

(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2020-148480

(P2020-148480A)

(43) 公開日 令和2年9月17日(2020.9.17)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 G O 1 L 9/00 (2006.01) G O 1 L 9/00 3 O 3 C 2 F O 5 5

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2019-43798 (P2019-43798)  
 (22) 出願日 平成31年3月11日 (2019.3.11)

(71) 出願人 000003067  
 T D K 株式会社  
 東京都中央区日本橋二丁目5番1号  
 (74) 代理人 110001494  
 前田・鈴木国際特許業務法人  
 (72) 発明者 小林 正典  
 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D  
 K 株式会社内  
 (72) 発明者 海野 健  
 東京都中央区日本橋二丁目5番1号 T D  
 K 株式会社内  
 Fターム(参考) 2F055 AA40 BB20 CC02 DD01 DD05  
 EE13 FF45 GG15

(54) 【発明の名称】 圧力センサ

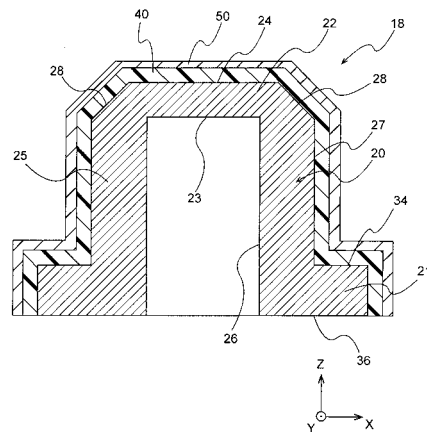
(57) 【要約】

【課題】 ステムと検出回路とを絶縁する絶縁膜の膜剥がれやクラックの問題を防止する圧力センサ。

【解決手段】 平面状の外底面と、前記外底面に対して交差する方向に伸びる外側面と、前記外底面の反対面であって測定対象である流体からの圧力を受ける受圧内面と、を有するステムと、前記外底面に対して、絶縁膜を挟んで設けられる検出回路と、を有し、前記ステムは、前記外底面を取り囲むように形成され、前記外底面に平行な方向から見て前記外底面および前記外側面とは異なる方向を向く面で構成され、前記外底面と前記外側面とを接続する裾野部を有し、前記絶縁膜は、前記裾野部の少なくとも一部を覆う圧力センサ。

【選択図】 図2

図 2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

平面状の外底面と、前記外底面に対して交差する方向に伸びる外側面と、前記外底面の反対面であって測定対象である流体からの圧力を受ける受圧内面と、を有するステムと、前記外底面に対して、絶縁膜を挟んで設けられる検出回路と、を有し、

前記ステムは、

前記外底面を取り囲むように形成され、前記外底面に平行な方向から見て前記外底面および前記外側面とは異なる方向を向く面で構成され、前記外底面と前記外側面とを接続する裾野部を有し、

前記絶縁膜は、前記裾野部の少なくとも一部を覆う圧力センサ。

10

**【請求項 2】**

前記外底面に垂直な方向から見て、前記外底面と前記裾野部との境界である第 1 境界から、前記裾野部と前記外側面との境界である第 2 境界までの長さは、10 μm 以上 1 mm 以下である請求項 1 に記載の圧力センサ。

**【請求項 3】**

前記裾野部は、前記外底面を取り囲むように形成され、前記外底面に直交する断面で見て前記外底面に対して 30 度から 60 度の角度をなす傾斜面を有する請求項 1 又は請求項 2 に記載の圧力センサ。

**【請求項 4】**

前記傾斜面は、前記外底面に対して直接接続するか、又は前記外底面に対して前記傾斜面より小さい角度をなす接続面を介して接続する請求項 3 に記載の圧力センサ。

20

**【請求項 5】**

前記傾斜面は、前記外底面に直交する断面で見て、前記外底面に対して一定の角度をなす請求項 3 又は請求項 4 に記載の圧力センサ。

**【請求項 6】**

前記傾斜面は、前記外底面に直交する断面でみて、前記外底面から離れるに従って前記外底面に対してなす角度が大きくなるように変化する請求項 3 又は請求項 4 に記載の圧力センサ。

**【請求項 7】**

前記裾野部は、前記外底面に直交する断面でみて、前記外底面と前記裾野部との境界である第 1 境界から離れるに従って、前記外底面に対してなす角度が遷移的に大きくなる曲面形状を有する請求項 1 から請求項 3 までのいずれかに記載の圧力センサ。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ステムの外底面に絶縁膜を挟んで検出回路を設ける圧力センサに関する。

**【背景技術】****【0002】**

圧力センサとして、金属などで形成されるステムの外底面に、絶縁膜を挟んで検出回路を設けるものが知られている。検出回路としては、たとえば圧抵抗効果（ピエゾ抵抗効果ともいう）を利用して、ステムの底壁部（メンブレン、またはダイアフラムともいう）の歪を抵抗変化により検出するものがある。このような圧力センサでは、絶縁膜が、ステムと検出回路との間の絶縁性を確保することにより、検出回路による適切な圧力検出を実現する。

40

**【0003】**

しかしながら、このような圧力センサの絶縁膜は、圧力による変形を生じるステムの底壁部に形成されるため、また、測定対象の流体によっては高温環境に曝されるため、膜剥がれやクラックなどを生じる問題がある。絶縁膜に生じる膜剥がれやクラックは、圧力センサの性能低下および耐久寿命の低下につながるおそれがあるため、課題となっている。

**【先行技術文献】**

50

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5-13782号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、このような実情に鑑みてなされ、ステムと検出回路とを絶縁する絶縁膜の膜剥がれやクラックの問題を防止する圧力センサを提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、本発明に係る圧力センサは、  
平面状の外底面と、前記外底面に対して交差する方向に伸びる外側面と、前記外底面の反対面であって測定対象である流体からの圧力を受ける受圧内面と、を有するステムと、前記外底面に対して、絶縁膜を挟んで設けられる検出回路と、を有し、  
前記ステムは、  
前記外底面を取り囲むように形成され、前記外底面に垂直な方向から見て前記外底面および前記外側面とは異なる方向を向く面で構成され、前記外底面と前記外側面とを接続する裾野部を有し、  
前記絶縁膜は、前記裾野部の少なくとも一部を覆う。

10

【0007】

本発明に係る圧力センサでは、絶縁膜が密着するステムの表面に、裾野部が形成されている。従来のステムでは、外底面と外側面とが略垂直に接続しているため、絶縁膜においてこの部分を覆う部分およびその周辺に応力集中が生じ、膜剥がれやクラックの起点になっていたと考えられる。これに対して、本発明に係る圧力センサのステムでは、外底面と外側面とが直接接続されるのではなく、外底面と外側面とが裾野部を介して接続されている。したがって、裾野部の存在が、外底面と外側面との間の急激な面の向きの変化を緩和し、ステムの表面を覆う絶縁膜での応力集中を低減することにより、本発明に係る圧力センサは、絶縁膜の膜剥がれやクラックなどの発生を防止できる。

20

【0008】

また、たとえば、前記外底面に垂直な方向から見て、前記外底面と前記裾野部との境界である第1境界から、前記裾野部と前記外側面との境界である第2境界までの長さは、10 $\mu$ m以上1mm以下であってもよい。

30

【0009】

裾野部の長さを10 $\mu$ m以上とすることにより、裾野部およびその周辺を覆う絶縁膜での応力集中を、より効果的に低減できるため、このような裾野部を有する圧力センサは、耐久性や信頼性のさらなる改善効果が得られる。また、裾野部の長さを1mm以下とすることにより、圧力センサの小型化に資する。

【0010】

また、たとえば、前記裾野部は、前記外底面を取り囲むように形成され、前記外底面に直交する断面でみて前記外底面に対して30度から60度の角度をなす傾斜面を有してもよい。

40

【0011】

このような傾斜面を有する裾野部を設けることにより、外底面と裾野部の境界と、裾野部と外側面の境界のいずれの境界においても、これらの部分を覆う絶縁膜における応力集中を低減することができる。したがって、このような圧力センサは、絶縁膜の膜剥がれやクラックなどの発生を効果的に防止できる。

【0012】

また、たとえば、前記傾斜面は、前記外底面に対して直接接続するか、又は前記外底面に対して前記傾斜面より小さい角度をなす接続面を介して接続してもよい。

【0013】

50

このような傾斜面を有する裾野部は、特に外底面と裾野部の境界を覆う絶縁膜への応力集中を、効果的に低減し、外底面およびその近くでの絶縁膜の膜剥がれやクラックなどの発生を、効果的に防止できる。

【0014】

また、たとえば、前記傾斜面は、前記外底面に直交する断面でみて、前記外底面に対して一定の角度をなしてもよい。

【0015】

このような傾斜面は、機械加工などにより容易に精度よく形成でき、寸法ばらつきを低減することが可能であるため、このようなステムを有する圧力センサは生産性が良好である。

10

【0016】

また、たとえば、前記傾斜面は、前記外底面に直交する断面でみて、前記外底面から離れるに従って前記外底面に対してなす角度が大きくなるように変化してもよい。

【0017】

傾斜面の角度が変化することにより、傾斜面を含む裾野部と、外底面および外側面との境界部分での面方向の変化を、より効果的に低減することができる。したがって、このような圧力センサは、絶縁膜の膜剥がれやクラックなどの発生を効果的に防止できる。

【0018】

また、たとえば、前記裾野部は、前記外底面に直交する断面でみて、前記外底面と前記裾野部との境界である第1境界から離れるに従って、前記外底面に対してなす角度が遷移的に大きくなる曲面形状を有してもよい。

20

【0019】

裾野部の角度が変化することにより、裾野部と外底面および外側面との境界部分での面方向の変化を、より効果的に低減できる。また、これに加えて、裾野部と外底面とのなす角度が、境界から遷移的に大きくなるため、このような圧力センサは、絶縁膜の局所的な応力集中を効果的に防止し、膜剥がれやクラックなどの発生を効果的に防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係る圧力センサの模式断面図である。

【図2】図2は、図1に示す圧力センサにおけるセンサ本体部の拡大断面図である。

30

【図3】図3は、図2に示すセンサ本体部が有するステムの形状を表す概念図である。

【図4】図4は、本発明の第2実施形態に係る圧力センサに含まれるセンサ本体部の拡大断面図である。

【図5】図5は、図4に示すセンサ本体部が有するステムの形状を表す概念図である。

【図6】図6は、本発明の第3実施形態に係る圧力センサに含まれるステムの形状を表す概念図である。

【図7】図7は、ステムの裾野部の長さとは絶縁膜の最大応力の値との関係を表すグラフである。

【図8】図8は、絶縁膜の膜厚と最大応力の値との関係を示すグラフである。

40

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき説明する。

図1は、本発明の第1実施形態に係る圧力センサ10の概略断面図である。圧力センサ10は、ステム20などを含むセンサ本体部18、ステム20へ圧力を伝える流路12bが形成されている接続部材12、接続部材12に対してセンサ本体部18を固定する抑え部材14、ステム20に設けられる検出回路50などに対して配線される基板部70などを有する。

【0022】

図1に示すように、接続部材12の外周には、圧力センサ10を測定対象に対して固定するためのねじ溝12aが形成されている。ねじ溝12aを介して圧力センサ10を固定

50

することにより、接続部材 12 の内部に形成されている流路 12b は、測定対象である流体で満たされる圧力室に対して、気密に連通する。

【0023】

図 1 に示すように、センサ本体部 18 およびセンサ本体部 18 に含まれるステム 20 は、有底（上底）筒状の外形状を有しており、接続部材 12 における流路 12b の一方の端部に設けられる。ステム 20 は、開口側（Z 軸負方向側）にフランジ部 21 が設けられており、抑え部材 14 と接続部材 12 との間にフランジ部 21 が挟み込まれることにより、センサ本体部 18 が、接続部材 12 に対して固定される。ステム 20 の開口と接続部材 12 の流路 12b とは、抑え部材 14 を用いて気密に連結されており、測定対象の流体の圧力が、ステム 20 の底壁部 22（図 2 参照）に伝えられる。

10

【0024】

図 2 は、図 1 に示すセンサ本体部 18 の拡大断面図である。センサ本体部 18 は、ステム 20 と絶縁膜 40 と検出回路 50 とを有する。ステム 20 は、XY 平面方向に延びる略円形板状の底壁部 22（図 3（a）参照）と、底壁部 22 の外周縁に接続して Z 軸負方向に延びる略円筒状の側壁部 25 とを有する。

【0025】

また、ステム 20 は、側壁部 25 における Z 軸負方向端部において外径方向に突出するフランジ部 21 を有するが、ステム 20 の形状としては、実施形態に示すもののみには限定されず、たとえば、ステムは、フランジ部を有しない有底円筒形状であってもよい。ステム 20 の材料としては、たとえばステンレスなどの金属材料や、炭化ケイ素のようなセラミックス、シリコンなどの半導体材料などが挙げられるが、特に限定されない。

20

【0026】

図 2 に示すように、絶縁膜 40 は、ステム 20 の外表面全体を覆うように形成されている。絶縁膜 40 は、ステム 20 と検出回路 50 との絶縁性を確保する。検出回路 50 が形成される機能膜は、絶縁膜 40 を介してステム 20 の外表面に形成される。なお、説明を容易にするために、図 2 では、絶縁膜 40 および検出回路 50 が形成される機能膜の厚みを、実際より厚く記載している。

【0027】

図 3 は、図 2 に示すセンサ本体部 18 におけるステム 20 の形状を表す概念図である。図 3（a）はステム 20 を Z 軸正方向側から見た上面図であり、図 3（b）は、Z 軸に平行な断面によるステム 20 の断面図である。なお、図 3（b）では、図 2 に示す検出回路 50 が形成される機能膜と、絶縁膜 40 とを、点線で示している。図 3（a）および図 3（b）に示すように、ステム 20 の外表面は、外底面 24 と、裾野部 28 と、外側面 27 と、段差面 34 と、開口縁面 36 を有する。

30

【0028】

外底面 24 は、ステム 20 の上方（Z 軸正方向）側の端面であり、円形の平面状である。外側面 27 は、外底面 24 に対して交差する方向に延びている。図 3 に示す外側面 27 は、外底面 24 の延びる方向（X 軸および Y 軸方向）に対して略垂直な方向（Z 軸方向）に延びており、円筒側面形状である。

【0029】

図 3（a）に示すように、裾野部 28 は、外底面 24 を取り囲むように形成されている。図 3（b）に示すように、裾野部 28 は、外底面 24 に平行な方向である Y 方向又は X 方向から見て外底面 24 および外側面 27 とは異なる方向を向く面で構成され、外底面 24 と外側面 27 とを接続する。

40

【0030】

図 3（a）に示すように、外底面 24 に垂直な方向（Z 軸方向）から見て、外底面 24 と裾野部 28 との境界である第 1 境界 31 から、裾野部 28 と外側面 27 まとの境界である第 2 境界 32 までの長さ L1 は、10 μm 以上 1 mm 以下であることが好ましく、40 μm 以上 500 μm 以下であることがさらに好ましい。長さ L1 を所定の値以上とすることにより、裾野部 28 の上に形成される絶縁膜 40 での応力集中を低減することができる

50

。また、裾野部 28 の長さ L1 を所定の値以下とすることにより、ステム 20 の小型化に資する。

#### 【0031】

図 3 (b) に示すように、裾野部 28 は、外底面 24 に直交する断面で見て外底面 24 に対して所定の角度  $\theta$  をなす傾斜面で構成される。裾野部 28 を構成する傾斜面が外底面 24 に対してなす角度  $\theta$  は、特に限定されないが、たとえば 30 度から 60 度とすることが好ましい。角度  $\theta$  をこのような範囲とすることにより、外底面 24 と裾野部 28 の境界である第 1 境界 31 と、裾野部 28 と外側面 27 の境界である第 2 境界 32 の、いずれの境界 31、32 の近傍においても、ステム 20 の外表面を覆う絶縁膜 40 における応力集中を低減することができる。

10

#### 【0032】

裾野部 28 は、図 3 に示すように連続する 1 つの面で構成されていてもよいが、向きや角度が異なる複数の面を有していてもよい。図 3 に示す裾野部 28 を構成する傾斜面は、図 3 (b) に示すように、外底面 24 に直交する断面で見て、外底面 24 に対して一定の角度  $\theta$  をなす。このような傾斜面は、機械加工などにより容易に精度よく形成でき、ステム 20 の寸法ばらつきを低減することが可能である。

#### 【0033】

図 3 に示すステム 20 の段差面 34 は、フランジ部 21 の外表面であり、X 軸および Y 軸方向に延びておりリング形状をなす部分と、Z 軸方向に延びており円筒側面形状をなす部分とを有する。開口縁面 36 は、ステム 20 の内部に形成される空洞の開口の周りを囲むリング状の平面であり、ステム 20 の下方 (Z 軸負方向) 側の端面を構成する。

20

#### 【0034】

図 3 (b) に示すように、ステム 20 の内表面は、受圧内面 23 と、内側面 26 とを有する。受圧内面 23 は、底壁部 22 における外底面 24 の反対面であって、測定対象である流体からの圧力を受ける。受圧内面 23 も、外底面 24 と同様に平面状であるが、外底面 24 が Z 軸正方向側を向く面であるのに対して、受圧内面 23 は Z 軸負方向側を向く面である。

#### 【0035】

ステム 20 の底壁部 22 は、受圧内面 23 が流体からの圧力を受けることにより変形し、底壁部 22 の少なくとも一部がメンブレン (またはダイアフラム) として機能する。内側面 26 は、側壁部 25 における外側面 27 の反対面である。ステム 20 の底壁部 22 の厚みは、測定対象である流体の圧力を受けて適切な変形を生じるように定められ、たとえば側壁部 25 の厚みに比べて、薄くすることができる。

30

#### 【0036】

図 2 および図 3 (b) に示されるように、圧力センサ 10 では、受圧内面 23 とは反対面である外底面 24 に、絶縁膜 40 を介して検出回路 50 が設けられ、検出回路 50 により、底壁部 22 の変形および流体の圧力を検出する。図 1 および図 2 に示す検出回路 50 としては、たとえば、圧抵抗効果 (ピエゾ抵抗効果ともいう) を利用して、底壁部 22 の変形および流体の圧力を検出する回路が挙げられるが、これのみには限定されない。

#### 【0037】

検出回路 50 は、絶縁膜 40 を介して外底面 24 の上に設けられている。図 2 に示すように、検出回路 50 は、機能膜の一部に対して、レーザー加工や、スクリーン印刷のような半導体加工技術による微細加工を行うことにより形成される。機能膜は、図 2 に示すように、ステム 20 の外表面である外底面 24、裾野部 28 および外側面 27 などの上に、絶縁膜 40 を介してこれらを間接的に覆うように形成されてもよい。また、機能膜は、これとは異なり、検出回路 50 が設けられる外底面 24 の上のみ、形成されていてもよい。

40

#### 【0038】

図 2 に示すように、絶縁膜 40 は、ステム 20 の外表面である外底面 24、裾野部 28 および外側面 27 などを直接接触して、これらを覆うように設けられる。絶縁膜 40 は、

50

ステム 20 の外表面と、検出回路 50 および機能膜との間に形成されている。検出回路 50 および機能膜は、絶縁膜 40 によって隔てられており、ステム 20 に対しては接触しない。

【0039】

絶縁膜 40 は、ステム 20 の外表面のうち、外底面 24 の全体を覆い、かつ、外底面 24 と外側面 27 とを接続する裾野部 28 の少なくとも一部を覆うように設けられる。ただし、絶縁膜 40 は、外底面 24 および裾野部 28 の全体を覆っていてもよく、図 2 に示すように、外底面 24 および裾野部 28 に加えて、外側面 27 や段差面 34 の少なくとも一部を覆っていてもよい。

【0040】

絶縁膜 40 は、ステム 20 と検出回路 50 との絶縁性を確保する。なお、図 2 では、絶縁膜 40 は薄膜などで構成され、絶縁膜 40 の厚みは、ステム 20 の肉厚などに比べて薄い。

【0041】

図 1 に示す圧力センサ 10 は、たとえば以下のような製造工程により製造される。まず、圧力センサ 10 の製造では、図 3 に示すようなステム 20 を製造する。ステム 20 は、たとえば所定の金属材料に対してプレス、切削、研磨などの機械加工を行うことにより、製造される。図 3 に示す裾野部 28 は、たとえば、外底面 24 に対して外側面 27 が垂直に接続された中間製造物を製造したのち、中間製造物において外底面 24 と外側面 27 が接続するコーナーの部分に対して、研磨などの機械加工を施すことにより形成することができる。

【0042】

次に、ステム 20 の外表面に絶縁膜 40 と機能膜とを多層形成し、形成した多層膜に対して半導体加工技術による微細加工を行うことにより多層膜に検出回路 50 を形成する。これらの工程により、図 2 に示すようなセンサ本体部 18 を得る。さらに、図 1 に示すように、センサ本体部 18 を接続部材 12 などに固定するとともに、基板 70 と検出回路 50 とをワイヤボンディングなどにより配線することにより、図 1 に示すような圧力センサ 10 を製造することができる。

【0043】

検出回路 50 を有する機能膜と絶縁膜 40 の、ステム 20 に対する形成方法は特に限定されないが、たとえば、スパッタリング法、真空蒸着法、CVD 法、ゾル・ゲル法などにより製造することができる。絶縁膜 40 の材質としては、酸化ケイ素、窒化ケイ素、アルミナなどがあげられるが、特に限定されない。機能膜の材質としては、シリコンなどの半導体や、良導体の金属などが挙げられるが、特に限定されない。

【0044】

また、検出回路 50 を有する機能膜や絶縁膜 40 のパターニング法として、半導体加工技術であるフォトリソ法などを用いることができる。なお、ステム 20 が図 2 に示すような裾野部 28 を有していることにより、機能膜や絶縁膜 40 のパターニング・形成工程において、レジストや薄膜が、垂直なエッジ部分において不均一となる問題を、効果的に防止することができる。

【0045】

圧力センサ 10 に含まれるステム 20 の大きさは特に限定されないが、たとえば、図 3 に示す外側面 27 の直径は、3 mm ~ 20 mm である。また、ステム 20 に形成される絶縁膜 40 の厚みも特に限定されないが、たとえば 500 nm ~ 100 μm である。また、ステム 20 に形成される機能膜の厚みは特に限定されないが、たとえば 50 nm ~ 1 μm である。

【0046】

以上のように、圧力センサ 10 は、図 3 に示すように、外底面 24 と外側面 27 とが直接接続されるのではなく、外底面 24 と外側面 27 とが裾野部 28 を介して接続されており、絶縁膜 40 がその上に設けられている。ここで、実施形態のような圧力センサでは、

10

20

30

40

50

金属やセラミクスのようなステムの材料と、高誘電材料である絶縁膜との線膨張係数の違いに起因する熱応力が生じる。従来 of 圧力センサでは、絶縁膜においてステムの垂直なエッジ近傍を覆う部分に応力集中が生じ、絶縁膜にクラックが生じたり、絶縁膜がステム表面から剥がれたりする問題が生じていた。

【0047】

しかし、上述した圧力センサ10では、図2に示すように、ステム20が裾野部28を有するため、外底面24と外側面27との間における急激な面方向の変化を緩和し、ステム20の外表面に沿って形成される絶縁膜40での応力集中を低減することができる。したがって、このような圧力センサ10は、絶縁膜40にクラックが生じたり、絶縁膜40がステム20表面から剥がれたりする問題を防止することができ、高い耐久性と信頼性を有する。

10

【0048】

また、図3(a)に示すように、圧力センサ10は、裾野部28の長さL1を10 $\mu$ m以上とすることにより、裾野部28および第1境界31および第2境界32の周辺に位置する絶縁膜40での応力集中を、より効果的に低減できる。そのため、このような裾野部28を有する圧力センサ10は、耐久性や信頼性のさらなる改善効果が得られる。また、裾野部28の長さL1を1mm以下とすることにより、圧力センサ10の小型化に資する。

【0049】

また、図3(b)に示すように、裾野部28が、外底面24に対して30度から60度の角度をなす傾斜面を有するため、第1境界31と第2境界32の両方の境界における面方向の変化を小さくすることができる。このため、圧力センサ10は、第1境界31と第2境界32に沿って形成される絶縁膜40における応力集中を低減することができる。

20

【0050】

また、圧力センサ10のステム20では、従来 of 形状のステムとは異なり、検出回路50が設けられる外底面24の周りに垂直に面方向が変化するコーナーが無い。そのため、このようなステム20を用いる圧力センサ10は、パターンング不良や成膜不良など、製造工程で生じる不良発生を低減できるため、生産性が良好である。

【0051】

以上のように、実施形態を示して本発明に係る圧力センサを説明したが、本発明は上述した実施形態のみに限定されるものではなく、他の多くの実施形態および変形例を有することは言うまでもない。図4は、本発明の第2実施形態に係る圧力センサのセンサ本体部118を示す模式断面図である。

30

【0052】

図4に示すように、第2実施形態に係る圧力センサは、ステム120における裾野部128の形状と、絶縁膜140の形状と、検出回路150が形成される機能膜の形状が異なることを除き、第1実施形態に係る圧力センサ10と同様である。第2実施形態に係る圧力センサの説明では、第1実施形態に係る圧力センサ10との相違点のみ説明し、圧力センサ10との共通点については説明を省略する。

【0053】

図4に示すように、センサ本体部118は、ステム120と、絶縁膜140と、検出回路150が形成される機能膜とを有する。ステム120は、底壁部122の外周部に配置される裾野部128の形状が、図2に示すステム20とは異なるが、その他の部分はステム20と同様である。

40

【0054】

図5は、図4に示すセンサ本体部118におけるステム120の形状を表す概念図である。図5(a)はステム120をZ軸正方向側から見た上面図であり、図5(b)は、Z軸に平行な断面によるステム120の断面図である。図5(b)に示すように、裾野部128は、外底面24に直交する断面でみて、第1境界31から離れるにしたがって、外底面24に対してなす角度が遷移的に大きくなる曲面形状を有する。たとえば、裾野部12

50

8は、裾野部128の長さL1とおなじ曲率半径を有してもよい。

【0055】

図5に示すように、絶縁膜140の形状は、ステム120の外表面の形状に追従する。したがって、絶縁膜140においてステム120の裾野部128の上に位置する部分は、裾野部128と同様に曲面状になっている。また、検出回路150が形成される機能膜は、絶縁膜140を挟んで外底面24の上のみに形成されている。なお、絶縁膜140は、外底面24については全体を覆っている必要があるが、裾野部128については全体を覆う必要はなく、少なくとも裾野部128の一部を覆っていればよい。

【0056】

図4および図5に示すステム120では、裾野部128が曲面形状を有しており、裾野部128と外底面24とのなす角度が、第1境界31から離れるにしたがって大きくなる。このような形状の裾野部128を有するステム120は、第1境界31および第2境界32周辺での面方向の変化を小さくできるため、これを覆う絶縁膜140での応力集中を、より効果的に防止できる。また、第2実施形態に係る圧力センサは、第1実施形態に係る圧力センサ10と同様の効果を奏する。

【0057】

図6は、本発明の第3実施形態に係る圧力センサにおけるステム220の形状を表す概念図である。図6(a)はステム220をZ軸正方向側から見た上面図であり、図6(b)は、Z軸に平行な断面によるステム120の断面図である。図6に示すように、第3実施形態に係る圧力センサは、ステム220における裾野部228の形状が異なり、絶縁膜および機能膜の形状が裾野部228に沿う形状に変わることを除き、第1実施形態に係る圧力センサ10と同様である。第3実施形態に係る圧力センサの説明では、第1実施形態に係る圧力センサ10との相違点のみ説明し、圧力センサ10との共通点については説明を省略する。

【0058】

図6(b)に示すように、ステム220の裾野部228は、外底面24に直交する断面で見て、外底面24に対して30度から60度の角度をなす傾斜面228aと、外底面24に対して傾斜面228aより小さい角度をなす接続面228bを有する。図6(a)に示すように、外底面24、接続面228bおよび傾斜面228aは同心円状に形成されており、接続面228bおよび傾斜面228aは、外底面24を取り囲むように形成されている。

【0059】

図3と図6の比較から理解されるように、傾斜面は、図3に示す裾野部28を構成する傾斜面のように外底面24に対して直接接続してもよく、図6に示す傾斜面228aのように、接続面228bを介して外底面24に接続してもよい。図6に示すように、裾野部28に含まれる面は、外底面24に直交する断面で見て、第1境界31で接続する外底面24の向きと、第2境界32で接続する外側面27の向きとの間の方向を向く面で構成されることが好ましい。

【0060】

図6に示すような裾野部228を有するステム220を用いる圧力センサは、裾野部28が接続面228bと傾斜面228aを有することにより、第1境界31を覆う絶縁膜への応力集中を、効果的に低減し、外底面24およびその近くでの絶縁膜の膜剥がれやクラックなどの発生を、効果的に防止できる。また、第3実施形態に係る圧力センサは、第1実施形態に係る圧力センサ10と同様の効果を奏する。なお、図6に示す傾斜面228aは、外底面24に対してなす角度が一定である面に限定されない。ステム220の傾斜面は、図5に示すステム120の裾野部128のように、外底面24に直交する断面で見て、外底面24から離れるにしたがって外底面24に対してなす角度が大きくなるように変化する曲面であってもよい。

【0061】

以上のように、複数の実施形態を挙げて本発明にかかる圧力センサを説明したが、本発

10

20

30

40

50

明は上述した実施形態のみに限定されるものではなく、他の多くの実施形態および変形例を有することは言うまでもない。本発明には、これらの他にも多くの実施形態が含まれる。たとえば、図1に示すステム20の形状および固定構造は一例にすぎず、本発明の圧力センサは、ステム20が圧力に応じて適切に変形する、他の任意の形状および固定構造を採用できる。

#### 【0062】

以下に、実施例を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例のみに限定されない。

#### 【0063】

##### 第1実施例

図7は、図5に示すように、裾野部128の長さL1に対応する曲面を有する裾野部128を備えるステム120において、ステム120の受圧内面23に所定の変形が生じた際に、裾野部128の上に形成された絶縁膜140に加えられる最大主応力と、ステム120の裾野部128の長さL1の関係を計算した結果を表すグラフである。その他の主な計算の条件は以下の通りである。

絶縁膜の材質：SiO<sub>2</sub>

絶縁膜の厚み：1000 μm

絶縁膜の成膜方法：TEOS-CVD

裾野部の長さL1：0.1 μm、1 μm、10 μm、100 μm

ステムの材質：オーステナイト系ステンレス

温度：25

#### 【0064】

図7からは、裾野部128の長さL1が長くなることにより、絶縁膜140に加えられる最大主応力が低減することが理解できる。最大主応力の値は、裾野部128の長さが1 μm以上の範囲において絶縁膜140がクラックを生じない許容範囲となり、裾野部128の長さが10 μm以上の範囲では、さらに大きな安全率が確保される。

#### 【0065】

##### 第2実施例

図8は、裾野部128の長さL1を固定し、絶縁膜140の厚みを変化させたことを除き、第1実施例と同様にして、絶縁膜140に加えられる最大主応力を算出した。第1実施例と異なる主な計算の条件は以下の通りである。

絶縁膜の厚み：1 μm、10 μm、100 μm、1000 μm

裾野部の長さL1：1 μm

#### 【0066】

図8からは、絶縁膜140の厚みが薄くなることにより、絶縁膜140に加えられる最大主応力が低減することが理解できる。最大主応力の値は、絶縁膜140の厚みが100 μm以下の範囲では、さらに大きな安全率が確保される。なお、絶縁膜140の厚みは、第2実施例のいずれの条件でも、十分な絶縁性が確保される。

#### 【符号の説明】

#### 【0067】

10 ... 圧力センサ

12 ... 接続部材

12a ... ねじ溝

12b ... 流路

14 ... 抑え部材

18、118 ... センサ本体部

20、120、220 ... ステム

21 ... フランジ部

22、122 ... 底壁部（メンブレン）

23 ... 受圧内面

10

20

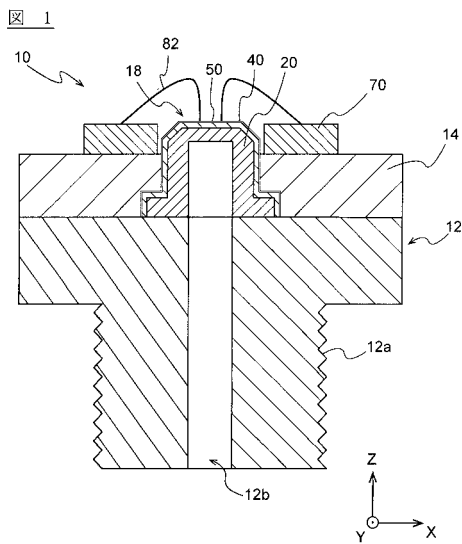
30

40

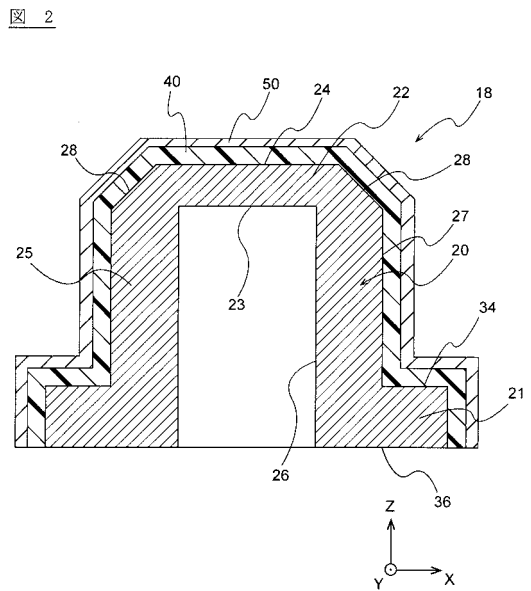
50

- 2 4 ... 外底面
- 2 5 ... 側壁部
- 2 6 ... 内側面
- 2 7 ... 外側面
- 2 8、1 2 8、2 2 8 ... 裾野部
- 2 2 8 a ... 傾斜面
- 2 2 8 b ... 接統面
- 3 1 ... 第 1 境界
- 3 2 ... 第 2 境界
- 3 4 ... 段差面
- 3 6 ... 開口縁面
- 4 0、1 4 0 ... 絶縁膜
- 5 0、1 5 0 ... 検出回路
- 7 0 ... 基板部
- 8 2 ... 接統配線

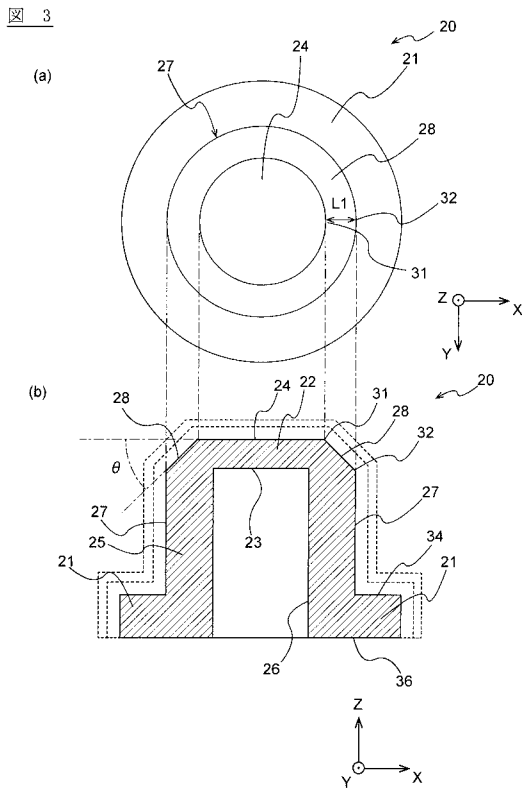
【 図 1 】



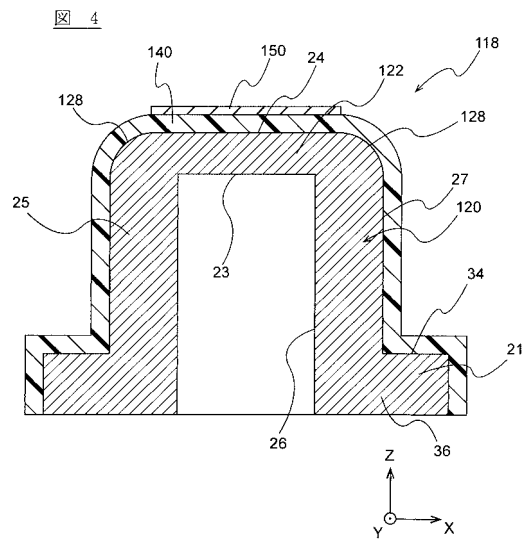
【 図 2 】



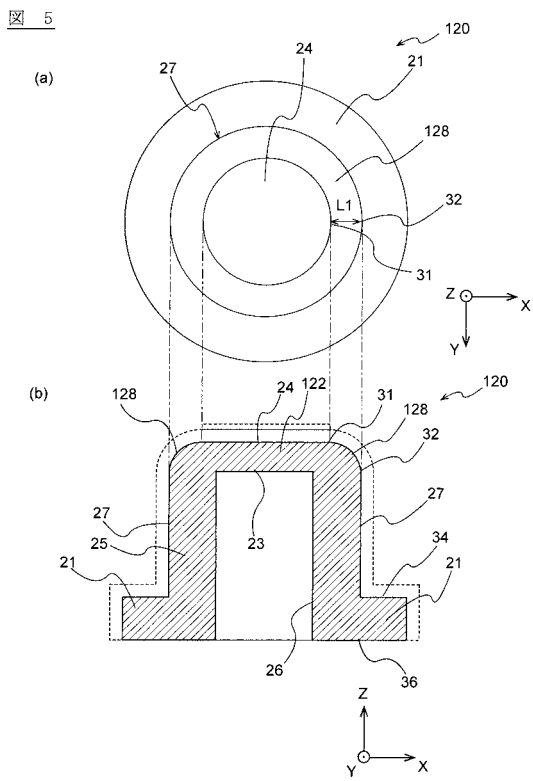
【 図 3 】



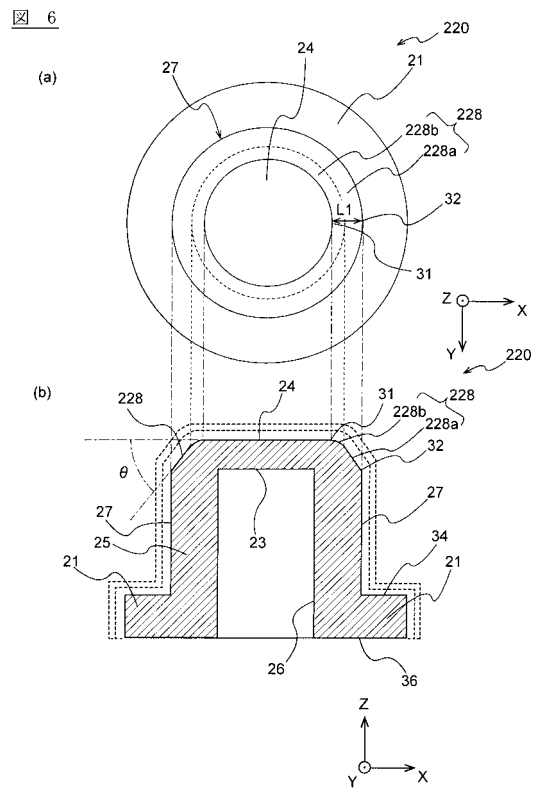
【 図 4 】



【 図 5 】

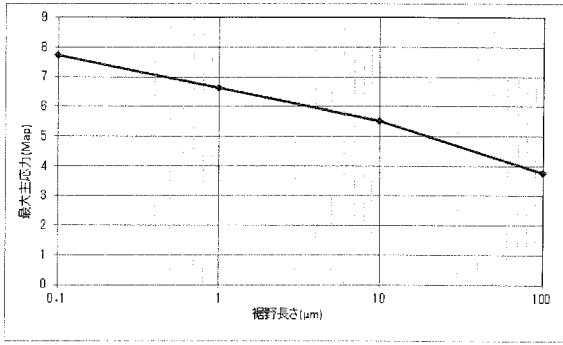


【 図 6 】



【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

図 8

