

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02012/165536

発行日 平成27年2月23日 (2015. 2. 23)

(43) 国際公開日 平成24年12月6日 (2012. 12. 6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 L 19/04 (2006. 01)	GO 1 L 19/04	2 F 0 5 5
GO 1 L 9/00 (2006. 01)	GO 1 L 9/00 3 0 5 Z	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 39 頁)

出願番号	特願2013-518152 (P2013-518152)	(71) 出願人	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町四丁目1番8号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2012/064054	(74) 代理人	100127203 弁理士 奈良 泰宏
(22) 国際出願日	平成24年5月31日 (2012. 5. 31)	(72) 発明者	ハオ シュウシュン 兵庫県姫路市書写2167 兵庫県立大学 大学院工学研究科内
(31) 優先権主張番号	特願2011-122184 (P2011-122184)	(72) 発明者	蔣 永剛 兵庫県姫路市書写2167 兵庫県立大学 大学院工学研究科内
(32) 優先日	平成23年5月31日 (2011. 5. 31)	(72) 発明者	藤田 孝之 兵庫県姫路市書写2167 兵庫県立大学 大学院工学研究科内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

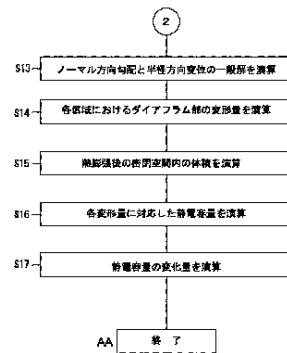
(54) 【発明の名称】 センサにおける温度補償方法、該温度補償方法の演算プログラム、演算処理装置、及び、センサ

(57) 【要約】

【課題】 キャピティ内の気体の温度による圧力変化（キャピティ内に封止されている気体の熱膨張）に起因したダイアフラムの変形を相殺し、対象とする温度範囲でダイアフラムの変形を抑制することにより、最適な温度補償を行うことのできる、センサにおける温度補償方法、該温度補償方法の演算プログラム、該演算プログラムを演算処理する演算処理装置、及び、センサを得る。

【解決手段】 本発明の静電容量型センサにおける温度補償方法は、静電容量の変化量 C' を求める演算工程 S17 を含む各演算工程を実行することによって、密閉空間内の気体の温度による圧力変化（密閉空間内に封止されている気体の熱膨張）に起因したダイアフラム部の変形の補償程度を判断可能なパラメータ C' を得る。

【選択図】 図5



S13 Calculate the general solution of normal-direction gradient and radial-direction displacement
 S14 Calculate the amount of deformation of the diaphragm section in each region
 S15 Calculate the volume in the hermetically sealed space after thermal expansion
 S16 Calculate the capacitance corresponding to each amount of deformation
 S17 Calculate the amount of change in capacitance
 AA End

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一方の面に第 1 の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサにおいて、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形を補償するセンサにおける温度補償方法。

10

【請求項 2】

前記センサにおいては、

前記基板と、内径が $2R_2$ 、外径が $2R_3$ であるリング状の前記導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形する円板状に形成され、外径が $2R_3$ である前記ダイアフラム部と、を備え、前記温度補償部材は、内径が $2R_1$ 、外径が $2R_3$ であるリング状の温度補償リングであり、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成している静電容量型センサとして構成されており、

Timoshenko の対称円板理論に基づいて、前記導電部、前記ダイアフラム部、及び、前記温度補償リングの各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板を、前記ダイアフラム部の前記中心軸を基準として、半径が 0 から R_1 までの部分で構成された第 1 区域と、前記ダイアフラム部及び前記温度補償リングの前記中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第 2 区域と、前記導電部、前記ダイアフラム部、及び、前記温度補償リングの前記中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第 3 区域に分解する演算工程 (1) と、

20

Kirchhoff の円板理論に基づいて、半径方向 (r 軸方向) と円周方向 (θ) の歪み ε_r 、 ε_θ と変位 u_r 、 u_θ との関係を示す以下の式 (1) ~ (4) を用いて、以下の式 (5)、(6) に示す、前記第 1 ~ 前記第 3 区域の積層方向 (Z 軸方向) に関して参照面 ($z = 0$) における歪み ε_{rr}^0 、 $\varepsilon_{\theta\theta}^0$ を求める演算工程 (2) と、

【数 1】

$$\varepsilon_{rr}^0 = \varepsilon_{rr}^0 + ZK_r \quad \dots (1)$$

30

【数 2】

$$\varepsilon_{\theta\theta}^0 = \varepsilon_{\theta\theta}^0 + ZK_\theta \quad \dots (2)$$

【数 3】

$$K_r = -d^2\omega/dr^2 = -d\theta/dr \quad \dots (3)$$

【数 4】

$$K_\theta = -(1/r)(d\omega/dr) = -(\theta/r) \quad \dots (4)$$

40

【数 5】

$$\varepsilon_{rr}^0 = \frac{du_0}{dr} \quad \dots (5)$$

【数 6】

$$\varepsilon_{\theta\theta}^0 = \frac{u_0}{r} \quad \dots (6)$$

以下の式 (7) に、ヤング率 E 、及び、ポアソン比 ν を入力し、行列 [Q] を求める演算

50

工程 (3) と、

【数 7】

$$[Q] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{Bmatrix} 1 & \nu \\ \nu & 1 \end{Bmatrix} \cdots (7)$$

以下の式 (8) に示す横等方性の線形弾性の対称円板に対する応力の構成方程式に、行列 [Q]、歪み ε_{rr}^0 、 $\varepsilon_{\theta\theta}^0$ 、変位 κ_r 、 κ_θ 、熱膨張係数 $\alpha\Delta T$ 、及び、温度差 ΔT (前記ダイアフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力し、半径方向 (r 軸方向) の応力 σ_{rr} 、及び、円周方向 (θ) の応力 $\sigma_{\theta\theta}$ を求める演算工程 (4) と、

10

【数 8】

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{rr} \\ \sigma_{\theta\theta} \end{Bmatrix} = [Q] \left(\begin{Bmatrix} \varepsilon_{rr}^0 \\ \varepsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + z \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T \end{Bmatrix} \right) \cdots (8)$$

以下の式 (9) ~ (11) に、行列 [Q] を入力することによって、各行列 [A]、[B] 及び [D] を演算する演算工程 (5) と、

【数 9】

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] dz \cdots (9)$$

20

【数 10】

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] z dz \cdots (10)$$

【数 11】

$$[D] = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] z^2 dz \cdots (11)$$

30

以下の式 (12)、(13) に、行列 [Q]、熱膨張係数 $\alpha\Delta T$ 、及び、温度差 ΔT (前記ダイアフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力することによって、各行列 [N^T]、[M^T] を演算する演算工程 (6) と、

【数 12】

$$\begin{bmatrix} N_r^T \\ N_\theta^T \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] \begin{bmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T \end{bmatrix} dz \cdots (12)$$

40

【数 13】

$$\begin{bmatrix} M_r^T \\ M_\theta^T \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] \begin{bmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T \end{bmatrix} z dz \cdots (13)$$

以下の式 (14) に、前記ダイアフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 及び参照圧力 P_0 に対応した前記ダイアフラム部の初期変形量 ε_0^r (r)、及び、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、該面と前記基板において対向する対向面との間の距離 g を入力することによって、前記初期状態における

50

前記密閉空間内の体積 V_0 を演算する演算工程 (7) と、

【数 14】

$$V_0 = \int_0^{R_2} 2\pi r(g + \omega'_0(r)) dr \quad \dots (14)$$

以下の式 (15) に、前記密閉空間内の圧力 P_c 、前記参照圧力 P_0 、前記初期状態における前記密閉空間内の体積 V_0 、前記参照温度 T_0 、変化後の温度 T_1 、及び、熱膨張後における前記密閉空間内の体積 V_1 (仮定値) を入力することによって、前記ダイヤフラム部の合圧力 (前記密閉空間内の圧力 P_c と環境の参照圧力 P_0 の差) P を演算する演算工程 (8) と、

10

【数 15】

$$P = \frac{P_c V_0 T_1}{T_0 V_1} - P_0 \quad \dots (15)$$

以下の式 (16) に、真空の誘電率 ϵ_0 、比誘電率 (媒質の誘電率と真空の誘電率の比) ϵ_r 、前記初期変形量 $\omega'_0(r)$ 、及び、前記距離 g を入力することによって、前記初期変形量 $\omega'_0(r)$ に対応した静電容量 C'_0 を演算する演算工程 (9) と、

【数 16】

$$C'_0 = \int_0^{R_2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_r 2\pi r}{(g + \omega'_0(r))} dr \quad \dots (16)$$

20

上記式 (1) ~ (6) を、以下の式 (17) , (18) に入力することによって、前記第 1 ~ 前記第 3 区域の半径方向 (r 軸方向) の合力 N_r を示す以下の式 (19)、前記第 1 ~ 前記第 3 区域の円周方向 () の合力 N_θ を示す以下の式 (20)、前記第 1 ~ 前記第 3 区域の半径方向 (r 軸方向) の合モーメント M_r を示す以下の式 (21)、前記第 1 ~ 前記第 3 区域の円周方向 () の合モーメント M_θ を示す以下の式 (22) を得る演算工程 (10) と、

【数 17】

$$\begin{Bmatrix} N_r \\ N_\theta \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} \epsilon_{rr}^0 \\ \epsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + [B] \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} N_r^T \\ N_\theta^T \end{Bmatrix} \quad \dots (17)$$

30

【数 18】

$$\begin{Bmatrix} M_r \\ M_\theta \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} \epsilon_{rr}^0 \\ \epsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + [D] \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} M_r^T \\ M_\theta^T \end{Bmatrix} \quad \dots (18)$$

【数 19】

$$N_r = A_{11} \frac{du_0(r)}{dr} + A_{12} \frac{u_0(r)}{r} - B_{11} \frac{d\theta(r)}{dr} - B_{12} \frac{\theta(r)}{r} - N_r^T \quad \dots (19)$$

40

【数 20】

$$N_\theta = A_{21} \frac{du_0(r)}{dr} + A_{22} \frac{u_0(r)}{r} - B_{21} \frac{d\theta(r)}{dr} - B_{22} \frac{\theta(r)}{r} - N_\theta^T \quad \dots (20)$$

【数 21】

$$M_r = B_{11} \frac{du_0(r)}{dr} + B_{12} \frac{u_0(r)}{r} - D_{11} \frac{d\theta(r)}{dr} - D_{12} \frac{\theta(r)}{r} - M_r^T \quad \dots (21)$$

【数 2 2】

$$M_{\theta} = B_{21} \frac{du_0(r)}{dr} + B_{22} \frac{u_0(r)}{r} - D_{21} \frac{d\theta(r)}{dr} - D_{22} \frac{\theta(r)}{r} - M_{\theta}^T \quad \dots (22)$$

以下の式(23)～(25)に、前記第1～前記第3区域の半径方向(r軸方向)の合力 N_r 、円周方向()の合力 N_{θ} 、半径方向(r軸方向)の合モーメント M_r 、円周方向()の合モーメント M_{θ} 、横せん断力 Q_r 、及び、前記ダイヤフラム部の合圧力(前記密閉空間内の圧力と環境の参照圧力の差) P を入力し、以下の式(26)に示す軸対称円板の平衡方程式を求める演算工程(11)と、

【数 2 3】

$$\frac{dN_r}{dr} + \frac{N_r - N_{\theta}}{r} = 0 \quad \dots (23)$$

【数 2 4】

$$Q_r = \frac{dM_r}{dr} + \frac{M_r - M_{\theta}}{r} \quad \dots (24)$$

【数 2 5】

$$\frac{dQ_r}{dr} + P + \frac{Q_r}{r} = 0 \quad \dots (25)$$

【数 2 6】

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dM_r}{dr} + M_r + M_{\theta} \right) + P = 0 \quad \dots (26)$$

上記式(19)～(22)を、上記式(23)、(26)に入力することによって、以下の関係式(27)、(28)を得る演算工程(12)と、

【数 2 7】

$$\frac{d^2\theta(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\theta(r)}{dr} - \frac{\theta(r)}{r^2} = \frac{Pr}{2D_{11}^*} \quad \dots (27)$$

【数 2 8】

$$\frac{d^2u_0(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du_0(r)}{dr} - \frac{u_0(r)}{r^2} = \frac{Pr\beta}{2D_{11}^*} \quad (\beta = B_{11}/A_{11} \text{ and } D_{11}^* = D_{11} - B_{11}^2/A_{11})$$

..... (28)

上記式(27)、(28)に、それぞれ、2回積分処理を施して、以下に示す式(29)、(30)を得る演算工程(13)と、

【数 2 9】

$$\theta(r) = b_1 r + \frac{b_2}{r} + \frac{1}{D_{11}^*} \left(\frac{Pr^3}{16} \right) \quad \dots (29)$$

【数 3 0】

$$u_0(r) = a_1 r + \frac{a_2}{r} + \frac{\beta}{D_{11}^*} \left(\frac{Pr^3}{16} \right) \quad \dots (30)$$

上記式(29)に積分処理を施して、以下の式(31)に示す前記第1区域における前記ダイヤフラム部の変形量(1)、以下の式(32)に示す前記第2区域における前記ダイヤフラム部の変形量(2)、及び、以下の式(33)に示す前記第3区域における

10

20

30

40

50

前記ダイヤフラム部の変形量 (3) 演算する演算工程 (1 4) と、

【数 3 1】

$$\omega^{(1)} = \frac{Pr^4}{64D_{11}^{*(1)}} + \frac{b_1^{(1)}r^2}{2} + c^{(1)}, 0 \leq r \leq R_1 \quad \dots (31)$$

【数 3 2】

$$\omega^{(2)} = \frac{Pr^4}{64D_{11}^{*(2)}} + \frac{b_1^{(2)}r^2}{2} + b_2^{(2)}\ln(r) + c^{(2)}, R_1 \leq r \leq R_2 \quad \dots (32)$$

【数 3 3】

$$\omega^{(3)} = 0, R_2 \leq r \leq R_3 \quad \dots (33)$$

10

以下の式 (3 4) に、前記変形量 (1) , (2) 及び前記距離 g を入力することによって、熱膨張後の前記密閉空間内の体積 V_1 を演算する演算工程 (1 5) と、

【数 3 4】

$$V_1 = \int_0^{R_1} 2\pi r(g + \omega^{(1)})dr + \int_0^{R_2} 2\pi r(g + \omega^{(2)})dr \quad \dots (34)$$

上記式 (3 1) , (3 2) に、前記体積 V_1 を入力することによって、前記変形量 (1) , (2) に対応した、以下の式 (3 5) に示す静電容量 C' を演算する演算工程 (1 6) と、

20

【数 3 5】

$$C' = \int_0^{R_1} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r 2\pi r}{(g + \omega^{(1)}(r))} dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r 2\pi r}{(g + \omega^{(2)}(r))} dr \quad \dots (35)$$

以下の式 (3 6) に、前記静電容量 C_0' , C' を入力することによって、静電容量の変化量 $\Delta C'$ を求める演算工程 (1 7) と、を順に行うことを特徴とする請求項 1 に記載のセンサにおける温度補償方法。

【数 3 6】

$$\Delta C' = C' - C_0' \quad \dots (36)$$

30

【請求項 3】

前記導電部が、

前記ダイヤフラム部の変形に応じて、前記第 1 の電極部と共に前記ダイヤフラム部との間の静電容量変化を検出するための第 2 の電極部であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のセンサにおける温度補償方法。

【請求項 4】

前記センサが、

少なくとも白金を含むとともに、前記第 2 の電極部と前記絶縁体層との間に形成され、内周面が前記密閉空間の一部を形成するパリアメタル層を備えていることを特徴とする請求項 3 に記載のセンサにおける温度補償方法。

40

【請求項 5】

前記導電部が、

前記ダイヤフラム部において前記温度補償リングが形成されている側の面と反対側の面に形成された封止リング部であり、

前記センサが、

前記封止リング部と前記絶縁体層との間に形成され、前記ダイヤフラム部の変形に応じて、前記第 1 の電極部と共に前記ダイヤフラム部との間の静電容量変化を検出するためのリング状の第 2 の電極部を備えていることを特徴とする請求項 2 に記載のセンサにおける温度補償方法。

50

【請求項 6】

前記センサにおいて、

前記第 2 の電極部と前記封止リング部との接合が、金 - 金接合によるものであることを特徴とする請求項 5 に記載のセンサにおける温度補償方法。

【請求項 7】

前記センサが、

少なくとも白金を含むとともに、前記ダイアフラム部において前記温度補償リングが形成されている側の面と反対側の面に形成されたリング状のバリアメタル層と、

前記バリアメタル層と前記絶縁体層との間に形成され、前記ダイアフラム部の変形に応じて、前記第 1 の電極部と共に前記ダイアフラム部との間の静電容量変化を検出するためのリング状の第 2 の電極部とを備え、

前記導電部が、

前記バリアメタル層が単層である場合には、該バリアメタル層であり、

前記バリアメタル層が複数層である場合には、該バリアメタル層のうち、前記ダイアフラム部に最も近い層であることを特徴とする請求項 2 に記載のセンサにおける温度補償方法。

【請求項 8】

一方の面に第 1 の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサにおいて、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形を補償するセンサにおける温度補償方法を演算処理するための演算プログラム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の演算プログラムを演算処理することを特徴とする演算処理装置。

【請求項 10】

一方の面に第 1 の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサであって、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形が補償されることを特徴とするセンサ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、センサにおける温度補償方法、該温度補償方法の演算プログラム、該演算プログラムを演算処理する演算処理装置、及び、該温度補償の対象となるセンサに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来から、一般に半導体圧力センサは、微小キャビティとその表面を覆う薄いダイアフラムからなり、外部の圧力により変形したダイアフラムの変形をその表面に形成した抵抗の変化、あるいは、対極にもう一つの電極を設け、ダイアフラムと対極電極の容量変化を測定することにより圧力計とするものである。

【0003】

このような構成の圧力センサにおいて、キャビティー内を真空封止した場合には、ダイアフラムの変形は外気圧と真空圧との差圧、すなわち、絶対圧センサとなり、その一方で、キャビティー内にある圧力の気体を封入した場合は、外気圧とのキャビティー内の気体圧との差圧、すなわち、相対圧センサとなる。キャビティー内を真空封入した絶対圧センサは、キャビティー内を真空に保つための困難さはあるが、内部の気体の温度による収縮の影響は無視できるため、圧力センサとしての温度補償が容易になるという利点がある。その一方で、キャビティー内が真空で封止されているため、例えば1気圧の外気圧下において、すでにダイアフラムが大きく変形しており、1気圧付近で用いる圧力センサとしてはダイアフラムを薄くして圧力感度を高めることが困難であるという欠点を有する。

【0004】

一方、上記相対圧センサの一例としては、下記特許文献1に代表されるように、物理量の一種である圧力に応じて変形するダイアフラム部を有した静電容量型圧力センサが公知となっている。なお、この特許文献1に開示されている静電容量型圧力センサは、電極部が形成されている第1の基板と、圧力に応じて変形するダイアフラム部が形成されている第2の基板とを有し、前記ダイアフラム部と前記電極部とがギャップをもって互いに対向する関係となるキャビティー部を設けるとともに、キャビティー部を外部から封止する封止材を設け、前記第1及び前記第2の基板とが接合されたセンサチップを備え、前記ダイアフラム部に加わる被測定圧力と前記キャビティー部内の圧力との圧力差に応じて前記ギャップのギャップ幅を変化させて該ギャップ幅の変化による前記ダイアフラム部と前記電極部との間の静電容量の変化によって前記圧力差を検出するようにした静電容量型圧力センサにおいて、前記キャビティー部内を密閉した密閉部材を有しているものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平10-19709号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記相対圧センサは、例えば、キャビティー内に1気圧付近の気体を封入し、1気圧付近の外気を測定する場合、その差圧は小さくダイアフラムの変形が小さいため、より薄いダイアフラムを設けることが可能となり、1気圧付近で高感度化を図ることができるという利点がある。しかしながら、キャビティー内に気体を封入するものであるため、ボイル・シャルルの法則からも明らかなように、キャビティー内の温度変化によって内部圧力が変動し、ダイアフラムの温度による変形を補償することが困難になるという欠点がある。

【0007】

そこで、本発明の目的は、キャビティー内の気体の温度による圧力変化(キャビティー内に封止されている気体の熱膨張)に起因したダイアフラムの変形を相殺し、対象とする温度範囲でダイアフラムの変形を抑制することにより、最適な温度補償を行うことのできる、センサにおける温度補償方法、該温度補償方法の演算プログラム、該演算プログラムを演算処理する演算処理装置、及び、センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 本発明のセンサにおける温度補償方法は、一方の面に第1の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサにおいて、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形を補償することを特徴とする

10

20

30

40

50

ものである。

【0009】

上記(1)の構成によれば、密閉空間内の気体の温度による圧力変化(密閉空間内に封止されている気体の熱膨張)に伴うダイヤフラム部の変形を相殺し、対象とする温度範囲でダイヤフラム部の変形を抑制することにより、最適な温度補償を実現することができる。

【0010】

更に、上記(1)の構成によれば、温度補償を有効に行うことで、ダイヤフラムの薄いセンサを設計・製作することが可能となり、センサの高感度化を図ることができる。

【0011】

なお、本発明中の「ダイヤフラム部の変形を補償する」とは、ダイヤフラム部の変形量を完全に零にすること、及び、ダイヤフラム部の変形量を零に近似させること、が含まれる。

【0012】

(2) 上記(1)のセンサにおける温度補償方法においては、前記センサは、前記基板と、内径が $2R_2$ 、外径が $2R_3$ であるリング状の前記導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形する円板状に形成され、外径が $2R_3$ である前記ダイヤフラム部と、を備え、前記温度補償部材は、内径が $2R_1$ 、外径が $2R_3$ であるリング状の温度補償リングであり、前記導電部の内周面と、前記ダイヤフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成している静電容量型センサとして構成されており、Timoshenkoの対称円板理論に基づいて、前記導電部、前記ダイヤフラム部、及び、前記温度補償リングの各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板を、前記ダイヤフラム部の前記中心軸を基準として、半径が0から R_1 までの部分で構成された第1区域と、前記ダイヤフラム部及び前記温度補償リングの前記中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第2区域と、前記導電部、前記ダイヤフラム部、及び、前記温度補償リングの前記中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第3区域に分解する演算工程(1)と、

Kirchhoffの円板理論に基づいて、半径方向(r 軸方向)と円周方向(θ)の歪み ε_r 、 ε_θ と変位 u_r 、 u_θ との関係を示す以下の式(1)~(4)を用いて、以下の式(5)、(6)に示す、前記第1~前記第3区域の積層方向(Z 軸方向)に関して参照面($z=0$)における歪み ε_{rr}^0 、 $\varepsilon_{\theta\theta}^0$ を求める演算工程(2)と、

【数1】

$$\varepsilon_{rr} = \varepsilon_{rr}^0 + ZK_r \quad \dots (1)$$

【数2】

$$\varepsilon_{\theta\theta} = \varepsilon_{\theta\theta}^0 + ZK_\theta \quad \dots (2)$$

【数3】

$$K_r = -d^2\omega/dr^2 = -d\theta/dr \quad \dots (3)$$

【数4】

$$K_\theta = -(1/r)(d\omega/dr) = -(\theta/r) \quad \dots (4)$$

【数5】

$$\varepsilon_{rr}^0 = \frac{du_0}{dr} \quad \dots (5)$$

10

20

30

40

【数 6】

$$\varepsilon_{\theta\theta}^0 = \frac{u_0}{r} \quad \dots \quad (6)$$

以下の式(7)に、ヤング率 E、及び、ポアソン比 ν を入力し、行列 [Q] を求める演算工程(3)と、

【数 7】

$$[Q] = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{Bmatrix} 1 & \nu \\ \nu & 1 \end{Bmatrix} \quad \dots \quad (7)$$

10

以下の式(8)に示す横等方性の線形弾性の対称円板に対する応力の構成方程式に、行列 [Q]、歪み ε_{rr}^0 、 $\varepsilon_{\theta\theta}^0$ 、変位 u_r 、 u_θ 、熱膨張係数 κ_r 、 κ_θ 、及び、温度差 ΔT (前記ダイアフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力し、半径方向 (r 軸方向) の応力 σ_{rr} 、及び、円周方向 (θ 軸方向) の応力 $\sigma_{\theta\theta}$ を求める演算工程(4)と、

【数 8】

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{rr} \\ \sigma_{\theta\theta} \end{Bmatrix} = [Q] \left(\begin{Bmatrix} \varepsilon_{rr}^0 \\ \varepsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + z \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T \end{Bmatrix} \right) \quad \dots \quad (8)$$

20

以下の式(9)~(11)に、行列 [Q] を入力することによって、各行列 [A]、[B] 及び [D] を演算する演算工程(5)と、

【数 9】

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] dz \quad \dots \quad (9)$$

【数 10】

$$[B] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] z dz \quad \dots \quad (10)$$

30

【数 11】

$$[D] = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} \\ D_{21} & D_{22} \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] z^2 dz \quad \dots \quad (11)$$

以下の式(12)、(13)に、行列 [Q]、熱膨張係数 κ_r 、 κ_θ 、及び、温度差 ΔT (前記ダイアフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力することによって、各行列 $[N^T]$ 、 $[M^T]$ を演算する演算工程(6)と

40

【数 12】

$$\begin{bmatrix} N_r^T \\ N_\theta^T \end{bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] \begin{bmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T \end{bmatrix} dz \quad \dots \quad (12)$$

【数 1 3】

$$\begin{Bmatrix} M_r^T \\ M_\theta^T \end{Bmatrix} = \int_{z_1}^{z_2} [Q] \begin{Bmatrix} \alpha \Delta T \\ \alpha \Delta T \end{Bmatrix} dz \quad \dots (13)$$

以下の式(14)に、前記ダイヤフラム部の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 及び参照圧力 P_0 に対応した前記ダイヤフラム部の初期変形量 $\omega'_0(r)$ 、及び、前記ダイヤフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、該面と前記基板において対向する対向面との間の距離 g を入力することによって、前記初期状態における前記密閉空間内の体積 V_0 を演算する演算工程(7)と、

10

【数 1 4】

$$V_0 = \int_0^{R_2} 2\pi r (g + \omega'_0(r)) dr \quad \dots (14)$$

以下の式(15)に、前記密閉空間内の圧力 P_c 、前記参照圧力 P_0 、前記初期状態における前記密閉空間内の体積 V_0 、前記参照温度 T_0 、変化後の温度 T_1 、及び、熱膨張後における前記密閉空間内の体積 V_1 (仮定値)を入力することによって、前記ダイヤフラム部の合圧力(前記密閉空間内の圧力 P_c と環境の参照圧力 P_0 の差) P を演算する演算工程(8)と、

20

【数 1 5】

$$P = \frac{P_c V_0 T_1}{T_0 V_1} - P_0 \quad \dots (15)$$

以下の式(16)に、真空の誘電率 ϵ_0 、比誘電率(媒質の誘電率と真空の誘電率の比) ϵ_r 、前記初期変形量 $\omega'_0(r)$ 、及び、前記距離 g を入力することによって、前記初期変形量 $\omega'_0(r)$ に対応した静電容量 C'_0 を演算する演算工程(9)と、

【数 1 6】

$$C'_0 = \int_0^{R_2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_r 2\pi r}{(g + \omega'_0(r))} dr \quad \dots (16)$$

30

上記式(1)~(6)を、以下の式(17)、(18)に入力することによって、前記第1~前記第3区域の半径方向(r 軸方向)の合力 N_r を示す以下の式(19)、前記第1~前記第3区域の円周方向(θ 軸方向)の合力 N_θ を示す以下の式(20)、前記第1~前記第3区域の半径方向(r 軸方向)の合モーメント M_r を示す以下の式(21)、前記第1~前記第3区域の円周方向(θ 軸方向)の合モーメント M_θ を示す以下の式(22)を得る演算工程(10)と、

【数 1 7】

$$\begin{Bmatrix} N_r \\ N_\theta \end{Bmatrix} = [A] \begin{Bmatrix} \epsilon_{rr}^0 \\ \epsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + [B] \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} N_r^T \\ N_\theta^T \end{Bmatrix} \quad \dots (17)$$

40

【数 1 8】

$$\begin{Bmatrix} M_r \\ M_\theta \end{Bmatrix} = [B] \begin{Bmatrix} \epsilon_{rr}^0 \\ \epsilon_{\theta\theta}^0 \end{Bmatrix} + [D] \begin{Bmatrix} \kappa_r \\ \kappa_\theta \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} M_r^T \\ M_\theta^T \end{Bmatrix} \quad \dots (18)$$

【数 1 9】

$$N_r = A_{11} \frac{du_0(r)}{dr} + A_{12} \frac{u_0(r)}{r} - B_{11} \frac{d\theta(r)}{dr} - B_{12} \frac{\theta(r)}{r} - N_r^T \quad \dots (19)$$

50

【数 2 0】

$$N_{\theta} = A_{21} \frac{du_0(r)}{dr} + A_{22} \frac{u_0(r)}{r} - B_{21} \frac{d\theta(r)}{dr} - B_{22} \frac{\theta(r)}{r} - N_{\theta}^T \quad \dots (20)$$

【数 2 1】

$$M_r = B_{11} \frac{du_0(r)}{dr} + B_{12} \frac{u_0(r)}{r} - D_{11} \frac{d\theta(r)}{dr} - D_{12} \frac{\theta(r)}{r} - M_r^T \quad \dots (21)$$

【数 2 2】

$$M_{\theta} = B_{21} \frac{du_0(r)}{dr} + B_{22} \frac{u_0(r)}{r} - D_{21} \frac{d\theta(r)}{dr} - D_{22} \frac{\theta(r)}{r} - M_{\theta}^T \quad \dots (22)$$

10

以下の式(23)～(25)に、前記第1～前記第3区域の半径方向(r軸方向)の合力 N_r 、円周方向()の合力 N_{θ} 、半径方向(r軸方向)の合モーメント M_r 、円周方向()の合モーメント M_{θ} 、横せん断力 Q_r 、及び、前記ダイアフラム部の合圧力(前記密閉空間内の圧力と環境の参照圧力の差)Pを入力し、以下の式(26)に示す軸対称円板の平衡方程式を求める演算工程(11)と、

【数 2 3】

$$\frac{dN_r}{dr} + \frac{N_r - N_{\theta}}{r} = 0 \quad \dots (23)$$

20

【数 2 4】

$$Q_r = \frac{dM_r}{dr} + \frac{M_r - M_{\theta}}{r} \quad \dots (24)$$

【数 2 5】

$$\frac{dQ_r}{dr} + P + \frac{Q_r}{r} = 0 \quad \dots (25)$$

【数 2 6】

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dM_r}{dr} + M_r + M_{\theta} \right) + P = 0 \quad \dots (26)$$

30

上記式(19)～(22)を、上記式(23)、(26)に入力することによって、以下の関係式(27)、(28)を得る演算工程(12)と、

【数 2 7】

$$\frac{d^2\theta(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\theta(r)}{dr} - \frac{\theta(r)}{r^2} = \frac{Pr}{2D_{11}^*} \quad \dots (27)$$

【数 2 8】

$$\frac{d^2u_0(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du_0(r)}{dr} - \frac{u_0(r)}{r^2} = \frac{Pr\beta}{2D_{11}^*} \quad (\beta = B_{11}/A_{11} \text{ and } D_{11}^* = D_{11} - B_{11}^2/A_{11})$$

40

$$\dots (28)$$

上記式(27)、(28)に、それぞれ、2回積分処理を施して、以下に示す式(29)、(30)を得る演算工程(13)と、

【数 29】

$$\theta(r) = b_1 r + \frac{b_2}{r} + \frac{1}{D_{11}^*} \left(\frac{\text{Pr}^3}{16} \right) \cdots (29)$$

【数 30】

$$u_0(r) = a_1 r + \frac{a_2}{r} + \frac{\beta}{D_{11}^*} \left(\frac{\text{Pr}^3}{16} \right) \cdots (30)$$

上記式(29)に積分処理を施して、以下の式(31)に示す前記第1区域における前記ダイヤフラム部の変形量⁽¹⁾、以下の式(32)に示す前記第2区域における前記ダイヤフラム部の変形量⁽²⁾、及び、以下の式(33)に示す前記第3区域における前記ダイヤフラム部の変形量⁽³⁾演算する演算工程(14)と、

【数 31】

$$\omega^{(1)} = \frac{\text{Pr}^4}{64D_{11}^{*(1)}} + \frac{b_1^{(1)}r^2}{2} + c^{(1)}, 0 \leq r \leq R_1 \cdots (31)$$

【数 32】

$$\omega^{(2)} = \frac{\text{Pr}^4}{64D_{11}^{*(2)}} + \frac{b_1^{(2)}r^2}{2} + b_2^{(2)}\ln(r) + c^{(2)}, R_1 \leq r \leq R_2 \cdots (32)$$

【数 33】

$$\omega^{(3)} = 0, R_2 \leq r \leq R_3 \cdots (33)$$

以下の式(34)に、前記変形量⁽¹⁾、⁽²⁾及び前記距離gを入力することによって、熱膨張後の前記密閉空間内の体積 V_1 を演算する演算工程(15)と、

【数 34】

$$V_1 = \int_0^{R_1} 2\pi r(g + \omega^{(1)})dr + \int_0^{R_2} 2\pi r(g + \omega^{(2)})dr \cdots (34)$$

上記式(31)、(32)に、前記体積 V_1 を入力することによって、前記変形量⁽¹⁾、⁽²⁾に対応した、以下の式(35)に示す静電容量 C' を演算する演算工程(16)と、

【数 35】

$$C' = \int_0^{R_1} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r 2\pi r}{(g + \omega^{(1)}(r))} dr + \int_{R_1}^{R_2} \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r 2\pi r}{(g + \omega^{(2)}(r))} dr \cdots (35)$$

以下の式(36)に、前記静電容量 C_0' 、 C' を入力することによって、静電容量の変化量 $\Delta C'$ を求める演算工程(17)と、を順に行うことが好ましい。

【数 36】

$$\Delta C' = C' - C_0' \cdots (36)$$

【0013】

上記(2)の構成によれば、静電容量の変化量 $\Delta C'$ 、より具体的に、密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因したダイヤフラム部の変形の補償程度を判断可能なパラメータ $\Delta C'$ を得ることができる。これにより、該パラメータ $\Delta C'$ を最適化した結果を静電容量型センサに適用さえすれば、上記ダイヤフラム部の変形を従来よりも正確に補償することができる。その結果、該静電容量型センサにおいて、ダイヤフラム部の変形に応じて、ダイヤフラム部と、第1の電極部及び導電部との間の静電容量変化を検出する場合に、該静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。ここで、上記「パラメータ $\Delta C'$ を最適化する」とは、パラメータ $\Delta C'$ を完全に零にすること、及び、パラメ

10

20

30

40

50

ータ C' を零に近似させること、が含まれる。

【0014】

(3) 上記(1)又は(2)のセンサにおける温度補償方法においては、前記導電部が、前記ダイアフラム部の変形に応じて、前記第1の電極部と共に前記ダイアフラム部との間の静電容量変化を検出するための第2の電極部であることが好ましい。

【0015】

上記(3)の構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用さえすれば、上記ダイアフラム部の変形を従来よりも正確に補償することができる。その結果、該静電容量型センサにおいて、ダイアフラム部の変形に応じて、ダイアフラム部と、第1の電極部及び第2の電極部との間の静電容量変化を検出する場合に、該静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

10

【0016】

(4) 上記(3)のセンサにおける温度補償方法においては、前記センサが、少なくとも白金を含むとともに、前記第2の電極部と前記絶縁体層との間に形成され、内周面が前記密閉空間の一部を形成するバリアメタル層を備えていることが好ましい。ここで、「バリアメタル」とは、(1)緻密な膜形成が可能で、配線材料とシリコン基板との反応に対するバリア効果を有しているもの、(2)金属及び絶縁膜との接着性に優れるもの、(3)ドライエッチングによる微細加工が可能、(4)電気抵抗が低い、など優位な効果を有した金属などの材料のことを言う。

【0017】

上記(4)の構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用することで、バリアメタル層においてバリアメタルの効果を享受した静電容量型センサにおいても、ダイアフラム部と、第1の電極部及び導電部との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

20

【0018】

(5) 上記(2)のセンサにおける温度補償方法においては、前記導電部が、前記ダイアフラム部において前記温度補償リングが形成されている側の面と反対側の面に形成された封止リング部であり、前記センサが、前記封止リング部と前記絶縁体層との間に形成され、前記ダイアフラム部の変形に応じて、前記第1の電極部と共に前記ダイアフラム部との間の静電容量変化を検出するためのリング状の第2の電極部を備えていることが好ましい。

30

【0019】

上記(5)の構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用することで、ダイアフラム部と第2の電極部との間を封止リング部で封止することにより、密閉空間内部の気体の漏れをより確実に防止できるという効果を享受した静電容量型センサにおいても、ダイアフラム部と、第1の電極部及び第2の電極部との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【0020】

(6) 上記(5)のセンサにおける温度補償方法においては、前記センサにおいて、前記第2の電極部と前記封止リング部との接合が、金-金接合によるものであることが好ましい。

40

【0021】

上記(6)の構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用することで、第2の電極部と封止リング部との電気的な接続信頼性を向上させることができるという効果を享受した静電容量型センサにおいても、ダイアフラム部と、第1の電極部及び第2の電極部との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【0022】

(7) 上記(2)のセンサにおける温度補償方法においては、前記センサが、少なくとも白金を含むとともに、前記ダイアフラム部において前記温度補償リングが形成されてい

50

る側の面と反対側の面に形成されたリング状のバリアメタル層と、前記バリアメタル層と前記絶縁体層との間に形成され、前記ダイアフラム部の変形に応じて、前記第1の電極部と共に前記ダイアフラム部との間の静電容量変化を検出するためのリング状の第2の電極部とを備え、前記導電部が、前記バリアメタル層が単層である場合には、該バリアメタル層であり、前記バリアメタル層が複数層である場合には、該バリアメタル層のうち、前記ダイアフラム部に最も近い層であることが好ましい。

【0023】

上記(7)の構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用することで、バリアメタル層においてバリアメタルの効果を受した静電容量型センサにおいても、ダイアフラム部と、第1の電極部及び第2の電極部との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

10

【0024】

(8) 本発明の温度補償方法の演算プログラムは、一方の面に第1の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサにおいて、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形を補償するセンサにおける温度補償方法を演算処理することを特徴とするものである。

20

【0025】

上記(8)の構成によれば、上記(1)の構成と同様の効果を受することができる。

【0026】

(9) 本発明の演算処理装置は、請求項8に記載の演算プログラムを演算処理することを特徴とするものである。

【0027】

上記(9)の構成によれば、上記(8)の構成と同様の効果を受することができる。

【0028】

(10) 本発明のセンサは、一方の面に第1の電極部が形成されている基板と、前記基板の一方の面に絶縁体層を介して形成された導電部と、前記導電部において前記絶縁体層が形成されている面と反対側の面に形成され、圧力に応じて変形するダイアフラム部と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている面と反対側の面に形成された温度補償部材とを備え、内部に密閉空間を有し、前記導電部の内周面と、前記ダイアフラム部において前記導電部が形成されている側の面と、が前記密閉空間の一部を形成しているセンサであって、前記温度補償部材によって前記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因した前記ダイアフラム部の変形が補償されることを特徴とするものである。

30

【0029】

上記(10)の構成によれば、上記(1)の構成と同様の効果を受することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】本発明の第1実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のA-A線の矢視断面図である。

【図2】ダイアフラム部の変形量の一般的な補償原理を説明するための図であって、(a)が補償前の状態を示し、(b)が補償後の状態を示している。

【図3】本発明の第1実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図4】本発明の第1実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示した

50

フローチャートである。

【図5】本発明の第1実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図6】Timoshenkoの対称円板理論に基づいて複合円板を第1～第3区域に分解する演算工程を説明するための図であって、(a)が分解前の状態を示し、(b)が分解後の状態を示している。

【図7】本発明の第2実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のB-B線の矢視断面図である。

【図8】本発明の第2実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

10

【図9】本発明の第2実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図10】本発明の第2実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図11】本発明の第3実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のC-C線の矢視断面図である。

【図12】本発明の第3実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

20

【図13】本発明の第3実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図14】本発明の第3実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図15】本発明の第4実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のD-D線の矢視断面図である。

【図16】本発明の第4実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図17】本発明の第4実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

30

【図18】本発明の第4実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程を示したフローチャートである。

【図19】本発明の第5実施形態に係る演算処理装置を示すブロック図である。

【図20】本発明の第5実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算プログラム及び演算処理装置の各演算工程を示したフローチャートである。

【図21】本発明の第5実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算プログラム及び演算処理装置の各演算工程を示したフローチャートである。

【図22】本発明の第5実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算プログラム及び演算処理装置の各演算工程を示したフローチャートである。

40

【図23】本発明の第4実施形態の変形例に係るセンサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のE-E線の矢視断面図である。

【図24】本発明の第4実施形態の変形例に係るセンサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のF-F線の矢視断面図である。

【図25】本発明の第1実施形態の変形例に係るセンサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のG-G線の矢視断面図である。

【図26】本発明の第1実施形態の変形例に係るセンサの概略図であって、(a)が上視図、(b)が(a)のH-H線の矢視断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0031】

50

< 第 1 実施形態 >

以下、図 1 ~ 図 6 を参照しながら、本発明の第 1 実施形態に係るセンサにおける温度補償方法について説明する。

【 0 0 3 2 】

(静電容量型センサ 1 0 0 の構成)

図 1 (a) , (b) に示すように、静電容量型センサにおける温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ (センサ) 1 0 0 は、基板 1 と、絶縁体層 2 と、第 1 の電極部 3 と、第 2 の電極部 (導電部) 4 と、ダイアフラム部 5 と、温度補償リング (温度補償部材) 6 と、密閉空間 7 と、を備えているものである。

【 0 0 3 3 】

基板 1 は、ケイ素などの半導体からなるものであり、略中央部に円形状の凹部 1 a を有したものである。

【 0 0 3 4 】

絶縁体層 2 は、二酸化ケイ素などの絶縁体からなる層であり、基板 1 の一方の面に形成されているものである。また、絶縁体層 2 は、基板 1 の凹部 1 a に合わせて略中央部に形成された円形状の貫通部 2 a と、図 1 (a) に示したような略四角形状の貫通部 2 b とを有しているものである。

【 0 0 3 5 】

第 1 の電極部 3 は、少なくとも白金を含むバリアメタル層として形成されており、基板 1 に最も近いチタンからなる層と、基板 1 から最も離れた金からなる層と、これら二つの層間に形成された白金からなる層と、の三層からなるものである。

【 0 0 3 6 】

第 2 の電極部 4 は、金からなり、絶縁体層 2 における基板 1 が形成されている側の面と反対側の面においてリング状に形成されているものである。なお、一変形例として、第 2 の電極部 4 を、銀又は銅などの金属材料で構成してもよい。

【 0 0 3 7 】

ダイアフラム部 5 は、ケイ素からなり、気圧により印加された圧力に応じて変形可能なものである。なお、一変形例として、ダイアフラム部 5 を、ケイ素以外の半導体材料で構成してもよい。

【 0 0 3 8 】

温度補償リング 6 は、アルミニウムからなり、ダイアフラム部 5 における第 2 の電極部 4 が形成されている側の面と反対側の面においてリング状に形成されているものである。なお、一変形例として、温度補償リング 6 は、アルミニウム以外にも、他の高い熱膨張係数を有する金属材料を代用できる。

【 0 0 3 9 】

密閉空間 7 は、ダイアフラム部 5 に印加された圧力の検出に適した雰囲気環境を形成するためのものであって、凹部 1 a の内面と、貫通部 2 a の内周面と、第 2 の電極部 4 の内周面と、ダイアフラム部 5 において第 2 の電極部 4 が形成されている側の面と、で取り囲むことによって形成されているものである。

【 0 0 4 0 】

(静電容量型センサ 1 0 0 の動作)

次に、静電容量型センサ 1 0 0 の動作について説明する。静電容量型センサ 1 0 0 のダイアフラム部 5 に対して気圧による圧力が印加された場合、ダイアフラム部 5 は、該圧力に応じて変形する。該変形によって生じた、ダイアフラム部 5 と第 1 の電極部 3 及び第 2 の電極部 4 との間の静電容量変化を検出し、圧力の測定を行う。

【 0 0 4 1 】

(ダイアフラム部 5 の変形量の補償原理)

次に、図 2 を参照しながら、ダイアフラム部 5 の変形量の一般的な補償原理について説明する。なお、図 2 (a) ~ (c) 中の距離 g は、ダイアフラム部 5 において第 2 の電極部 4 が形成されている側の面と、該面と対向する凹部 1 a の対向面との間の距離を示して

10

20

30

40

50

いるものである。

【 0 0 4 2 】

まず、図 2 (a) に示す補償前の状態では、参照温度 T_0 及び参照圧力 P_0 の環境下における初期状態において、ダイアフラム部 5 は図中の実線で示す状態に変形しており、その初期変形量は $\omega_0(r)$ である。該初期変形量 $\omega_0(r)$ に対応して、ダイアフラム部 5 と第 1 の電極部 3 及び第 2 の電極部 4 との間に生じている静電容量は C_0 である。そして、参照圧力が初期圧力 P_0 のままで変わらず、参照温度のみが初期温度 T_0 から温度 T に変化した場合に、ダイアフラム部 5 が図中の点線で示す状態に変形し、ダイアフラム部 5 の変形量が初期変形量 $\omega_0(r)$ から変形量 $\omega(r)$ に変化し、ダイアフラム部 5 と第 1 の電極部 3 及び第 2 の電極部 4 との間に生じている静電容量が初期静電容量 C_0 から C 10
に変化したと仮定した場合、静電容量の変化量 ΔC は、以下の式 (3 7) で表すことができる。なお、式 (3 7) 中の係数 ϵ_0 は真空の誘電率を示し、係数 ϵ_r は、比誘電率 (媒質の誘電率と真空の誘電率の比) を示している。

$$\Delta C = C - C_0 = \int_0^{R_2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_r 2\pi r (\omega_0(r) - \omega(r))}{(g + \omega_0(r))(g + \omega(r))} dr \quad \dots (37)$$

【 0 0 4 3 】

次に、図 2 (b) に示す補償後の状態では、参照温度 T_0 及び参照圧力 P_0 の環境下における初期状態において、ダイアフラム部 5 は図中の実線で示す状態に変形しており、その初期変形量は $\omega'_0(r)$ である。該初期変形量 $\omega'_0(r)$ に対応して、ダイアフラム部 5 と第 1 の電極部 3 及び第 2 の電極部 4 との間に生じている静電容量は C'_0 である。そして、参照圧力が初期圧力 P_0 のままで変わらず、参照温度のみが初期温度 T_0 から温度 T に変化した場合に、ダイアフラム部 5 が図中の点線で示す状態に変形し、ダイアフラム部 5 の変形量が初期変形量 $\omega'_0(r)$ から変形量 $\omega'(r)$ に変化し、ダイアフラム部 5 と第 1 の電極部 3 及び第 2 の電極部 4 との間に生じている静電容量が初期静電容量 C'_0 から C' 20
に変化したと仮定した場合、静電容量の変化量 $\Delta C'$ は、以下の式 (3 8) で表すことができる。なお、式 (3 8) 中の係数 ϵ_0 は真空の誘電率を示し、係数 ϵ_r は、比誘電率 (媒質の誘電率と真空の誘電率の比) を示している。

$$\Delta C' = C' - C'_0 = \int_0^{R_2} \frac{\epsilon_0 \epsilon_r 2\pi r (\omega'_0(r) - \omega'(r))}{(g + \omega'_0(r))(g + \omega'(r))} dr \quad \dots (38)$$

【 0 0 4 4 】

上記式 (3 8) から、ダイアフラム部 5 の変形を完全に補償する場合、つまり、ダイアフラム部 5 の変形量 (= 初期変形量 $\omega'_0(r)$ - 変形量 $\omega'(r)$) の差分を完全に零にする場合には、パラメータ C' を零に設定すればよいことが判明している。これにより、ダイアフラム部 5 の変形の補償程度を判断可能なパラメータは C' であることが判明している。

【 0 0 4 5 】

図 2 (c) は、図 2 (a) , (b) に示した一般的な補償原理との比較例であって、本実施形態に係る温度補償方法の演算結果で得られたパラメータ C' を最適化した結果、より具体的には、該パラメータ C' を零に設定した結果を示しており、ダイアフラム部 5 の変形量を完全に零にした状態を示している。この状態では、ダイアフラム部 5 において第 2 の電極部 4 が形成されている側の面と、該面と対向する凹部 1 a の内面との間の距離は g で維持されている。ここで、一変形例として、パラメータ C' を零と近似した値に設定することで、ダイアフラム部 5 の変形量を零に近似させてもよい。

【 0 0 4 6 】

(本実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程)

次に、図 3 ~ 図 6 を参照しながら、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工 50

程について説明する。なお、各演算工程の目的は、温度によるダイアフラム部 5 の変形を計算することである。温度によって、密閉空間 7 内の圧力も変わるので、ダイアフラム部 5 の変形は、温度と圧力の関係に基づいて計算される。

【 0 0 4 7 】

まず、図 3 に示す演算工程 S 1 において、図 6 に示すように、Timoshenko の対称円板理論に基づいて、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 の各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板（図 6 (a) 参照）を、ダイアフラム部 5 の中心軸を基準として、半径が 0 から R_1 までの部分で構成された第 1 区域 (1) と、ダイアフラム部 5 及び温度補償リング 6 の中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第 2 区域 (2) と、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 の中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第 3 区域 (3) に分解する（図 6 (b) 参照）。

10

【 0 0 4 8 】

なお、図 6 (a) , (b) 中の一点鎖線は、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 における中心軸 P (半径 r が 0 の位置) を通過し、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 の積層方向に沿って延びる軸線を示し、図 6 (a) , (b) 中の厚さ t_g 、 t_s 、及び、 t_a は、それぞれ、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 の各厚さを示しているものである。同図中の温度差 T は、参照温度 T_0 と温度 T との温度差を示しているものである。同図中の合圧力 P は、密閉空間 7 内の圧力 P_c と環境の参照圧力 P_0 の差を示しているものである。同図中の R_1 は、温度補償リング 6 の内径 ($2R_1$) の半径を示しているものである。同様に、 R_2 は、第 2 の電極部 4 の内径 ($2R_2$) の半径を示しているものである。同様に、 R_3 は、第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 の外径 ($2R_3$) の半径を示しているものである。ここでは、同図中の第 2 の電極部 4、ダイアフラム部 5、及び、温度補償リング 6 は、それぞれ、金、シリコン、及び、アルミニウムを材料として構成されている。

20

【 0 0 4 9 】

次に、演算工程 S 2 において、Kirchhoff の円板理論に基づいて、半径方向 (r 軸方向) と円周方向 () の歪み ϵ_{rr} 、 $\epsilon_{\theta\theta}$ と変位 u_r 、 u_{θ} との関係を示す上記式 (1) ~ (4) を用いて、上記式 (5) , (6) に示す、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の積層方向 (z 軸方向) に関して参照面 ($z = 0$) における歪み ϵ_{rr}^0 、 $\epsilon_{\theta\theta}^0$ を求める。

30

【 0 0 5 0 】

次に、演算工程 S 3 において、上記式 (7) に、ヤング率 E 、及び、ポアソン比 ν を入力し、行列 $[Q]$ を求める。

【 0 0 5 1 】

次に、演算工程 S 4 において、上記式 (8) に示す横等方性の線形弾性の対称円板に対する応力の構成方程式に、行列 $[Q]$ 、歪み ϵ_{rr}^0 、 $\epsilon_{\theta\theta}^0$ 、変位 u_r 、 u_{θ} 、熱膨張係数 α 、及び、温度差 T (ダイアフラム部 5 の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力し、半径方向 (r 軸方向) の応力 σ_r 、及び、円周方向 () の応力 σ_{θ} を求める。

40

【 0 0 5 2 】

次に、演算工程 S 5 において、上記式 (9) ~ (11) に、行列 $[Q]$ を入力することによって、各行列 $[A]$, $[B]$ 及び $[D]$ を演算する。

【 0 0 5 3 】

次に、演算工程 S 6 において、上記式 (12) , (13) に、行列 $[Q]$ 、熱膨張係数 α 、及び、温度差 T (ダイアフラム部 5 の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 と変化後の温度 T_1 との温度差) を入力することによって、各行列 $[N^T]$, $[M^T]$ を演算する。

【 0 0 5 4 】

50

次に、演算工程 S 7 において、上記式 (1 4) に、ダイアフラム部 5 の変形を補償する際の初期状態における参照温度 T_0 及び参照圧力 P_0 に対応したダイアフラム部 5 の初期変形量 $\delta_0'(r)$ 、及び、ダイアフラム部 5 において第 2 の電極部 4 が形成されている側の面と、該面と対向する凹部 1 a の対向面との間の距離 g を入力することによって、上記初期状態における密閉空間 7 内の体積 V_0 を演算する。

【 0 0 5 5 】

次に、演算工程 S 8 において、上記式 (1 5) に、密閉空間 7 内の圧力 P_c 、参照圧力 P_0 、初期状態における密閉空間 7 内の体積 V_0 、参照温度 T_0 、変化後の温度 T_1 、及び、熱膨張後における密閉空間 7 内の体積 V_1 (仮定値) を入力することによって、ダイアフラム部 5 の合圧力 (密閉空間 7 内の圧力 P_c と環境の参照圧力 P_0 の差) P を演算する。

10

【 0 0 5 6 】

次に、演算工程 S 9 において、上記式 (1 6) に、真空の誘電率 ϵ_0 、比誘電率 (媒質の誘電率と真空の誘電率の比) ϵ_r 、ダイアフラム部 5 の初期変形量 $\delta_0'(r)$ 、及び、上記距離 g を入力することによって、初期変形量 $\delta_0'(r)$ に対応した静電容量 C_0' を演算する。

【 0 0 5 7 】

次に、演算工程 S 1 0 において、上記式 (1) ~ (6) を、上記式 (1 7) , (1 8) に入力することによって、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の半径方向 (r 軸方向) の合力 N_r を示す上記式 (1 9)、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の円周方向 () の合力 N_θ を示す上記式 (2 0)、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の半径方向 (r 軸方向) の合モーメント M_r を示す上記式 (2 1)、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の円周方向 () の合モーメント M_θ を示す以下の式 (2 2) を得る。ここで、式 (1 9) 中の各符号 A_{11} 、 A_{12} 、 B_{11} 、及び、 B_{12} は、上記式 (9) , (1 0) に示す行列 [A] , [B] の各成分を示し、符号 N_r^T は、温度 T において引き起こされた半径方向 (r 軸方向) の合力を示しているものである。式 (2 0) 中の各符号 A_{21} 、 A_{22} 、 B_{21} 、及び、 B_{22} は、上記式 (9) , (1 0) に示す行列 [A] , [B] の各成分を示し、符号 N_θ^T は、温度 T において引き起こされた円周方向 () の合力を示しているものである。式 (2 1) 中の各符号 B_{11} 、 B_{12} 、 D_{11} 、及び、 D_{12} は、上記式 (1 0) , (1 1) に示す行列 [B] , [D] の各成分を示し、符号 M_r^T は、温度 T において引き起こされた半径方向 (r 軸方向) の合モーメントを示しているものである。式 (2 2) 中の各符号 B_{21} 、 B_{22} 、 D_{21} 、及び、 D_{22} は、上記式 (1 0) , (1 1) に示す行列 [B] , [D] の各成分を示し、符号 M_θ^T は、温度 T において引き起こされた円周方向 () の合モーメントを示しているものである。

20

30

【 0 0 5 8 】

次に、演算工程 S 1 1 において、上記式 (2 3) ~ (2 5) に、第 1 区域 (1) ~ 第 3 区域 (3) の半径方向 (r 軸方向) の合力 N_r 、円周方向 () の合力 N_θ 、半径方向 (r 軸方向) の合モーメント M_r 、円周方向 () の合モーメント M_θ 、横せん断力 Q_r 、及び、ダイアフラム部 5 の合圧力 (密閉空間 7 内の圧力 P_c と環境の参照圧力 P_0 の差) P を入力し、上記式 (2 6) に示す軸対称円板の平衡方程式を求める。

40

【 0 0 5 9 】

次に、演算工程 S 1 2 において、上記式 (1 9) ~ (2 2) を、上記式 (2 3) , (2 6) に入力することによって、上記関係式 (2 7) , (2 8) を得る。ここで、式 (2 7) , (2 8) 中の符号 D_{11}^* は、式 (2 8) に示すように、上記行列 [A] , [B] , [D] の各成分 A_{11} 、 B_{11} 、及び、 D_{11} を用いて取得されたパラメータを示している。同様に、式 (2 8) 中の符号 δ_0' は、上記式 (2 8) に示すように、行列 [A] , [B] の各成分 A_{11} 、及び、 B_{11} を用いて取得されたパラメータを示している。

【 0 0 6 0 】

次に、演算工程 S 1 3 において、上記式 (2 7) , (2 8) に、それぞれ、2 回積分処理を施して、上記式 (2 9) に示すノーマル方向変位の勾配 $\delta_0'(r)$ と、上記式 (3 0)

50

に示す半径方向の変位 $u_0(r)$ の一般解を得る。ここで、式(30)中の符号 a_1 、 a_2 、及び、式(29)中の符号 b_1 、 b_2 は各係数を示している。

【0061】

次に、演算工程S14において、上記式(29)に積分処理を施して、上記式(31)に示す第1区域(1)におけるダイヤフラム部5の変形量 (1) 、上記式(32)に示す第2区域(2)におけるダイヤフラム部5の変形量 (2) 、及び、上記式(33)に示す第3区域(3)におけるダイヤフラム部5の変形量 (3) 演算する。なお、式(31)中の符号 $D_{11}^{* (1)}$ 、 $b_1^{(1)}$ 、及び、 $c^{(1)}$ は、積分処理後の各係数を示している。同様に、式(32)中の符号 $D_{11}^{* (2)}$ 、 $b_1^{(2)}$ 、 $b_2^{(2)}$ 、及び、 $c^{(2)}$ は、積分処理後の各係数を示している。これにより、複合円板における各区域の連続条件と拘束条件によって、各係数 $b_1^{(1)}$ 、 $c^{(1)}$ 、 $b_1^{(2)}$ 、 $b_2^{(2)}$ 、及び、 $c^{(2)}$ が算出される。

10

【0062】

次に、演算工程S15において、上記式(34)に、ダイヤフラム部5の変形量 (1) 、 (2) 及び上記距離 g を入力することによって、熱膨張後の密閉空間7内の体積 V_1 を演算する。

【0063】

次に、演算工程S16において、上記式(31)、(32)に、熱膨張後の密閉空間7内の体積 V_1 を入力することによって、ダイヤフラム部5の変形量 (1) 、 (2) に対応した、上記式(35)に示す静電容量 C' を演算する。

20

【0064】

次に、演算工程S17において、上記式(36)に、上記静電容量 C_0' 、 C' を入力することによって、静電容量の変化量 C' を求める。

【0065】

上記構成によれば、密閉空間7内の気体の温度による圧力変化(密閉空間7内に封止されている気体の熱膨張)に伴うダイヤフラム部5の変形を相殺し、対象とする温度範囲でダイヤフラム部5の変形を抑制することにより、最適な温度補償を実現することができる。

【0066】

更に、上記構成によれば、温度補償を有効に行うことで、ダイヤフラム部5の薄い静電容量型センサ100を設計・製作することが可能となり、静電容量型センサ100の高感度化を図ることができる。

30

【0067】

更に、上記構成によれば、静電容量の変化量 C' 、より具体的に、密閉空間7内に封止されている気体の熱膨張に起因したダイヤフラム部5の変形の補償程度を判断可能なパラメータ C' を得ることができる。これにより、該パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサに適用さえすれば、ダイヤフラム部5の変形を従来よりも正確に補償することができる。その結果、静電容量型センサ100において、ダイヤフラム部5の変形に応じて、ダイヤフラム部5と、第1の電極部3及び第2の電極部4との間の静電容量変化を検出する場合に、該静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。ここで、「パラメータ C' を最適化する」とは、パラメータ C' を完全に零にすること、及び、パラメータ C' を零に近似させること、が含まれる。また、「ダイヤフラム部5の変形を正確に補償する」とは、パラメータ C' に零を設定することにより、ダイヤフラム部5の変形量を完全に零にすること、及び、パラメータ C' に零と近似した値を設定することにより、ダイヤフラム部5の変形量を零に近似させること、が含まれる。

40

【0068】

<第2実施形態>

次に、図7～図10を用いて、本発明の第2実施形態に係るセンサにおける温度補償方法について説明する。なお、第1実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ100の部位1～7と、本実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用

50

される静電容量型センサ 200 の部位 21 ~ 27 (図示していない部位がある) とは、順に同様のものであるので、説明を省略することがある。

【 0069 】

(静電容量型センサ 200 の構成)

図 7 に示すように、静電容量型センサ (センサ) 200 は、上記静電容量型センサ 100 と同様の基板 21 と、絶縁体層 22 と、第 1 の電極部 23 と、第 2 の電極部 (導電部) 24 と、ダイアフラム部 25 と、温度補償リング (温度補償部材) 26 と、密閉空間 27 とに加えて、第 1 のバリアメタル層 28 を備えているものである。

【 0070 】

第 1 のバリアメタル層 28 は、少なくとも白金を含むものであって、第 2 の電極部 24 と絶縁体層 22 との間において第 2 の電極部 24 と同じくリング状に形成されており、絶縁体層 22 に最も近いチタンからなる層 28a と、第 2 の電極部 24 に最も近い白金からなる層 28b と、の二層からなるものである。第 1 のバリアメタル層 28 の内周面は、凹部 21a の内面と、貫通部 22a の内周面と、第 2 の電極部 24 の内周面と、ダイアフラム部 25 において第 2 の電極部 24 が形成されている側の面と共に、密閉空間 27 を構成しているものである。

【 0071 】

(静電容量型センサ 200 の動作)

次に、静電容量型センサ 200 の動作について説明する。静電容量型センサ 200 のダイアフラム部 25 に対して気圧による圧力が印加された場合、ダイアフラム部 25 は、該圧力に応じて変形する。該変形によって生じた、ダイアフラム部 25 と第 1 の電極部 23 及び第 2 の電極部 24 との間の静電容量変化を検出し、圧力の測定を行う。

【 0072 】

(本実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程)

次に、図 8 ~ 図 10 を参照しながら、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工程について説明する。本実施形態では、第 1 実施形態に係る温度補償方法の各演算工程 S1 ~ S17 と同様の工程 S201 ~ S217 が順に行われる。

【 0073 】

上記構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサ 200 に適用することで、第 1 のバリアメタル層 28 においてバリアメタルの効果を受した静電容量型センサ 200 においても、ダイアフラム部 25 と、第 1 の電極部 23 及び第 2 の電極部 24 との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【 0074 】

< 第 3 実施形態 >

次に、図 11 ~ 図 14 を用いて、本発明の第 3 実施形態に係るセンサにおける温度補償方法について説明する。なお、第 1 実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ 100 の部位 1 ~ 7 と、本実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ 300 の部位 31 ~ 37 (図示していない部位がある) とは、順に同様のものであるので、説明を省略することがある。

【 0075 】

(静電容量型センサ 300 の構成)

図 11 に示すように、静電容量型センサ (センサ) 300 は、上記静電容量型センサ 100 と同様の基板 31 と、絶縁体層 32 と、第 1 の電極部 33 と、第 2 の電極部 34 と、ダイアフラム部 35 と、温度補償リング (温度補償部材) 36 と、密閉空間 37 とに加えて、封止リング部 (導電部) 38 を備えているものである。

【 0076 】

封止リング部 38 は、金、白金又はチタンなどの金属材料からなり、内径が $2R_2$ 、外径が $2R_3$ であって、ダイアフラム部 35 と第 2 の電極部 34 との間に形成され、密閉空間 37 内部に封止された気体の漏れを防止するものである。ここで、第 2 の電極部 34 と封止リング部 38 との接合は、金 - 金接合によるものであることが好ましい。封止リング

10

20

30

40

50

部 3 8 の内周面は、凹部 3 1 a の内面と、貫通部 3 2 a の内周面と、第 2 の電極部 3 4 の内周面と、ダイヤフラム部 3 5 において封止リング部 3 8 が形成されている側の面と共に、密閉空間 3 7 を構成しているものである。

【 0 0 7 7 】

(静電容量型センサ 3 0 0 の動作)

次に、静電容量型センサ 3 0 0 の動作について説明する。静電容量型センサ 3 0 0 のダイヤフラム部 3 5 に対して気圧による圧力が印加された場合、ダイヤフラム部 3 5 は、該圧力に応じて変形する。該変形によって生じた、ダイヤフラム部 3 5 と第 1 の電極部 3 3 及び第 2 の電極部 3 4 との間の静電容量変化を検出し、圧力の測定を行う。

【 0 0 7 8 】

(本実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程)

次に、図 1 2 ~ 図 1 4 を参照しながら、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工程について説明する。なお、第 1 実施形態に係る温度補償方法の各演算工程 S 2 ~ S 1 7 と、本実施形態に係る温度補償方法の各演算工程 S 3 0 2 ~ S 3 1 7 とは、順に同様のものであるので、ここでは、演算工程 S 3 0 1 についてのみ詳細な説明を行う。

【 0 0 7 9 】

まず、演算工程 S 3 0 1 において、Timoshenko の対称円板理論に基づいて、封止リング部 3 8、ダイヤフラム部 3 5、及び、温度補償リング 3 6 の各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板を、ダイヤフラム部 3 5 の中心軸を基準として、半径が 0 から R_1 までの部分で構成された第 1 区域 (1) と、ダイヤフラム部 3 5 及び温度補償リング 3 6 の中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第 2 区域 (2) と、封止リング部 3 8、ダイヤフラム部 3 5、及び、温度補償リング 3 6 の中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第 3 区域 (3) に分解する。

【 0 0 8 0 】

そして、演算工程 S 3 0 2 ~ S 3 1 7 を順に行い、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工程が終了する。

【 0 0 8 1 】

上記構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサ 3 0 0 に適用することで、ダイヤフラム部 3 5 と第 2 の電極部 3 4 との間を封止リング部 3 8 で封止することにより、密閉空間 3 7 内部の気体の漏れをより確実に防止できるという効果を受した静電容量型センサ 3 0 0 においても、ダイヤフラム部 3 5 と、第 1 の電極部 3 3 及び第 2 の電極部 3 4 との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【 0 0 8 2 】

更に、上記構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサ 3 0 0 に適用することで、第 2 の電極部 3 4 と封止リング部 3 8 との接合が、金 - 金接合によるものである場合、第 2 の電極部 3 4 と封止リング部 3 8 との電気的な接続信頼性を向上させることができるという効果を受した静電容量型センサ 3 0 0 においても、ダイヤフラム部 3 5 と、第 1 の電極部 3 3 及び第 2 の電極部 3 4 との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【 0 0 8 3 】

< 第 4 実施形態 >

次に、図 1 5 ~ 図 1 8 を用いて、本発明の第 4 実施形態に係るセンサにおける温度補償方法について説明する。なお、第 1 実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ 1 0 0 の部位 1 ~ 7 と、本実施形態に係る温度補償方法の演算結果が適用される静電容量型センサ 4 0 0 の部位 4 1 ~ 4 7 (図示していない部位がある) とは、順に同様のものであるので、説明を省略することがある。

【 0 0 8 4 】

(静電容量型センサ 4 0 0 の構成)

図 1 5 に示すように、静電容量型センサ (センサ) 4 0 0 は、上記静電容量型センサ 1 0 0 と同様の基板 4 1 と、絶縁体層 4 2 と、第 1 の電極部 4 3 と、第 2 の電極部 4 4 と、

10

20

30

40

50

ダイヤフラム部 4 5 と、温度補償リング（温度補償部材） 4 6 と、密閉空間 4 7 とに加えて、封止リング部 4 8 及び第 2 のバリアメタル層 4 9 を備えているものである。

【 0 0 8 5 】

封止リング部 4 8 は、金からなり、ダイヤフラム部 4 5 と第 2 の電極部 4 4 との間、より具体的には、第 2 の電極部 4 4 において絶縁体層 4 2 が形成されている側の面と反対側の面に形成されており、密閉空間 4 7 内部に封止された気体の漏れを防止するものである。

【 0 0 8 6 】

第 2 のバリアメタル層 4 9 は、少なくとも白金を含むものであって、内径が $2R_2$ 、外径が $2R_3$ であって、ダイヤフラム部 4 5 と封止リング 4 8 との間において封止リング 4 8 と同じくリング状に形成されており、封止リング 4 8 に最も近い白金からなる層 4 9 a と、ダイヤフラム部 4 5 に最も近いチタンからなる層（導電部） 4 9 b と、の二層からなるものである。第 2 のバリアメタル層 4 9 の内周面は、封止リング部 4 8 の内周面、凹部 4 1 a の内面、貫通部 4 2 a の内周面、第 2 の電極部 4 4 の内周面、ダイヤフラム部 4 5 において第 2 のバリアメタル層 4 9 が形成されている側の面と共に、密閉空間 4 7 を構成しているものである。

【 0 0 8 7 】

（静電容量型センサ 4 0 0 の動作）

次に、静電容量型センサ 4 0 0 の動作について説明する。静電容量型センサ 4 0 0 のダイヤフラム部 4 5 に対して気圧による圧力が印加された場合、ダイヤフラム部 4 5 は、該圧力に応じて変形する。該変形によって生じた、ダイヤフラム部 4 5 と第 1 の電極部 4 3 及び第 2 の電極部 4 4 との間の静電容量変化を検出し、圧力の測定を行う。

【 0 0 8 8 】

（本実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の各演算工程）

次に、図 1 6 ~ 図 1 8 を参照しながら、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工程について説明する。なお、第 1 実施形態に係る補償方法の各演算工程 S 2 ~ S 1 7 と、本実施形態に係る補償方法の各演算工程 S 4 0 2 ~ S 4 1 7 とは、順に同様のものであるので、ここでは、演算工程 S 4 0 1 についてのみ詳細な説明を行う。

【 0 0 8 9 】

まず、演算工程 S 4 0 1 において、Timoshenko の対称円板理論に基づいて、第 2 のバリアメタル層 4 9 においてダイヤフラム部 4 5 に最も近い層 4 9 b、ダイヤフラム部 4 5、及び、温度補償リング 4 6 の各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板を、ダイヤフラム部 4 5 の中心軸を基準として、半径が 0 から R_1 までの部分で構成された第 1 区域（1）と、ダイヤフラム部 4 5 及び温度補償リング 4 6 の中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第 2 区域（2）と、第 2 のバリアメタル層 4 9 においてダイヤフラム部 4 5 に最も近い層 4 9 b、ダイヤフラム部 4 5、及び、温度補償リング 4 6 の中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第 3 区域（3）に分解する。

【 0 0 9 0 】

そして、演算工程 S 4 0 2 ~ S 4 1 7 を順に行い、静電容量型センサにおける温度補償方法の各演算工程が終了する。

【 0 0 9 1 】

上記構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサ 4 0 0 に適用することで、第 2 のバリアメタル層 4 9 においてバリアメタルの効果を受した静電容量型センサ 4 0 0 においても、ダイヤフラム部 4 5 と、第 1 の電極部 4 3 及び第 2 の電極部 4 4 との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【 0 0 9 2 】

更に、上記構成によれば、パラメータ C' を最適化した結果を静電容量型センサ 4 0 0 に適用することで、第 2 の電極部 4 4 と封止リング部 4 8 との接合が、金 - 金接合によるものである場合、第 2 の電極部 4 4 と封止リング部 4 8 との電氣的な接続信頼性を向上

10

20

30

40

50

させることができるという効果を受した静電容量型センサ４００においても、ダイアフラム部４５と、第１の電極部４３及び第２の電極部４４との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出することができる。

【００９３】

< 第５実施形態 >

次に、図１９～図２２を用いて、本発明の第５実施形態に係るセンサにおける温度補償方法の演算プログラム、及び、該演算プログラムを演算処理する演算処理装置について説明する。

【００９４】

(演算処理装置５００の構成)

図１９に示すように、パーソナルコンピュータ（演算処理装置）５００は、画像を表示するディスプレイ５１、コマンドや数値等を入力するキーボード５２、及び、制御装置５３を備えているものである。

【００９５】

制御装置５３は、パーソナルコンピュータ５００内の各装置を制御するＣＰＵ５４、ハードディスク５５、及び、ドライブ装置５６を有しているものである。ドライブ装置５６には、ＣＤ－ＲＯＭ５７が着脱可能に装着される。

【００９６】

(演算処理装置５００の動作)

ＣＤ－ＲＯＭ５７がドライブ装置５６に装着された後、キーボード５２を介して入力される指示に回答して、ＣＤ－ＲＯＭ５７に保存されたプログラム（本実施形態に係る演算プログラム）がハードディスク５５にダウンロードされる。

【００９７】

(本実施形態に係る演算処理装置の各演算工程)

次に、図２０～図２２を参照しながら、本実施形態に係る演算処理装置の各演算工程について説明する。図２０～図２２に示す各演算工程は、ＣＰＵ５４が、ハードディスク５５に格納されたプログラムを実行することによって実現される。なお、本実施形態では、第１実施形態に係る温度補償方法の各演算工程Ｓ１～Ｓ１７と同様の工程Ｓ５０１～Ｓ５１７が順に行われる。

【００９８】

上記構成によれば、パーソナルコンピュータ５００において、本実施形態に係る演算プログラムが具体的に実行されることで、第１実施形態と同様の効果を受することができる。

【００９９】

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。例えば、図２３に示すように、上記静電容量型センサ４００と同様の基板６１と、絶縁体層６２と、第１の電極部６３と、第２の電極部６４と、ダイアフラム部６５と、温度補償リング６６と、封止リング部６８と、第２のバリアメタル層６９（６９ａ，６９ｂ）とを備えた静電容量型センサ６００において、少なくとも白金を含むものであって、第２の電極部６４と絶縁体層６２との間において第２の電極部６４と同じくリング状に形成されており、絶縁体層６２に最も近いチタンからなる層６０ａと、第２の電極部６４に最も近い白金からなる層６０ｂと、の二層からなる第１のバリアメタル層６０を形成してもよい。ここでは、第１のバリアメタル層６０の内周面は、第２のバリアメタル層６９の内周面、封止リング部６８の内周面、凹部６１ａの内面、貫通部６２ａの内周面、第２の電極部６４の内周面、ダイアフラム部６５において第２のバリアメタル層６９が形成されている側の面と共に、密閉空間６７を構成しているものである。これにより、パラメータＣ'を最適化した結果を静電容量型センサ６００に適用することで、第１のバリアメタル層６０においてバリアメタルの効果を受した静電容量型センサ６００においても、ダイアフラム部６５と、第１の電極部６３及び第２の電極部６４との間の静電容量変化を従来よりも高精度に検出す

10

20

30

40

50

ることができる。

【0100】

なお、上述した第1～第5実施形態では、ダイアフラム部に最も近い層、ダイアフラム部、及び、温度補償リングで構成された三層からなる複合円板に、Timoshenkoの対称円板理論を適用して、ダイアフラム部の変形の補償程度を判断可能なパラメータ C' を得る例について述べたが、各実施形態はこれに限定されず、ダイアフラム部に最も近い層、ダイアフラム部、及び、温度補償リングで構成された三つの層に、ダイアフラム部に最も近い層、ダイアフラム部、及び、温度補償リング以外の層を追加した四層以上からなる複合円板に、Timoshenkoの対称円板理論を適用して、ダイアフラム部の変形の補償程度を判断可能なパラメータ C' を得てもよい。

10

【0101】

なお、上述した第4実施形態では、第2のバリアメタル層49を、封止リング48に最も近い白金からなる層49aと、ダイアフラム部45に最も近いチタンからなる層49bと、の複数層で構成する例について述べたが、本実施形態はこれに限定されず、図24に示すように、上記静電容量型センサ400と同様の基板71と、絶縁体層72と、第1の電極部73と、第2の電極部74と、ダイアフラム部75と、温度補償リング76と、密閉空間77と、封止リング部78とを備えた静電容量型センサ700において、第2のバリアメタル層を、白金からなる層79aのみからなる単層で構成してもよい。この場合にあっては、第4実施形態と同様に、上記の演算工程S401(図16参照)において、Timoshenkoの対称円板理論に基づいて、層79a、ダイアフラム部75、及び、温度補償リング76の各中心軸を一致させた状態で構成された複合円板を、ダイアフラム部75の中心軸(半径 r が0の位置)を基準として、半径が0から R_1 までの部分で構成された第1区域(1)と、ダイアフラム部75及び温度補償リング76の中心軸を基準として、半径が R_1 から R_2 までの部分で構成された第2区域(2)と、層79a、ダイアフラム部75、及び、温度補償リング76の中心軸を基準として、半径が R_2 から R_3 までの部分で構成された第3区域(3)に分解される。

20

【0102】

なお、上述した第1実施形態では、温度補償リング6を、ダイアフラム部5における第2の電極部4が形成されている側の面と反対側の面においてリング状に形成する例について述べたが、本実施形態はこれに限定されず、一例として、図25(a)、(b)に示すように、上記静電容量型センサ100と同様の基板81と、絶縁体層82と、第1の電極部83と、第2の電極部84と、ダイアフラム部85と、密閉空間87とを備えた静電容量型センサ800において、略直方体状の温度補償部材86を、ダイアフラム部85における第2の電極部84が形成されている側の面と反対側の面において、ダイアフラム部85の周方向に沿って 90° 毎に配置してもよい。この例では、図25(a)に示すように、温度補償部材86の径方向外側の端面は、基板81及び絶縁体層82の積層方向から見た際に、ダイアフラム部85の外周面(図中の太線部分)と同一形状に形成されている。なお、温度補償部材86は、温度補償に最適な状態であれば、どのような位置に配置されるものでもよく、どのような形状を有するものでもよい。その他の実施形態(第2～第4実施形態)に係る静電容量型センサ200～400についても同様である。

30

40

【0103】

なお、上述した第1実施形態では、温度補償リング6を、ダイアフラム部5における第2の電極部4が形成されている側の面と反対側の面に形成する例について述べたが、本実施形態はこれに限定されず、一例として、図26(a)、(b)に示すように、上記静電容量型センサ100と同様の基板91と、絶縁体層92と、第1の電極部93と、第2の電極部94と、ダイアフラム部95と、密閉空間97とを備えたピエゾ抵抗型物理量センサ(センサ)900において、略直方体状の温度補償部材96及びピエゾ素子98を、ダイアフラム部95における第2の電極部94が形成されている側の面と反対側の面において、ダイアフラム部95の周方向に沿って 90° 毎に配置してもよい。この例では、図26(a)に示すように、温度補償部材96及びピエゾ素子98の径方向外側の端面は、基

50

板 9 1 及び絶縁体層 9 2 の積層方向から見た際に、ダイアフラム部 9 5 の外周面（図中の太線部分）と同一形状に形成されている。上記 piezo 抵抗型物理量センサ 9 0 0 は、ダイアフラム部 9 5 の歪みに応じて抵抗値が変化する piezo 素子 9 8 を用いて、ダイアフラム部 9 5 に印加された圧力値を検出するものである。なお、この抵抗値変化は、第 1 の電極部 9 3 と第 2 の電極部 9 4 の各出力に基づいて検出可能である。また、piezo 素子 9 8 の材料には、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）などの圧電材料を使用できる。その他の実施形態（第 2 ～ 第 4 実施形態）についても同様である。

【 0 1 0 4 】

また、上述した第 1 ～ 第 5 実施形態においては、導電部（電極部）を円形のリング状とし、ダイアフラム部を円形状とし、温度補償部材を温度補償リングとして、各形状が対応するように形成しているが、これらの組み合わせに限られない。例えば、上記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因したダイアフラム部の変形を補償するように、導電部（電極部）及び温度補償部材を四角のリング状、ダイアフラム部を四角形状として、各形状が対応するように形成してもよい。当然、上記密閉空間内に封止されている気体の熱膨張に起因したダイアフラム部の変形を補償するように形成されていれば、導電部、ダイアフラム部及び温度補償部材はどのような形状であってもよい。

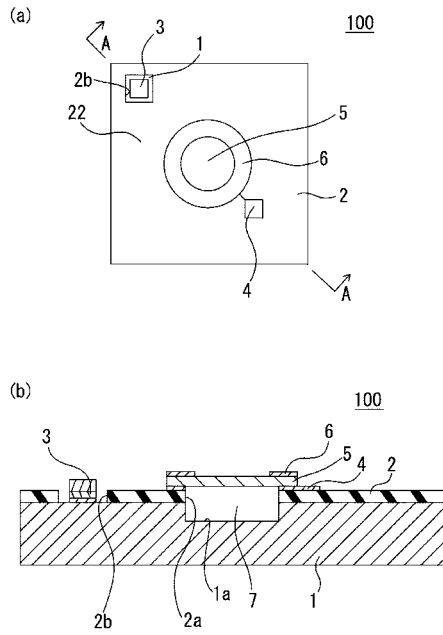
10

【 符号の説明 】

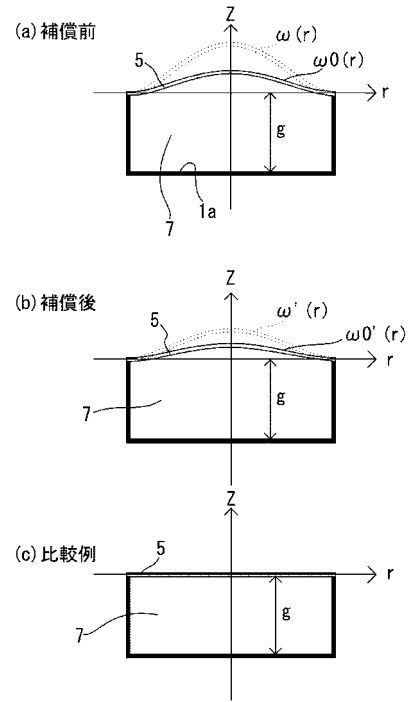
【 0 1 0 5 】

1、2 1、3 1、4 1、6 1、7 1、8 1、9 1	基板	
1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、6 0 0、7 0 0、8 0 0	静電容量型センサ（センサ）	20
1 a、2 1 a、3 1 a、4 1 a、6 1 a	凹部	
2、2 2、3 2、4 2、6 2、7 2、8 2、9 2	絶縁体層	
2 a、2 b、2 2 a、3 2 a、4 2 a、6 2 a	貫通部	
3、2 3、3 3、4 3、6 3、7 3、8 3、9 3	第 1 の電極部	
4、2 4、3 4、4 4、6 4、7 4、8 4、9 4	第 2 の電極部	
5、2 5、3 5、4 5、6 5、7 5、8 5、9 5	ダイアフラム部	
6、2 6、3 6、4 6、6 6、7 6	温度補償リング（温度補償部材）	
7、2 7、3 7、4 7、6 7、7 7、8 7、9 7	密閉空間	
2 8、2 8 a、2 8 b、6 0、6 0 a、6 0 b	第 1 のバリアメタル層	30
3 8、4 8、6 8、7 8	封止リング部	
4 9、4 9 a、4 9 b、6 9、6 9 a、6 9 b、7 9 a	第 2 のバリアメタル層	
5 1	ディスプレイ	
5 2	キーボード	
5 3	制御装置	
5 4	C P U	
5 5	ハードディスク	
5 6	ドライブ装置	
5 7	C D - R O M	
8 6、9 6	温度補償部材	40
9 8	piezo 素子	
5 0 0	パーソナルコンピュータ（演算処理装置）	
9 0 0	piezo 抵抗型物理量センサ（センサ）	

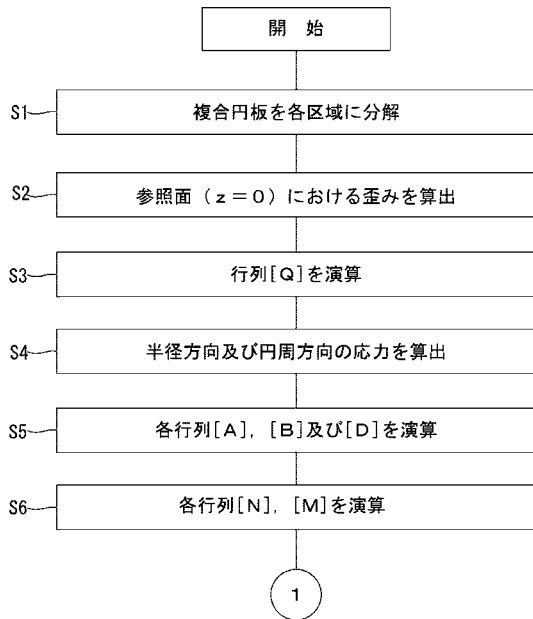
【 図 1 】



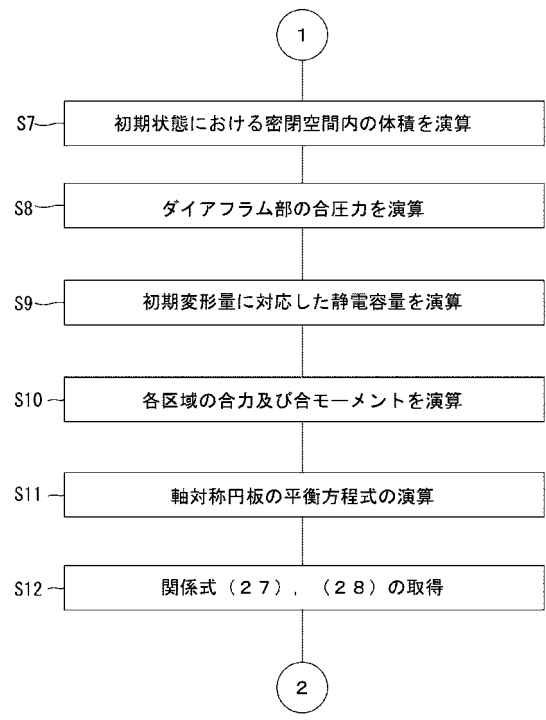
【 図 2 】



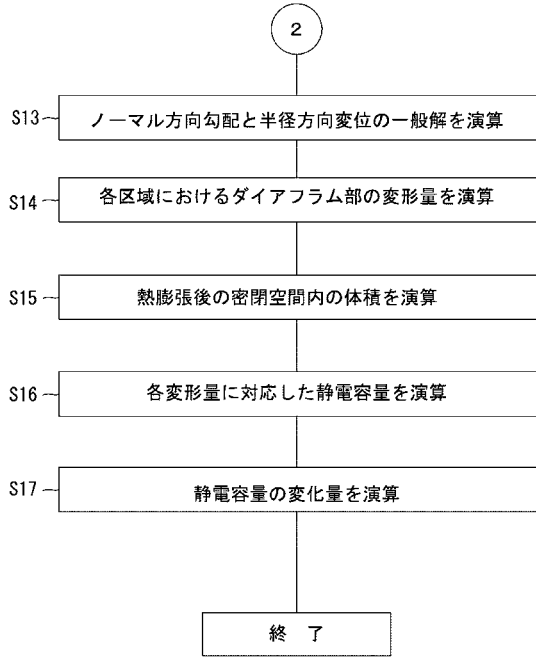
【 図 3 】



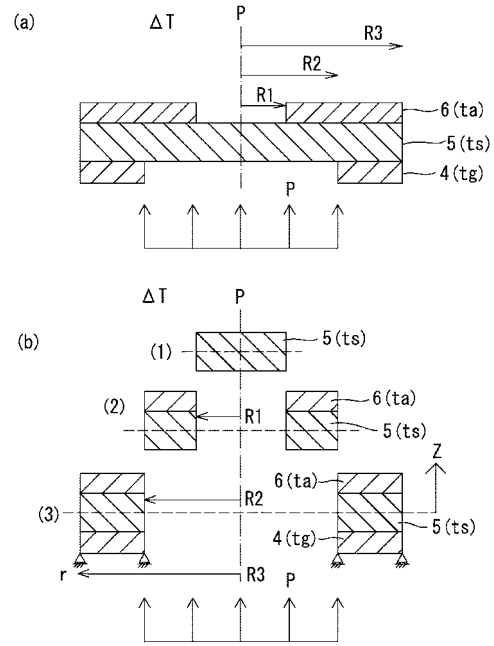
【 図 4 】



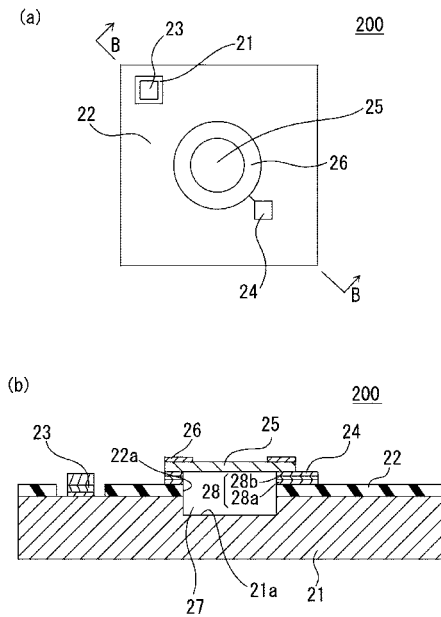
【 図 5 】



【 図 6 】



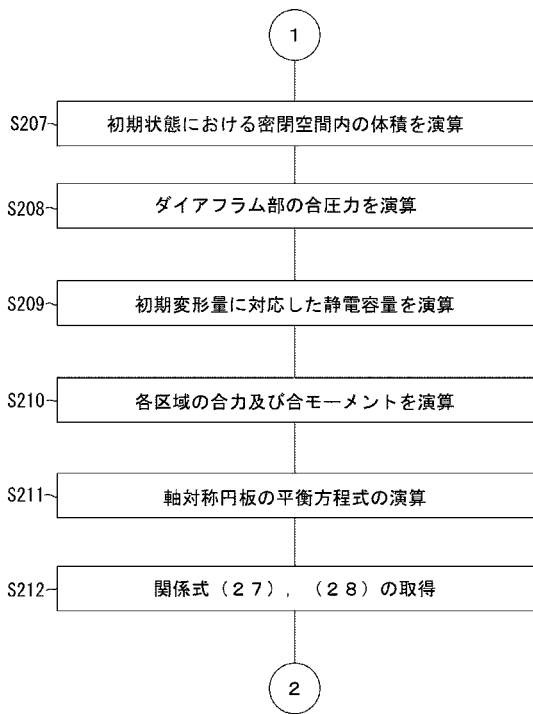
【 図 7 】



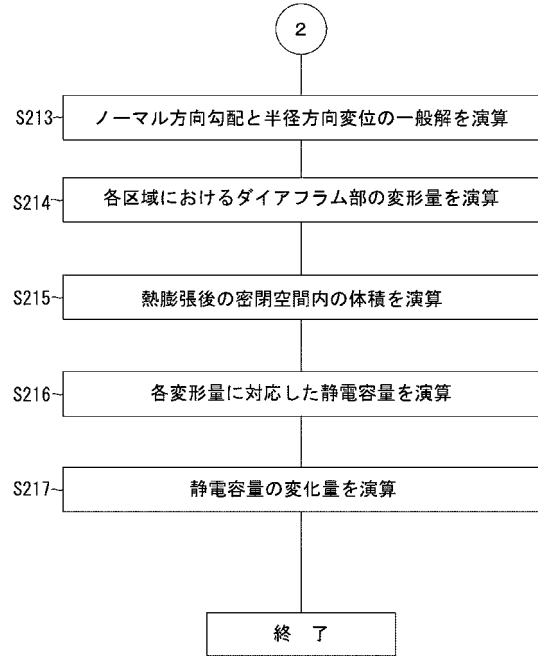
【 図 8 】



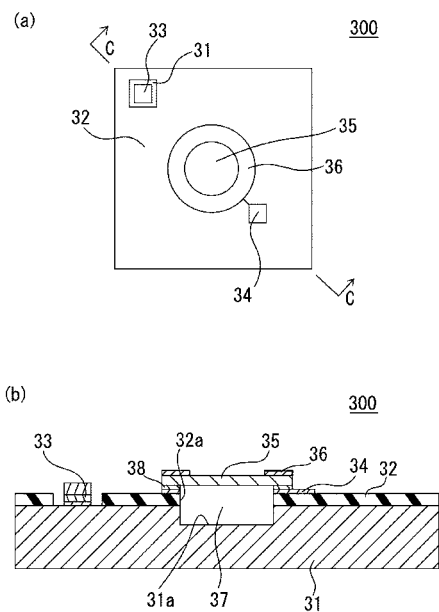
【 図 9 】



【 図 1 0 】



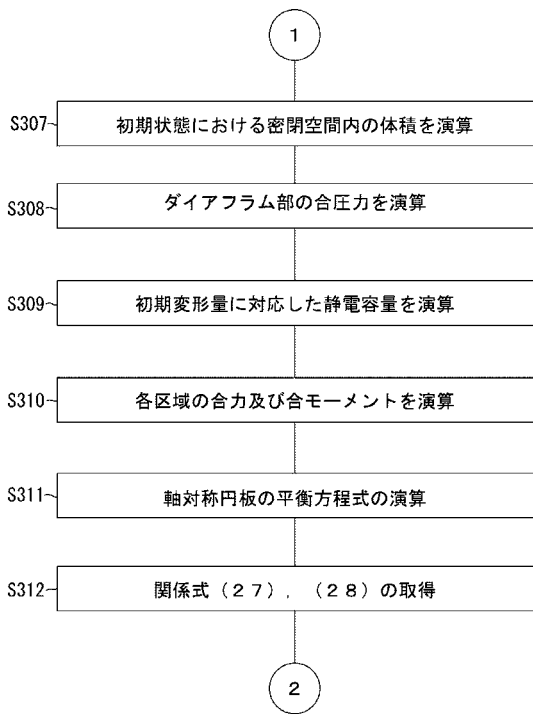
【 図 1 1 】



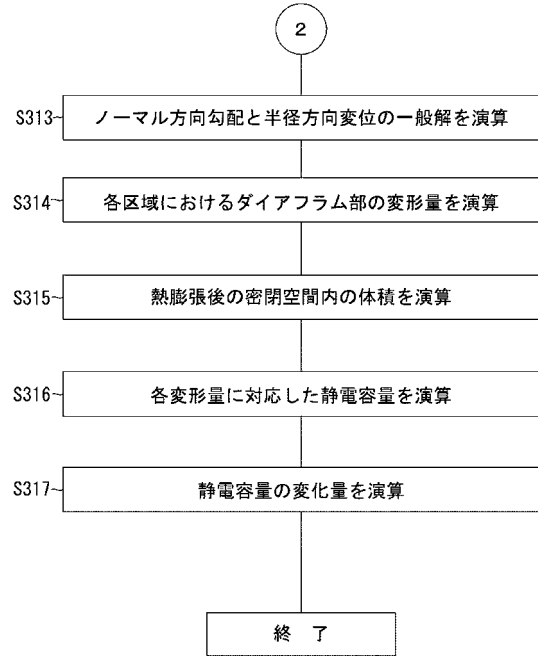
【 図 1 2 】



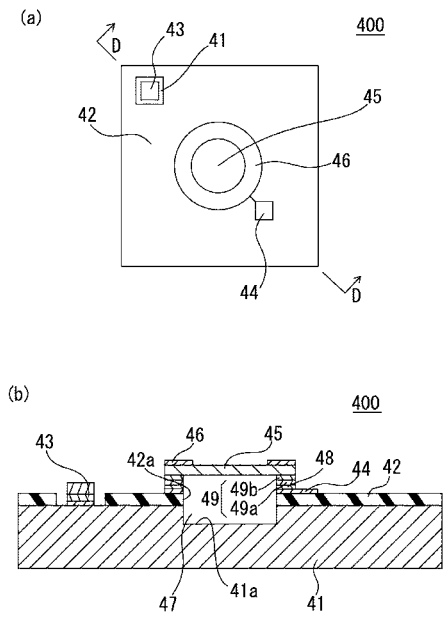
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



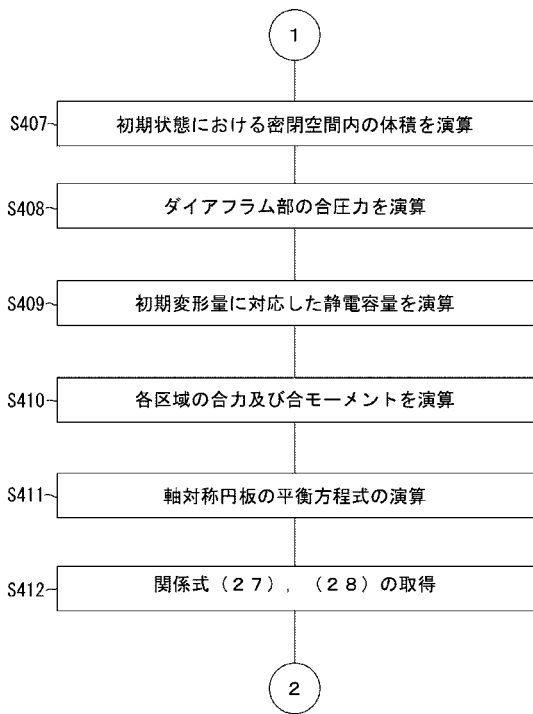
【 図 1 5 】



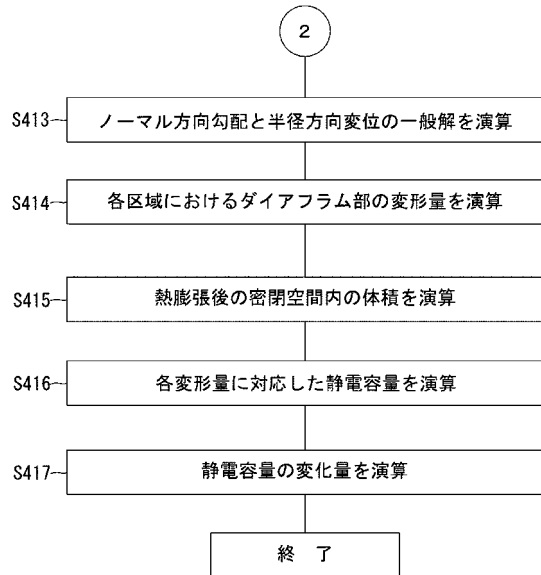
【 図 1 6 】



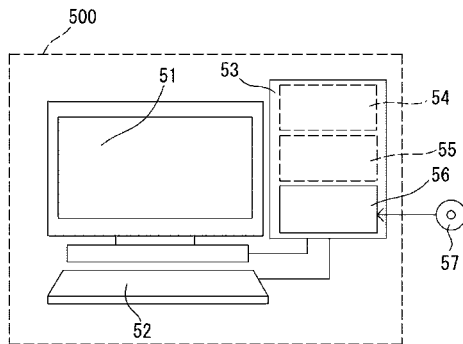
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



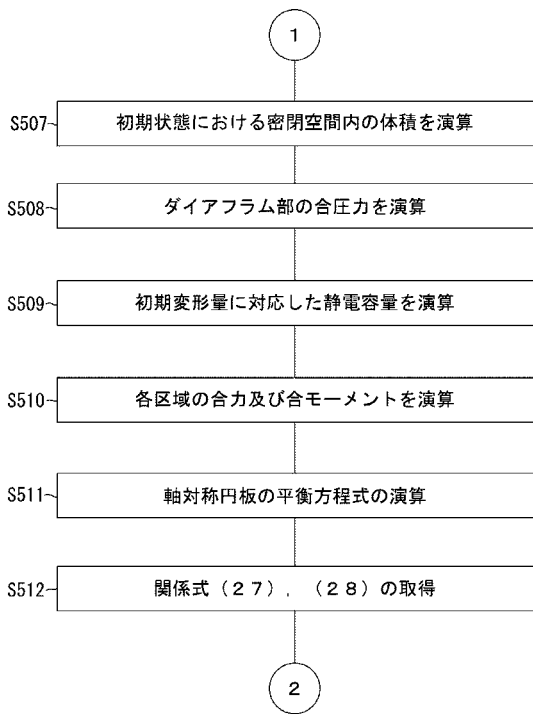
【 図 1 9 】



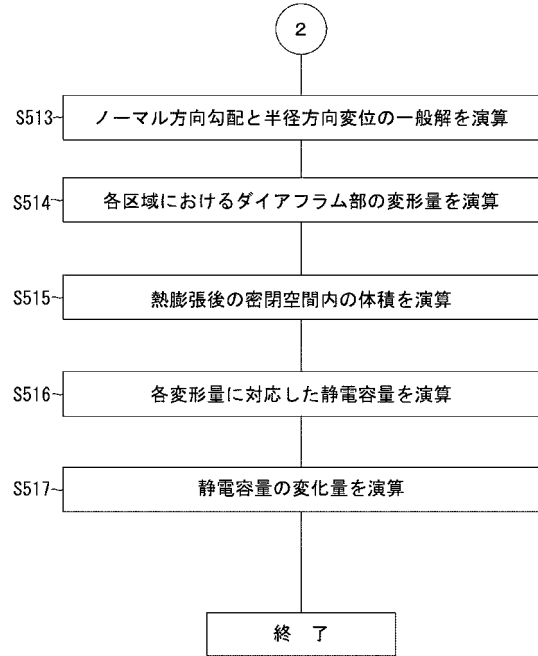
【 図 2 0 】



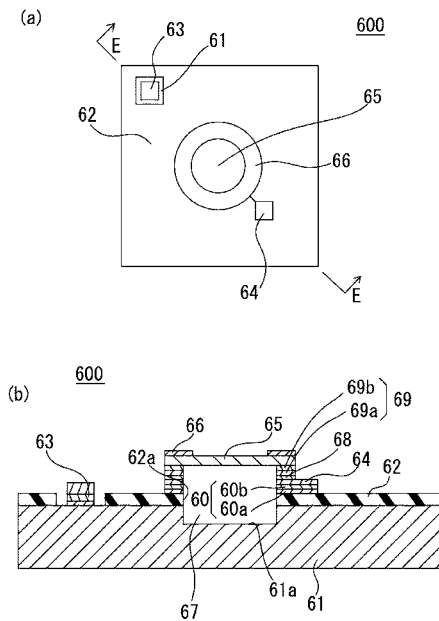
【 図 2 1 】



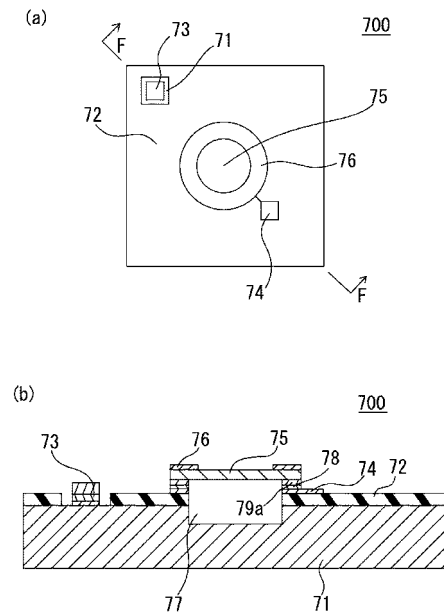
【 図 2 2 】



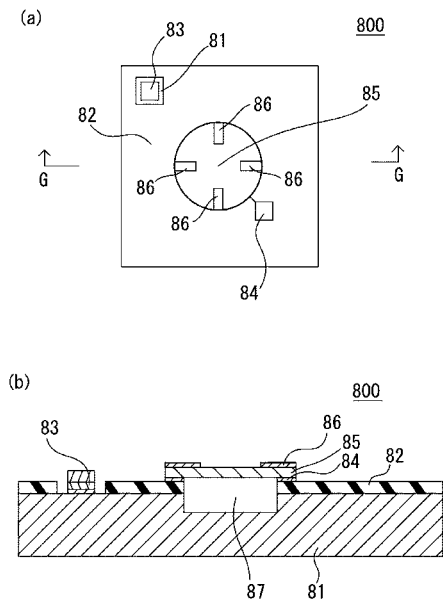
【 図 2 3 】



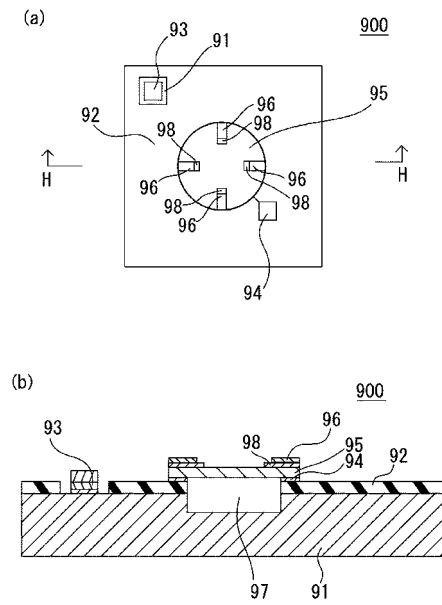
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064054

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01L19/04(2006.01)i, G01L9/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01L19/04, G01L9/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2-262032 A (Toyoda Automatic Loom Works, Ltd.), 24 October 1990 (24.10.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2002-535643 A (Setra Systems, Inc.), 22 October 2002 (22.10.2002), entire text; all drawings & US 6205861 B1 & EP 1153276 A & WO 2000/043745 A1 & CA 2359278 A & CN 1334919 A	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 31 July, 2012 (31.07.12)		Date of mailing of the international search report 07 August, 2012 (07.08.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064054

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 56-148870 A (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 18 November 1981 (18.11.1981), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 10-19709 A (Tokin Corp.), 23 January 1998 (23.01.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 2 / 0 6 4 0 5 4									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01L19/04(2006.01)i, G01L9/00(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01L19/04, G01L9/00											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2012年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2012年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2012年	日本国実用新案登録公報	1996-2012年	日本国登録実用新案公報	1994-2012年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2012年										
日本国実用新案登録公報	1996-2012年										
日本国登録実用新案公報	1994-2012年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号									
A	JP 2-262032 A (株式会社豊田自動織機製作所) 1990. 10. 24, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-10									
A	JP 2002-535643 A (セトラ システムズ インコーポレイテッド) 2002. 10. 22, 全文、全図 & US 6205861 B1 & EP 1153276 A & WO 2000/043745 A1 & CA 2359278 A & CN 1334919 A	1-10									
A	JP 56-148870 A (東京芝浦電気株式会社) 1981. 11. 18, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 31. 07. 2012		国際調査報告の発送日 07. 08. 2012									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 三田村 陽平	2 F 4001								
		電話番号 03-3581-1101	内線 3216								

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2012/064054
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-19709 A (株式会社トーキン) 1998.01.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA

(72)発明者 樋口 行平
兵庫県姫路市書写 2 1 6 7 兵庫県立大学大学院工学研究科内

(72)発明者 前中 一介
兵庫県姫路市書写 2 1 6 7 兵庫県立大学大学院工学研究科内

(72)発明者 高尾 英邦
兵庫県姫路市書写 2 1 6 7 兵庫県立大学大学院工学研究科内

Fターム(参考) 2F055 AA40 BB01 CC02 DD05 EE25 FF02 GG32

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。