく、例えば、SUS630、インコネル750、718などが採用される。

【００３１】

また、この金属隔膜１３の厚みとしては圧力測定範囲に応じて、例えば50 μm～2000 μm程度のものが採用される。

【００３２】

中央電極１４の金属隔膜１３側の検出電極面１４１aと金属隔膜１３との隙間１２１の間隔は、金属隔膜１３と中央電極１４との間の容量値が検出回路（図示せず）の入力許容範囲内（例えば0.2 pF～20 pF）となるように、例えば50 μm～500 μm程度に設定される。

【００３３】

第１胴体１１と金属隔膜１３と第２胴体１２はレーザーあるいは電子ビームによる溶接接合により作製することができ、隙間１２１は、第１胴体１１と第２胴体１２とによる金属隔膜１３の挟み込み構造により形成される。

【００３４】

第２胴体１２は電極の支持体であり、第１胴体と同じ材料で構成される。

【００３５】

さらに、中央電極１４、第１ガード電極１５、および第２ガード電極１６は、耐熱性お

10

20

30

40

50

よび導電性に優れた金属材料、例えばコパール、ステンレス、インコネルなどが採用される。また、電極どうしの間には、絶縁体 17, 18 が配置されるが、250 以上の高温環境に耐え得るためには、電極材料としてコパールを採用して絶縁体 17, 18 としては高純度アルミナを用い、その高純度アルミナをコパールに、Ag, Pd, Pt, Auなどで蝋付けすることで作製され、これにより耐熱性と気密性が確保される。

【0036】

250 以下の環境下で使用する圧力センサの場合は、絶縁体 17, 18 の材料としてガラスを採用してもよい。さらには120 以下の環境下で使用する圧力センサの場合は、絶縁体 17, 18 の材料としてエポキシ等のポリマを採用してもよい。

【0037】

さらに、例えば第2胴体12をインコネルで作製し、絶縁体17として高純度アルミナを採用し、シール部材19として、それらインコネルと高純度アルミナとの中間的な熱膨張定数を持つコパールを採用して、隙間121を密封する構造としてもよい。

【0038】

中央電極14の先端部141は直径1mm~30mm、その先端部141の厚みは0.1mm~5mm程度が好ましい。中央電極14の先端部141と第2ガード電極16の先端部161との間の間隔は1mm~2mm程度であり、そこには高温絶縁性がよいアルミナなどのセラミックスの絶縁体17が配置される。

【0039】

この構成によれば、中央電極14と第2電極16の先端部141, 161間の静電容量は0.5pF~8pF以内に収まる。この中央電極14の先端部141と第2ガード電極16の先端部161との間の静電容量は、圧力変化による金属隔膜13の変化には反応せずに、温度の影響による各部の寸法の変化等によりのみ反応する。

【0040】

図2は図1に示す圧力センサを用いた圧力測定方法の原理説明図である。

【0041】

この圧力センサ10Aは、3重同軸ケーブル50を介して、この圧力センサ10Aから離れた場所に置かれる検出回路(図3を参照して後述する)に接続される。この3重同軸ケーブル50は、中央電極14に接続される芯線51と、その芯線51の回りを絶縁層を介して取り巻き、第1ガード電極15に接続される第1同軸線52と、その第1同軸線52の回りを絶縁層を介して取り巻き、第2ガード電極16に接続される第2同軸線53と、その第2同軸線53の回りを絶縁層を介して取り巻き、第2胴体12に接続される第3同軸線54とからなる。

【0042】

この3重同軸ケーブル50の絶縁層としては、高温環境に耐えるために、MgO、SiO₂、ガラス繊維などが使用されている。また、芯線51や第1~第3同軸線52~54は、インコネル、Ni、NiめっきCu線などが使用される。さらには、最表面を保護用ガラスチューブで覆うことが望ましい。圧力センサ10Aを常温付近で使用する場合には、絶縁層はポリマーであってもよい。また、寄生容量低減のために、導線間に生じる容量を100pF/m以下に押えることが望ましい。

【0043】

ここでは、第1のモードと第2のモードによる2つのモードによる静電容量の測定が行なわれる。

【0044】

第1のモードでは、図2に示すように接地ライン(第3同軸線54、第2胴体12、および金属隔膜13)に対し、芯線51(中央電極14)と、第1同軸線52(第1ガード電極15)と、第2同軸線53(第2ガード電極16)の全てに同一の電圧Vを印加して、静電容量を検出する。これにより中央電極14と金属隔膜13との間の静電容量が検出される。第2のモードでは、スイッチ57を切り替え、芯線51(中央電極14)と第1同軸線52(第1ガード電極15)に同一の電圧Vを印加し、第2同軸線53(第2ガー

10

20

30

40

50

ド電極 16) は接地ラインに接続して、静電容量を検出する。こうすると、中央電極 14 と金属隔膜 13 との間の静電容量に、さらに双方の先端部 141, 161 が互いに対向している中央電極 14 と第 2 ガード電極 16 との間の静電容量が加算された静電容量が検出される。

【0045】

上記の第 1 のモードおよび第 2 のモードの双方において、芯線 51 (中央電極 14) とその芯線 51 (中央電極 14) を取り巻く第 1 同軸線 52 (第 1 ガード電極 15) には常に同一の電圧 V が印加されているため、それらの間での寄生容量は原理上は発生せず、極めて低い値に押えられる。したがって、検出回路を圧力センサ 10 から離れた場所に置き、その間をケーブルで接続する構成が可能となる。また、ここでは、芯線 51 などに印加される電圧 V は直流ではなく、波形 60 で示すように、例えば 100 ms 周期で 2 値に変化する交流電圧である。このように電圧 V を変化させることにより、電磁ノイズを受けにくく、一層高精度な測定が可能である。

10

【0046】

第 1 モードでは、圧力を受けた金属隔膜 13 と中央電極 14 との間の距離の変化により変化する静電容量が検出されるが、この検出された静電容量には、環境温度変化に伴う各部材の伸縮に起因する静電容量変化分も含まれている。

【0047】

また、第 2 モードでは、金属隔膜 13 と中央電極 14 との間の静電容量については第 1 モードの場合と同一であるが、中央電極 14 と第 2 ガード電極 16 との間の静電容量は、圧力変化による金属隔膜 13 の変化の影響はほとんど受けずに、温度変化に起因する分について静電容量が変化する。したがって、第 1 モードで検出される静電容量と第 2 モードで検出される静電容量との双方の静電容量を用いた演算により、温度変化に起因する分をキャンセルし、真に圧力変化に起因する静電容量変化分を抽出することができ、高精度な圧力測定が行なわれる。

20

【0048】

図 3 は、圧力測定装置の概要を示すブロック図である。

【0049】

この圧力測定装置 70 は、図 1, 図 2 に示す圧力センサ 10 A との間が、3 重同軸ケーブル 50 で接続され、圧力センサ 10 A から離れた常温環境下に置かれる。

30

【0050】

この圧力測定装置 70 は、検出回路 71、開閉回路 72、および演算回路 73 を備えている。

【0051】

検出回路 71 は、図 2 に示す波形 60 のように変化する印加電圧を生成し、圧力センサ 10 A に接続された 3 重同軸ケーブル 50 (図 2 参照) にその印加電圧を与える。この検出回路 71 ではさらに、その印加電圧を与えたときの静電容量に応じて流れる信号電流が検出され、その印加電圧と信号電流に基いて静電容量 C が求められる。この検出回路 71 からは、その求められた静電容量 C を表わす電圧 V_c が演算回路 73 に送られる。

【0052】

図 4 は、図 3 に示す圧力測定装置 70 の各部の電圧波形を示した図である。

40

【0053】

横軸の 1, 2 の数字は、それぞれ第 1 モード、第 2 モードを表わしており、ここでは第 1 モードと第 2 モードが周期 T で交互に繰り返されている。この周期 T は、この圧力測定装置 70 で取り扱うことのできるサンプリング周期 22 ms ~ 400 ms の範囲内 (例えば 100 ms) である。

【0054】

図 4 (A) は、検出回路 71 から演算回路 73 に向けた出力信号を表わしている。第 1 モードで検出された静電容量を表わす電圧 V_{c1} と第 2 モードで検出された静電容量を表わす電圧 V_{c2} が交互に繰り返されている。

50

【 0 0 5 5 】

図 4 (B) は、演算回路 7 3 から開閉回路 7 2 に伝達される制御信号 S を表わしている。開閉回路 7 2 では、この制御信号 S に従って、3 重同軸ケーブル 5 0 の第 2 同軸線 5 3 の接続が、第 1 モードと第 2 モードとで交互に切り換えられる。

【 0 0 5 6 】

図 4 (C) は、第 2 同軸線 5 3 (第 2 ガード電極 1 6) に印加される電圧を示している。この第 2 同軸線 5 3 (第 2 ガード電極 1 6) には、第 1 モードでは 3 重同軸ケーブル 5 0 の芯線 5 1 (中央電極 1 4) および第 1 同軸線 5 2 (第 1 ガード電極 1 5) と同じ電位の電圧が印加され、第 2 モードでは接地される。

【 0 0 5 7 】

図 4 (D) は、3 重同軸ケーブル 5 0 の第 1 同軸線 5 2 (第 1 ガード電極 1 5) の電圧、図 4 (E) は 3 重同軸ケーブル 5 0 の芯線 5 1 (中央電極 1 4) の電圧を表わしている。

【 0 0 5 8 】

このように、第 1 モードにおける芯線 5 1 (中央電極 1 4) と第 1 同軸線 5 2 (第 1 ガード電極 1 5)、第 2 モードではそれらに加えてさらに第 2 同軸線 5 3 (第 2 ガード電極 1 6) に同一の電圧を供給しているため、それらの間の寄生容量が十分に小さい値に抑えられる。また、直流電圧ではなく、この図に示すように交流電圧とすることにより、電磁ノイズによる誤検出が抑えられる。

【 0 0 5 9 】

図 3 に戻って圧力測定装置 7 0 の説明を続ける。

【 0 0 6 0 】

開閉回路 7 2 は、図 2 に示すスイッチ 5 7 に相当するものであり、演算回路 7 3 からの制御を受けて 3 重同軸ケーブル 5 0 を構成する第 2 同軸線 5 3 を、前述した第 1 モードと第 2 モードとの間で交互に切り換える役割りを担っている。

【 0 0 6 1 】

演算回路 7 3 は、バッファ 7 3 1 と、演算器 7 3 2 と、記憶部 7 3 3 とを備えている。バッファ 7 3 1 には、検出回路 7 1 から送られてきた、静電容量 C を表わす電圧 V_c がデジタル信号に変換されて一時的に蓄えられる。ここでは、第 1 モードで検出された静電容量を表わす電圧値を V_{c1} 、第 2 モードで検出された静電容量を表わす電圧値を V_{c2} で表している。バッファ 7 3 1 に一時的に蓄えられた、第 1 モードでの電圧値 V_{c1} と第 2 モードでの電圧値 V_{c2} は、演算器 7 3 2 に入力される。

【 0 0 6 2 】

一方、記憶部 7 3 3 には、あらかじめ求められた、2 つの電圧値 V_{c1} 、 V_{c2} を変数としたときの温度による影響をキャンセルした圧力値を求めるための校正データが記憶されている。演算器 7 3 2 は、バッファ 7 3 1 から 2 つの電圧値 V_{c1} 、 V_{c2} を受け取ると、記憶部 7 3 3 を参照して、それらの電圧値 V_{c1} 、 V_{c2} に応じた校正データを受け取り、温度の影響をキャンセルした高精度な圧力値を表わす電圧信号 V_{out} を出力する。

【 0 0 6 3 】

このような温度補償型の圧力センサ 1 0 A と圧力測定装置 7 0 を用いると、この圧力測定装置 7 0 を圧力センサ 1 0 から離れた場所に設置して、温度の影響が低減された高精度な圧力を測定することができる。

【 0 0 6 4 】

表 1 は、図 1 に示す圧力センサの各部の熱膨張率や寸法を示した表である。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

【表 1】

温度 (°C)	誘電率 ϵ_0	コパール中央 電極線膨張 定数(1/°C)	インコネル600 胴体線膨張 定数(1/°C)	中央電極 直径(mm)	隙間 (mm)	容量 (pF)
0	8.85E-12	1.2E-5	1.4E-5	4.100	0.2	0.5839
500				4.1246	0.2014	0.5868
変化率%				0.6	0.7	0.5

10

【0066】

ここでは、中央電極14は、線膨張定数(1/°C)が 1.2×10^{-5} のコパールで作製したとし、その先端部141は、温度0°Cにおいて直径4.1mmとする。中央電極14と金属隔膜13との隙間は0.2mmである。この隙間内の空気の比誘電率 ϵ_0 は 8.85×10^{-12} である。第1および第2胴体11, 12はインコネル600であって、その線膨張定数(1/°C)は 1.4×10^{-5} である。以上の条件下で静電容量Cを、

$$C = \epsilon_0 \times S / d$$

20

但し、 ϵ_0 ：空気の比誘電率

S：電極面積

d：隙間

により算出すると、 $C = 0.5839 \text{ pF}$ となる。

【0067】

環境温度が500°Cに変化したとき、中央電極14の先端部141の直径は4.1246mmとなり、隙間は、0.2014mmに広がる。このときの静電容量Cを算出すると $C = 0.5868$ となり、0°Cのときと比べ0.5%の変化率となる。

【0068】

この0.5%という値は圧力を高精度に測定することからするとかなり大きな値であり、温度補償を行わないときは、この0.5%がそのまま測定誤差となる。これに対し、本実施形態の場合は、この0°C - 500°Cの温度変化であっても、0.1%以内の誤差に抑えることが十分に可能である。しかも、圧力センサ10から離れた位置に圧力測定装置70を配置した状態で十分な高精度を得ることができる。

30

【0069】

図5は、本発明の静電容量センサの第2実施形態としての圧力センサの内部構成を示す断面図である。また、図6は、この第2実施形態の圧力センサを構成するセラミックス板を金属隔膜13側から見た正面図である。

【0070】

図5において、図1に示す圧力センサ10Aの各要素に対する要素には図1において付した符号と同じ符号を付して示し、図1の圧力センサ10Aとの相違点について説明する。

40

【0071】

この図5に示す圧力センサ10Bには、金属隔膜13との間に隙間121を空けてセラミックス板81が配置されている。中央電極14は、そのセラミックス板81に設けられたビアホール142を通り、セラミックス板81の、金属隔膜13側の表面に形成された、中央電極14の先端部を成す先端電極143(図6参照)に接続される。第1ガード電極15はそのセラミックス板81の裏面までしか延びておらず、そのセラミックス板81に遮られてその表面側には繋がっていない。第2ガード電極16は、中央電極14と同様、セラミックス板81に設けられたビアホール162を経由して、そのセラミックス板8

50

１の表面に形成された、その第２ガード電極１５の先端部を成す先端電極１６３（図６参照）に接続されている。

【００７２】

中央電極１４の先端電極１４３と第２ガード電極１６の先端電極１６３との間には、図６に示すように、セラミックス板が広がる向きに間隔８１１が置かれている。この間隔８１１は蛇行しながら一周する形状を有している。これらの先端電極１４３、１６３は、厚膜印刷技術により、セラミックス板８１の表面に印刷された導体膜からなる。これらの先端電極１４３、１６３は、間隔８１１を挟んで互いに対面する部分の厚みが例えば１００μm以下と薄いため、図６に示すように蛇行させて互いに対面する部分の長さを確保することで、互いの間の静電容量を確保している。

10

【００７３】

ここでは、セラミックス板８１の表面に導体膜を印刷しているため、間隔８１１を、例えば５０μm程度にまで狭めてしかも高精度な寸法に形成することができる。したがって、図５に示す圧力センサ１０Ｂ全体の直径Ｄを、例えばＤ＝１０mmφ程度にまで小径とすることができ、狭いスペースに配置することのできる小径の圧力センサとすることができる。

【００７４】

図７は、本発明の静電容量センサを変位センサに適した実施形態を示した図である。

【００７５】

この変位センサ１０Ｃは、基本的には、図１に示す圧力センサ１０Ａの第２胴体１２の部分のみであって、金属隔膜１３や第１胴体１１が存在しない構造を有する。この変位センサ１０Ｃと近接物体１３Ｃとの間の距離ｄが変化すると近接物体１３Ｃと中央電極１４の検出電極面１４１ａとの間の静電容量が変化し、この静電容量を検出することで近接物体１３Ｃの変位が測定される。

20

【００７６】

このように、本発明の静電容量センサは、圧力センサだけでなく変位センサにも適用可能であり、さらには、近接物体と中央電極の検出電極面との間の間隔に影響を与える物理量を測定するセンサとして広く適用可能である。

【符号の説明】

【００７７】

30

１０Ａ，１０Ｂ 圧力センサ

１０Ｃ 変位センサ

１１ 第１胴体

１２ 第２胴体

１３ 金属隔膜

１３Ｃ 近接物体

１４ 中央電極

１５ 第１ガード電極

１６ 第２ガード電極

１７，１８ 絶縁体

40

１９ シール部材

５０ ３重同軸ケーブル

５１ 芯線

５２ 第１同軸線

５３ 第２同軸線

５４ 第３同軸線

５７ スイッチ

７０ 圧力測定装置

７１ 検出回路

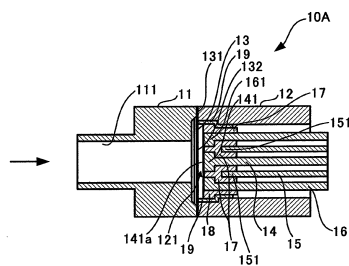
７２ 開閉回路

50

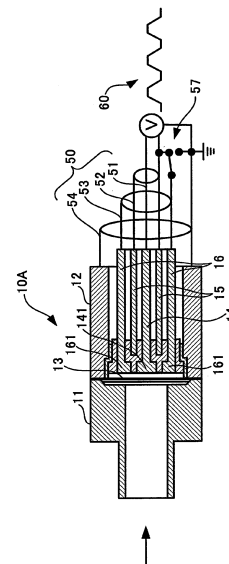
7 3	演算回路
8 1	セラミックス板
1 1 1	気体導入路
1 2 1	隙間
1 3 1	周縁部
1 3 2	中央部分
1 4 1 , 1 5 1 , 1 6 1	先端部
1 4 1 a	検出電極面
1 4 2 , 1 6 2	ピアホール
1 4 3 , 1 6 3	先端電極
7 3 1	バッファ
7 3 2	演算器
7 3 3	記憶部
8 1 1	間隔

10

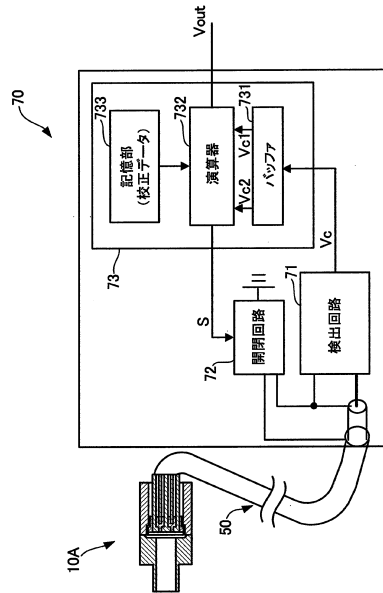
【図 1】



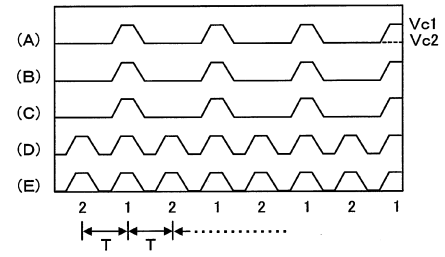
【図 2】



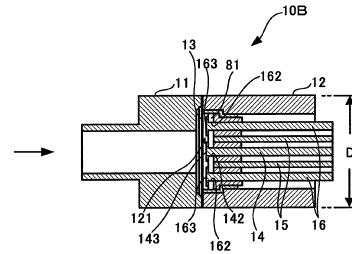
【図 3】



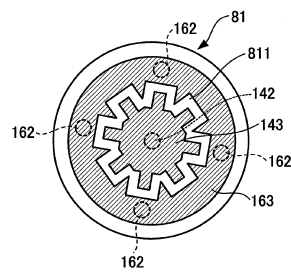
【図 4】



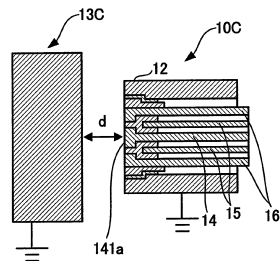
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-162751(JP,A)
特開2004-184192(JP,A)
特開2002-098504(JP,A)
特表2001-509585(JP,A)
特開平10-332312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 L	9 / 1 2
G 0 1 B	7 / 0 0
G 0 1 F	2 3 / 2 6