

(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2014-115209

(P2014-115209A)

(43) 公開日 平成26年6月26日(2014.6.26)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
GO1L	9/00	(2006.01)	GO1L	9/00	307	2F055	
GO1C	5/06	(2006.01)	GO1C	5/06		2F129	
HO3H	9/24	(2006.01)	HO3H	9/24	Z	3C081	
HO1L	29/84	(2006.01)	HO1L	29/84	Z	4M112	
B81B	3/00	(2006.01)	HO1L	29/84	B	5J108	
			審査請求 未請求 請求項の数 13 O L			(全 15 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2012-270078 (P2012-270078)
 (22) 出願日 平成24年12月11日 (2012.12.11)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 官坂 一彦
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (72) 発明者 松澤 勇介
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 茅野 祐治
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 最終頁に続く

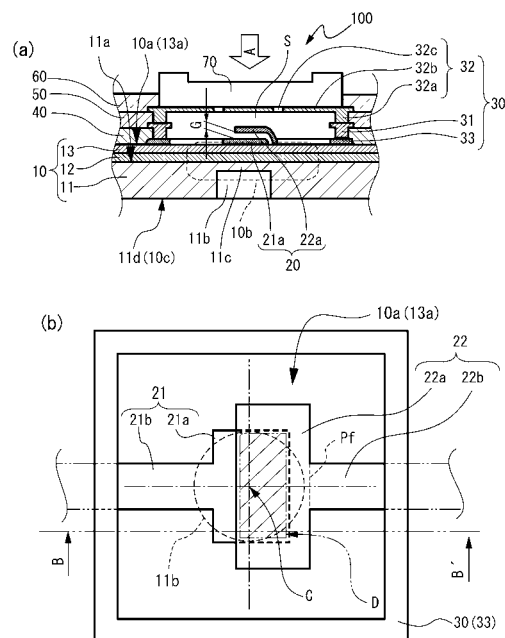
(54) 【発明の名称】 MEMS素子、電子デバイス、高度計、電子機器および移動体

(57) 【要約】

【課題】薄肉のダイヤフラム部を基板に形成することが可能となり、低圧力であっても変形させることができ、正確な微小圧力を計測可能とする圧力センサーを構成することができるMEMS素子を得る。

【解決手段】基板と、前記基板の主面上に設けられる固定電極と、前記固定電極と離間し、前記主面の法線方向矢視において前記固定電極と重なり、前記主面に交差する方向に駆動する可動端部と、前記主面に接続する固定端部と、を備える可動電極と、を備える共振子と、を備え、前記基板には、可撓部を備え、前記可撓部に対応して前記共振子が配置されているMEMS素子。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板の主面上に設けられる固定電極と、前記固定電極と離間し、前記主面の法線方向矢視において前記固定電極と重なり、前記主面に交差する方向に駆動する可動端部と、前記主面に接続する固定端部と、を備える可動電極と、を備える共振子と、を備え、

前記基板には、可撓部を備え、

前記可撓部に対応して前記共振子が配置されている、

ことを特徴とする MEMS 素子。

【請求項 2】

前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状の図心が、前記固定電極と前記可動電極とが重なる領域内に在る、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の MEMS 素子。

【請求項 3】

前記主面の法線方向矢視における前記可撓部の平面形状が、前記固定端部と重ならない、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の MEMS 素子。

【請求項 4】

前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状が多角形である、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 5】

前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状が円形である、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 6】

前記可撓部は、前記基板に設けられた凹部によって形成された前記基板の薄肉部である、

ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 7】

前記可撓部は、前記基板の前記主面と表裏の関係にある裏面側に設けられた凹部である、

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 8】

前記基板は前記主面を含む層を備え、前記層の内部応力が引っ張り応力である、

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 9】

半導体装置を含むことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の MEMS 素子。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の MEMS 素子と、

前記 MEMS 素子の前記基板を、圧力変動領域に露出させて保持する保持手段と、を備え、

前記圧力変動領域に前記可撓部が露出している、

ことを特徴とする電子デバイス。

【請求項 11】

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の MEMS 素子と、

前記 MEMS 素子の前記基板を、圧力測定対象領域に露出させ、前記圧力測定対象領域に前記可撓部を露出させて保持する保持手段と、

前記 MEMS 素子の測定データを処理するデータ処理部と、を備えている、

ことを特徴とする高度計。

【請求項 12】

10

20

30

40

50

請求項 1 から 1 1 のいずれか一項に記載の M E M S 素子、電子デバイスもしくは高度計を備えることを特徴とする電子機器。

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載の M E M S 素子、電子デバイス、高度計、もしくは電子機器を備えることを特徴とする移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、M E M S 素子、電子デバイス、高度計、電子機器および移動体に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来、圧力を検出するデバイスとしては、特許文献 1 に示すような半導体圧力センサーが知られていた。特許文献 1 に示す半導体圧力センサーは、シリコンウエハーに歪受感素子を形成し、シリコンウエハーの歪受感素子形成面と反対側の面を研磨し、薄肉化することによってダイヤフラム部を形成し、圧力によって変位するダイヤフラム部に生じる歪を歪受感素子によって検出し、その検出結果を圧力に変換するものであった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 3 3 2 7 4 6 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献 1 に示す歪受感素子を備える圧力センサーでは、シリコンウエハーを薄肉化する必要があり、圧力センサーからの信号を処理する演算部となる半導体装置 (I C) との一体化を困難にするものであった。

【0005】

一方、半導体装置の製造方法、装置によって微小機械システムを製造する、いわゆる M E M S (M i c r o E l e c t r o M e c h a n i c a l S y s t e m s) 素子が注目されている。M E M S 素子を用いることによって、極めて小型の各種センサー、あるいは発振器などを得ることができる。これらは M E M S 技術によって微細な振動素子を基板上に形成し、振動素子の振動特性を利用して、加速度の検出、基準信号の生成、などを行う素子を得ることができる。

30

【0006】

この M E M S 技術を用いて振動素子を形成し、M E M S 振動素子の振動周波数の変動によって圧力を検出する圧力センサーを構成することにより、I C との一体化された圧力センサーを実現することが可能となる。更に、薄肉のダイヤフラム部を基板に形成することが可能となり、低圧力であっても変形させることができ、正確な微小圧力を計測可能とする圧力センサーを構成することができる M E M S 素子を得る。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態または適用例として実現することが可能である。

【0008】

〔適用例 1〕本適用例に係る M E M S 素子は、基板と、前記基板の主面上に設けられる固定電極と、前記固定電極と離間し、前記主面の法線方向矢視において前記固定電極と重なり、前記主面に交差する方向に駆動する可動端部と、前記主面に接続する固定端部と、を備える可動電極と、を備える共振子と、を備え、前記基板には、可撓部を備え、前記可撓部に対応して前記共振子が配置されていることを特徴とする。

【0009】

50

本適用例のMEMS素子によれば、可撓部に外部圧力が付加されることにより可撓部には撓みが生じ、共振子の振動特性、すなわち共振周波数に変化をもたらす。この外部圧力と、共振子の周波数特性の変化と、の関係を導き出すことによって、共振子の周波数特性の変化から外部圧力を検出するセンサーとしてMEMS素子を利用することができる。

【0010】

〔適用例2〕上述の適用例において、前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状の図心が、前記固定電極と前記可動電極と重なる領域内に在ることを特徴とする。

【0011】

共振子の振動特性を決定する一要因としての固定電極と可動電極とのギャップ（間隙）が形成される領域が、主面の法線方向矢視における固定電極と可動電極との重なる領域である。上述の適用例によれば、このギャップ形成領域に可撓部の撓み変形の頂点がかかるように可撓部を配置することができ、外部負荷としての圧力が微小圧力であって可撓部の撓み量が極めて微小となっても、ギャップの変化を検出することを可能とする。すなわち、極微小の圧力を検出するセンサーとしてのMEMS素子を得ることができる。

【0012】

〔適用例3〕上述の適用例において、前記主面の法線方向矢視における前記可撓部の平面形状が、前記固定端部と重ならないことを特徴とする。

【0013】

上述の適用例によれば、可撓部の領域外に可動電極の固定端部が配置されることで、可動電極が可撓部の撓み変形に影響されず、可撓部の撓み変形は固定電極の変形となってギャップを変化させる。従って、外部負荷の圧力によるギャップの変化量の設計計算、あるいはMEMS素子の製造工程における圧力検出調整をすることが容易になり、正確な圧力検出を可能とするMEMS素子を得ることができる。

【0014】

〔適用例4〕上述の適用例において、前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状が多角形であることを特徴とする。

【0015】

上述の適用例によれば、可撓部の外部負荷の圧力による撓み変形の頂点の位置が、多角形平面形状の図心近傍となる。従って、外部負荷の圧力によるギャップの変化量の設計計算、あるいはMEMS素子の製造工程における圧力検出調整をすることが容易になり、正確な圧力検出を可能とするMEMS素子を得ることができる。

【0016】

〔適用例5〕上述の適用例において、前記主面の法線方向矢視において、前記可撓部の平面形状が円形であることを特徴とする。

【0017】

上述の適用例によれば、可撓部の外部負荷の圧力による撓み変形の頂点の位置が、円形平面形状の中心近傍となる。従って、外部負荷の圧力によるギャップの変化量の設計計算、あるいはMEMS素子の製造工程における圧力検出調整をすることが容易になり、正確な圧力検出を可能とするMEMS素子を得ることができる。

【0018】

〔適用例6〕上述の適用例において、前記可撓部は、前記基板に設けられた凹部によって形成された前記基板の薄肉部であることを特徴とする。

【0019】

上述の適用例によれば、基板に凹部を形成するだけで容易に可撓部を形成することができる。また凹部の深さの調整によって、容易に薄肉部の肉厚を調整することができ、検出する外部圧力の高低に応じたMEMS素子を簡便に得ることができる。

【0020】

〔適用例7〕上述の適用例において、前記可撓部は、前記基板の前記主面と表裏の関係にある裏面側に設けられた凹部であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

上述の適用例によれば、基板における共振子を形成しない基板ウエハーの裏面側に凹部を形成するため、複雑な製造工程を必要とせず、容易に可撓部を形成することができる。また凹部の深さの調整によって、容易に薄肉部の肉厚を調整することができ、検出する外部圧力の高低に応じたMEMS素子を簡便に得ることができる。

【 0 0 2 2 】

〔適用例 8〕上述の適用例において、前記基板は前記主面を含む層を備え、前記層の内部応力が引っ張り応力であることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

基板を構成するウエハー基板には半導体素材、例えばシリコンを用いられ、そのシリコン基板へは酸素が打ち込まれ、基板を膨張させている。しかし、上述の適用例によれば、凹部を形成するためにウエハー基板部を主体として基板を除去した際に、シリコン基板の膨張は凹部を収縮させることによる薄肉部に波状にしわを発生を抑制し、薄肉部を平板状に維持することができる。従って、しわを原因とするMEMS素子の損傷を防止し、圧力によるダイヤフラムの変形に異常が生じることを抑制することができる。

【 0 0 2 4 】

〔適用例 9〕上述の適用例において、半導体装置を含むことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

上述の適用例によれば、半導体装置、いわゆるICの製造装置、方法と同じ製造装置、方法によってMEMS素子が製造可能なので、製造コストの低減、環境負荷低減を図りながら、容易にMEMS素子とICとを一体化させることができ、発振回路を備える小型のMEMS素子を得ることができる。

【 0 0 2 6 】

〔適用例 10〕本適用例の電子デバイスは、上述のMEMS素子と、前記MEMS素子の前記基板を、圧力変動領域に露出させて保持する保持手段と、を備え、前記圧力変動領域に前記可撓部が露出していることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

本適用例の電子デバイスによれば、可撓部に外部圧力が付加されることにより可撓部には撓みが生じ、共振子の振動特性、すなわち共振周波数に変化をもたらす。この外部圧力と、共振子の周波数特性の変化と、の関係を導き出すことによって、共振子の周波数特性の変化から外部圧力を検出する電子デバイスとしての圧力センサーが得られる。

【 0 0 2 8 】

〔適用例 11〕本適用例の高度計は、上述のMEMS素子と、前記MEMS素子の前記基板を、圧力測定対象領域に露出させ、前記圧力測定対象領域に前記可撓部を露出させて保持する保持手段と、前記MEMS素子の測定データを処理するデータ処理部と、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

本適用例の高度計によれば、可撓部に外部圧力が付加されることにより可撓部には撓みが生じ、共振子の振動特性、すなわち共振周波数に変化をもたらす。この外部圧力と、共振子の周波数特性の変化と、の関係を導き出すことによって、共振子の周波数特性の変化から外部圧力を検出し、その圧力値から高度を算出することができる高度計が得られる。

【 0 0 3 0 】

〔適用例 12〕本適用例の電子機器は、上述のMEMS素子、電子デバイスもしくは高度計を備えることを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

本適用例の電子機器によれば、極低圧の圧力値が得られ、その圧力値を基に動作させる電子機器を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

〔適用例 13〕本適用例の移動体は、上述のMEMS素子、電子デバイス、高度計、もしくは電子機器を備えることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

本適用例の移動体によれば、極低圧の圧力値が得られ、その圧力値を基に動作させる電子機器を備える移動体を得ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る M E M S 素子を示す、(a) は概略断面図、(b) M E M S 振動子部の平面図。

【 図 2 】 第 1 実施形態に係る M E M S 素子の、(a) は定常状態、(b) は加圧状態の動作を説明する M E M S 振動子部の断面模式図。

【 図 3 】 その他の形態に係る M E M S 素子を示す、(a) は概略断面図、(b)、(c) は概略平面図。

10

【 図 4 】 第 1 実施形態に係る M E M S 素子の、その他の形態における M E M S 振動子部の断面模式図。

【 図 5 】 その他の形態に係る M E M S 素子を示す断面図。

【 図 6 】 第 2 実施形態に係る高度計を示す、(a) は構成図、(b) は(a) に示す E 部拡大図。

【 図 7 】 その他の形態に係る高度計を示す部分断面図。

【 図 8 】 第 3 実施形態に係る移動体を示す外観図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 5 】

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態を説明する。

20

【 0 0 3 6 】

(第 1 実施形態)

図 1 に第 1 実施形態に係る M E M S 素子を示し、(a) は概略断面図、(b) は(a) に示す電極部の A 方向の矢視において後述する被覆層を透過した平面図である。なお、図 1 (a) は、(b) に示す B - B ' 部に相当する断面図となる。図 1 (a) に示すように、本実施形態に係る M E M S 素子 1 0 0 は、ウエハー基板 1 1 と、ウエハー基板 1 1 の主面 1 1 a に形成された第 1 酸化膜 1 2 と、第 1 酸化膜 1 2 上に形成された窒化膜 1 3 と、により構成される基板 1 0 を備えている。ウエハー基板 1 1 は、シリコン基板であり、後述する半導体装置、いわゆる I C を形成するウエハー基板 1 1 としても用いられている。

30

【 0 0 3 7 】

基板 1 0 の第 1 の面としての主面 1 0 a、すなわち窒化膜 1 3 の表面 1 3 a、に共振子としての M E M S 振動子 2 0 が形成されている。M E M S 振動子 2 0 は、図 1 (b) に示す第 1 導電層 2 1 に備える固定下部電極 2 1 a (以下、下部電極 2 1 a という) と、第 2 導電層 2 2 に備える可動電極 2 2 a (以下、上部電極 2 2 a という) と、により構成される。図 1 (b) にも示すように、第 1 導電層 2 1 は、下部電極 2 1 a と図示しない外部配線とに接続する第 1 配線部 2 1 b とを備えている。また、第 2 導電層 2 2 は、上部電極 2 2 a と図示しない外部配線とに接続する第 2 配線部 2 2 b とを備えている。第 1 導電層 2 1 および第 2 導電層 2 2 は、導電性のポリシリコンをフォトリソグラフィによりパターンニングすることで形成される。なお、第 1 導電層 2 1 および第 2 導電層 2 2 は、本実施形態ではポリシリコンを用いる例を示すが、これに限定されるものではない。

40

【 0 0 3 8 】

M E M S 振動子 2 0 は、下部電極 2 1 a と上部電極 2 2 a と、の間に上部電極 2 2 a が可動可能な空間としての間隙部 G が形成されている。また、M E M S 振動子 2 0 は、基板 1 0 の主面 1 0 a 上に形成された空間部 S に収容されるように形成されている。空間部 S は、次のように形成される。第 1 導電層 2 1 および第 2 導電層 2 2 が形成された後、第 2 酸化膜 4 0 を形成する。第 2 酸化膜 4 0 には、第 2 導電層 2 2 の形成と同時にポリシリコンによる、後述する空間壁部 3 0 の最下層 3 3 と接続されるように最下層 3 3 が露出される穴が形成され、第 1 配線層 3 1 がフォトリソグラフィによるパターンニングにより形成される。

50

【0039】

更に、第3酸化膜50が第2酸化膜40上に形成される。第3酸化膜50には、第1配線層31が露出する穴が形成され、第2配線層32がフォトリソグラフィーによるパターニングにより形成される。第2配線層32は、後述する空間壁部30の最上層を構成する壁部32aと、MEMS振動子20を収納する空間Sを構成する蓋部32bと、を備えている。更に、第2配線層32の蓋部32bには、空間Sを形成するために製造過程で形成された空間Sの領域にある第2酸化膜40および第3酸化膜50をリリースエッチングするための開口32cを備えている。

【0040】

次に、第2配線層32の開口32cを露出させるように保護膜60が形成され、開口32cより第2酸化膜40および第3酸化膜50をエッチングするエッチング液が導入され、リリースエッチングより空間Sが形成される。空間Sは、最下層33と、第1配線層31と、第2配線層32と、によって形成される空間壁部30に囲まれた領域である。

10

【0041】

MEMS振動子20に設けられている間隙部Gは、上述した空間Sの形成時におけるリリースエッチングにより形成される。すなわち、第1導電層21が形成された後、下部電極21a上に図示しない第4酸化膜が形成され、第4酸化膜上に上部電極22aが形成される。そして、第4酸化膜がリリースエッチングによって、第2酸化膜40および第3酸化膜50とともに除去され、間隙部Gが形成される。なお、上述したリリースエッチングによって除去される空間Sに相当する領域の第2酸化膜40および第3酸化膜50、そして第4酸化膜は、犠牲層と呼ばれている。

20

【0042】

リリースエッチングが終了し、空間Sが形成されると被覆層70が形成され、保護膜60に覆われていない第2配線層32の蓋部32bを覆い、開口32cが封止される。これにより空間Sは密閉される。

【0043】

こうしてMEMS素子100が形成されるが、本実施形態に係るMEMS素子100では、MEMS振動子20に対応する基板10の主面10aの反対面である第2の面としての基板裏面10cとなるウエハー基板11のウエハー基板裏面11dに、凹部11bが形成されている。凹部11bが形成されることにより、MEMS振動子20が形成される主面10aの領域では薄肉部11cが形成される。この薄肉部11cと、薄肉部11c上に形成される第1酸化膜12と、窒化膜13と、により可撓部10bが構成される。

30

【0044】

本実施形態に係るMEMS素子100の可撓部10bを形成する凹部11bは、図1(b)に示すように円形の平面形状を有する、すなわち円柱状の凹部11bを構成している。可撓部10bのA方向矢視の平面形状となる凹部11bの平面領域は、空間壁部30の内部領域の範囲で形成される。なお好ましくは、図1(b)に示すように、A方向矢視の平面形状となる凹部11bの平面領域の中心Cが、下部電極21aと上部電極22aとがA方向矢視で重なる領域Dの領域内に在り、更に、A方向矢視の平面形状となる凹部11bの平面領域が、上部電極22aの固定端部Pfに重ならない。

40

【0045】

本実施形態に係るMEMS素子100では、可撓部10bを備えるMEMS素子100は、外的な要因、特に圧力などの外力によって可撓部10bに撓みが生じ、MEMS振動子20の振動周波数特性に変化を与える。そのメカニズムについて、図2に基づいて説明する。図2(a)は、図1(a)に示すMEMS素子100の定常状態におけるMEMS振動子20の図1(b)に示すB-B'部の断面拡大模式図、図2(b)は図2(a)に示す定常状態に対して外力が付加された状態におけるMEMS素子100のMEMS振動子20を示す断面拡大模式図である。

【0046】

図2(a)に示すように、定常状態におけるMEMS振動子20は、下部電極21aに

50

対して間隙部 G を離間して上部電極 2 2 a が配置されている。上部電極 2 2 a は、基板 1 0 の主面 1 0 a との接合点 P f を固定点とする片持梁となっている。下部電極 2 1 a および上部電極 2 2 a に付加される電荷によって生じる静電力が、上部電極 2 2 a を F 方向に振動させる。また、間隙部 G の静電容量の変化を検出することにより、MEMS 振動子 2 0 の振動周波数などの振動特性を取得することができる。

【0047】

上述のように振動させることができる MEMS 振動子 2 0 を備える MEMS 素子 1 0 0 に、図 2 (b) に示すようにウエハ基板 1 1 の凹部 1 1 b に外力として圧力 p が付加され、凹部 1 1 b の凹部基板面 1 1 e に掛かる圧力 p によって、可撓部 1 0 b を構成する薄肉部 1 1 c、第 1 酸化膜 1 2、そして窒化膜 1 3 に応力が掛かり、基板 1 0 の主面 1 0 a は変形して主面 1 0 a' となって撓みを生じる。上部電極 2 2 a は、上述した通り、上部電極 2 2 a の固定端部 P f に対して凹部 1 1 b が A 方向矢視において重ならない、すなわち凹部 1 1 b は固定端部 P f より A 方向矢視において () 離間している。これにより、固定端部 P f が形成されている主面 1 0 a には圧力 p による撓みは生じず、その結果、MEMS 振動子 2 0 の間隙部 G は、撓み分によって変位後の固定電極 2 1 a' と可動電極 2 2 a との間隙部 G' へ変化し、が減少する。この間隙部 G から間隙部 G' への変化によって、MEMS 振動子 2 0 の振動特性に変化をもたらされる。

10

【0048】

このように間隙部 G の間隙部 G' への隙量の変化をもたらす外圧 p と、MEMS 振動子 2 0 の周波数特性の変化と、の関係を導き出すことによって、MEMS 振動子 2 0 の周波数特性の変化から外圧としての圧力 p を検出するセンサーとして MEMS 素子 1 0 0 を利用することができる。また、ウエハ基板 1 1 の薄肉部 1 1 c の設計においては、薄肉部 1 1 c は、いわゆる外周固定平板への均等圧力の付加の形態として撓み量計算を容易に行うことができる。従って、検出圧力仕様に対して、MEMS 素子 1 0 0 の薄肉部 1 1 c の肉厚を容易に設計することができる。更には、製造工程においても、薄肉部 1 1 c の肉厚調整の調整量と、検出圧力の調整量と、の関係が容易に推定できるため、製造工程での調整が容易で、正確な圧力検出を可能とする MEMS 素子を得ることができる。

20

【0049】

図 3 は、凹部 1 1 b のその他の形態を示す。図 3 (a) に示す MEMS 素子 1 1 0 は、ウエハ基板 1 1 に第 1 酸化膜 1 2 が露出する凹部 1 1 b を形成し、第 1 酸化膜 1 2 と窒化膜 1 3 とにより可撓部 1 0 f が形成されている。MEMS 素子 1 1 0 では、ウエハ基板 1 1 は上述したようにシリコン基板であり内部に酸素が打ち込まれており、ウエハ基板 1 1 自体は図示 R 方向の膨張する応力が発生している。そして、凹部 1 1 b ではウエハ基板 1 1 の R 方向の膨張する応力によって、図示矢印 r 方向へ収縮する。この r 方向の収縮によって可撓部 1 0 f も収縮させられ、しわや波状の変形を生じてしまう。しかし、窒化膜 1 3 は、内部に引っ張り応力を残留して成膜されるため、可撓部 1 0 f の収縮による変形を窒化膜 1 3 の内部座流している引っ張り応力により相殺し、しわや波状の変形の発生を抑制することができる。

30

【0050】

従がって、可撓部 1 0 f を図 3 (a) に示すように窒化膜 1 3 と第 1 酸化膜 1 2 とで構成しても、より薄肉で変形が抑制された可撓部 1 0 f を形成することができ、微小圧力を検出することができる MEMS 素子 1 1 0 を得ることができる。なお窒化膜 1 3 は、内部に引っ張り応力が残留する被膜であれば窒化膜に限定されない。

40

【0051】

図 3 (b) に示すように、MEMS 素子 1 2 0 は、MEMS 素子 1 0 0 における凹部 1 1 b の平面形状が多角形で形成され、多角形の一例として六角形に形成した形態を示す。図 3 (b) に示すように、六角形の平面形状を備える凹部 1 1 f であってもよ、凹部 1 1 f の平面形状の六角形の図心である中心 C は、下部電極 2 1 a と上部電極 2 2 a との重なり領域 D の領域内に配置され、上部電極 2 2 a の固定端部 P f と離間して凹部 1 1 f は形成されることが好ましい。なお、凹部 1 1 f の平面形状は六角形に限定されない。また

50

、多角形の平面形状を備える凹部 1 1 f の場合、その平面形状は正多角形であることが好ましい。

【0052】

図 3 (c) に示す MEMS 素子 1 3 0 は、MEMS 素子 1 0 0 における凹部 1 1 b の形成領域を拡大させた形態を示す。図 3 (c) に示すように、MEMS 素子 1 3 0 に備える凹部 1 1 g は、平面形状が円形に形成され、凹部 1 1 g の領域内に上部電極 2 2 a の固定端部 P f が含まれるように配置されている。そして、凹部 1 1 g の円形平面形状の中心 C は、下部電極 2 1 a と上部電極 2 2 a との重なり領域 D の領域内に配置されている。MEMS 素子 1 3 0 の凹部 1 1 g は、少なくとも空間 S (図 1 参照) を構成する空間壁部 3 0 の内側の領域内に配置される。このように形成された凹部 1 1 g の場合、外的な要因である圧力などの外力によって生じる可撓部 1 0 b の撓みの発生は、図 4 に示すような挙動を生じる。

10

【0053】

図 4 は、図 3 (c) に示す MEMS 素子 1 3 0 に、圧力 p が付加された状態における E - E' 部を示す断面図である。図 4 に示すように、上部電極 2 2 a の固定端部 P f が、A 方向矢視において凹部 1 1 g の形成領域内になるように凹部 1 1 f が形成されている。凹部 1 1 g に圧力 p が付加されることにより、凹部基板面 1 1 e (図 2 参照) は圧力 p により、圧力 p 方向 (図示矢印) に押圧され変形し、主面 1 0 a は変形して主面 1 0 a' となって撓みを生じる。また上部電極 2 2 a の固定端部 P f においても変形後の主面 1 0 a' 領域となって、変形後の主面 1 0 a' の面形状に沿って上部電極 2 2 は移動し、移動後の上部電極 2 2 a' の位置となる。

20

【0054】

これら主面の撓みによる変位後の固定電極 2 1 a' と、上部電極 2 2 a の移動後の上部電極 2 2 a' への移動量と、によって、間隙部 G が間隙部 G' へに変化する。この間隙部 G から間隙部 G' への変化によって、MEMS 振動子 2 0 の振動特性に変化をもたらされる。MEMS 振動子 2 0 の周波数特性の変化と圧力 p の関係より、MEMS 振動子 2 0 の周波数特性の変化を外圧としての圧力 p として検出するセンサーとして MEMS 素子 1 3 0 を利用することができる。

【0055】

図 5 は、上述した MEMS 素子 1 0 0 と半導体装置を 1 チップに構成した形態を示す。図 5 に示す MEMS 素子 2 0 0 は、MEMS 素子 1 0 0 と、半導体装置 2 1 0 と、を 1 チップに形成した構成を有する。MEMS 素子 1 0 0 は、半導体製造装置を用い、半導体製造方法によって製造することができる微細装置であることから、半導体装置 2 1 0 を MEMS 素子 1 0 0 と同一のウエハ基板 1 1 に容易に形成することができる。半導体装置 2 1 0 には、MEMS 素子 1 0 0 を駆動する発振回路、および MEMS 素子 1 0 0 の周波数変動を演算する演算回路、などを備えている。MEMS 素子 2 0 0 に示すように、半導体装置 2 1 0 を、MEMS 素子 1 0 0 と 1 チップに形成することにより、小型のセンサーデバイスとしての MEMS 素子を得ることができる。

30

【0056】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態として、高度計を図面に基づいて説明する。第 2 実施形態に係る高度計は、第 1 実施形態に係る MEMS 素子 1 0 0 , 2 0 0 を備える電子デバイスとしての圧力センサーを備える電子機器の 1 形態である。

40

【0057】

図 6 (a) に示すように、第 2 実施形態に係る高度計 1 0 0 0 は筐体 1 1 0 0 に、第 1 実施形態に係る MEMS 素子 2 0 0 と、MEMS 素子 2 0 0 を保持し筐体 1 1 0 0 に装着される保持手段としての素子固定枠 1 2 0 0 と、MEMS 素子 2 0 0 からの得られるデータ信号を高度データへ演算する演算部 1 3 0 0 と、を備えている。筐体 1 1 0 0 には、MEMS 素子 2 0 0 に備える MEMS 素子 1 0 0 の可撓部 1 0 b (図 1 参照) が、大気と通気可能とする開口 1 1 0 0 a が設けられている。

50

【 0 0 5 8 】

図 6 (a) に示す E 部、すなわち M E M S 素子 2 0 0 の装着部断面の詳細を図 6 (b) に示す。図 6 (b) に示すように、開口 1 1 0 0 a 側に M E M S 素子 1 0 0 の可撓部 1 0 b が露出するように配置されている。また、素子固定枠 1 2 0 0 も、貫通孔 1 2 0 0 a を備え、貫通孔 1 2 0 0 a も M E M S 素子 1 0 0 の可撓部 1 0 b が露出するように配置されている。素子固定枠 1 2 0 0 と M E M S 素子 2 0 0 とは、素子固定枠 1 2 0 0 の接合面 1 2 0 0 b に接着などの手段により接合されている。M E M S 素子 2 0 0 が接合された素子固定枠 1 2 0 0 は、ねじ 1 4 0 0 により筐体 1 1 0 0 に装着される。なお、素子固定枠 1 2 0 0 の筐体への固定方法はねじ 1 4 0 0 に限定されず、接着などの固着手段であってもよい。

10

【 0 0 5 9 】

高度計 1 0 0 0 は、筐体 1 1 0 0 の開口 1 1 0 0 a、および素子固定枠 1 2 0 0 の貫通孔 1 2 0 0 a を介して通気されている M E M S 素子 1 0 0 の可撓部 1 0 b に付加される圧力変動領域としては大気中に通気され、大気圧 (以下、大気圧という) を検出し、高度データを出力する。出力される高度データは、図 6 (a) に示す表示手段 2 1 0 0 を備えるパーソナルコンピュータ 2 0 0 0 (以下、P C 2 0 0 0 という) に送信され、P C 2 0 0 0 の表示手段 2 1 0 0 に表示される。この際、P C 2 0 0 0 に備える処理ソフトによって、高度データの記憶、グラフ化、地図データへの表示、など様々なデータ処理を行うことができる。なお、P C 2 0 0 0 に代えて、高度計 1 0 0 0 にデータ処理装置、表示部、外部操作部、等を備えることもできる。

20

【 0 0 6 0 】

図 7 は、第 2 実施形態に係る高度計 1 0 0 0 に備える M E M S 素子 2 0 0 のその他の形態を示す。図 7 は、図 6 (a) に示す高度計 1 0 0 0 の図 6 (a) の E 部を示す。図 7 に示すように、M E M S 素子 2 0 0 は、M E M S 素子 2 0 0 に可撓性と気密性とを備える可撓膜 3 0 0 が固着されている。可撓膜 3 0 0 としては、例えばフッ素樹脂、合成ゴムなどの弾力性を備え、気体透過率の小さい材料、あるいは金属薄膜が好ましい。

【 0 0 6 1 】

可撓膜 3 0 0 は、M E M S 素子 1 0 0 の可撓部 1 0 b を覆うように配置され、フランジ部 3 0 0 a で基板 1 0 に固着されている。このとき、基板 1 0 と可撓膜 3 0 0 によって形成される空間 Q (図示点状ハッチング部) は、例えば空気、不活性ガスなどの気体が充填され、圧力変動領域として形成されている。可撓膜 3 0 0 を備えた M E M S 素子 2 0 0 は、素子固定枠 1 2 0 0 に固着され、筐体 1 1 0 0 に装着される。

30

【 0 0 6 2 】

M E M S 素子 2 0 0 は、可撓膜 3 0 0 を備えることにより、外部の異物、ごみなどが M E M S 素子 1 0 0 に付着することを防止し、清浄に保つことができるため、安定した高度計の性能を得ることができる。また、可撓膜 3 0 0 の外部環境が液体、腐食ガス、などであっても M E M S 素子 2 0 0 の損傷を抑制することができる。

【 0 0 6 3 】

(第 3 実施形態)

第 1 実施形態に係る M E M S 素子 1 0 0 , 2 0 0、あるいは第 2 実施形態に係る高度計 1 0 0 0 を備える電子機器としてのナビゲーションシステムと、そのナビゲーションシステムを搭載する移動体としての一態様の自動車について説明する。

40

【 0 0 6 4 】

図 8 は、電子機器としてのナビゲーションシステム 3 0 0 0 を備える移動体としての自動車 4 0 0 0 の外観図である。ナビゲーションシステム 3 0 0 0 には、図示しない地図情報と、GPS (全地球測位システム: Global Positioning System) からの位置情報取得手段と、ジャイロセンサーおよび加速度センサーと車速データとによる自立航法手段と、第 2 実施形態に係る高度計 1 0 0 0 と、を備え、運転者に視認可能な位置に配設された表示手段 3 1 0 0 に所定の位置情報あるいは進路情報を表示する。

50

【 0 0 6 5 】

図 8 に示す、自動車 4 0 0 0 では、ナビゲーションシステム 3 0 0 0 に高度計 1 0 0 0 を備えることにより、取得した位置情報に加えて高度情報を取得することができる。高度情報を得ることにより、例えば、一般道路と位置情報上は略同一の位置を示す高架道路を走行する場合、高度情報を持たない場合には、一般道路を走行しているのか高架道路を走行しているのかナビゲーションシステムでは判断できず、優先情報として一般道路の情報を運転者に提供してしまっていた。そこで、本実施形態に係るナビゲーションシステム 3 0 0 0 では、高度情報を高度計 1 0 0 0 によって取得することができ、一般道路から高架道路へ進入することによる高度変化を検出し、高架道路の走行状態におけるナビゲーション情報を運転者に提供することができる。

【 0 0 6 6 】

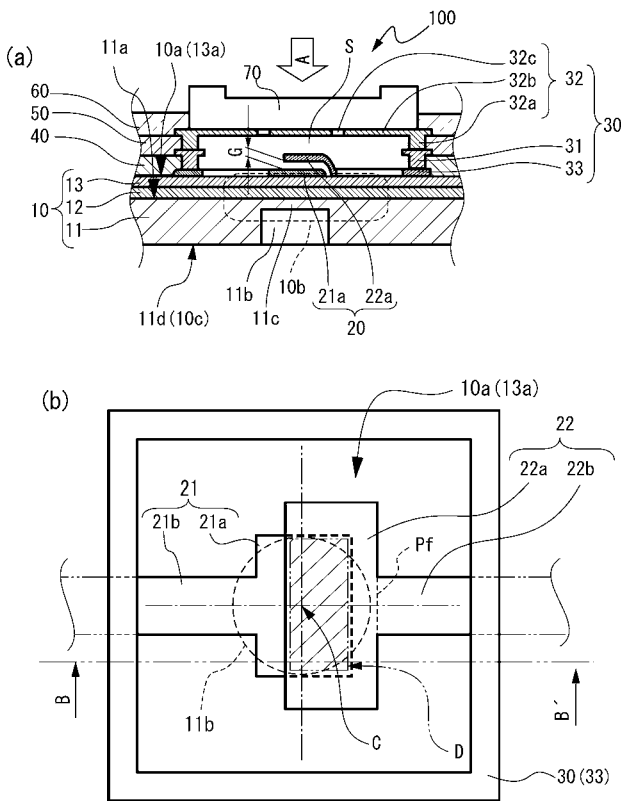
また、第 1 実施形態に係る MEMS 素子 1 0 0 , 2 0 0 により小型の圧力検出機器を構成することが可能となり、自動車 4 0 0 0 に、油圧あるいは空気圧による駆動システムを容易に組み込むことができる。これにより、装置の圧力の監視、および制御データを容易に取得することができる。

【 符号の説明 】

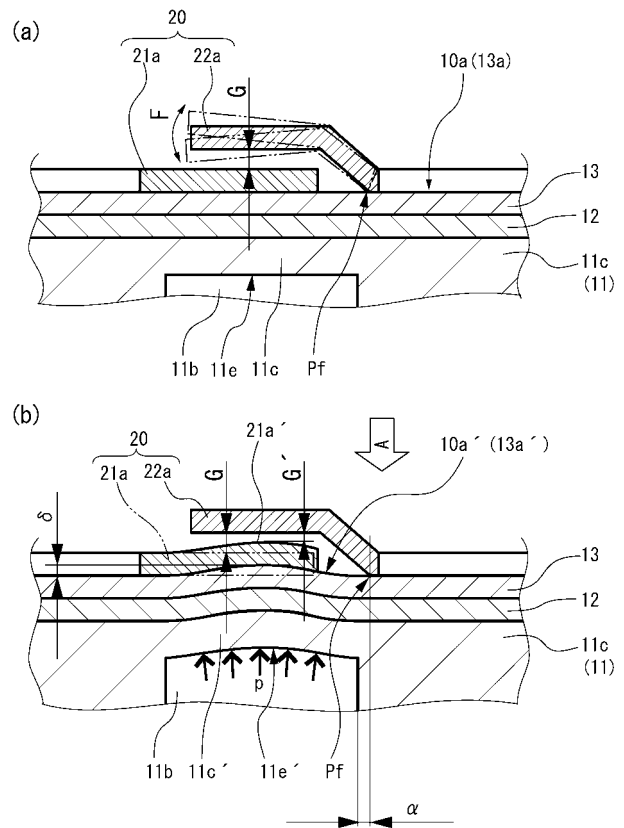
【 0 0 6 7 】

1 0 ... 基板、 2 0 ... MEMS 振動子、 3 0 ... 空間壁部、 4 0 ... 第 2 酸化膜、 5 0 ... 第 3 酸化膜、 6 0 ... 保護膜、 7 0 ... 被覆層、 1 0 0 ... MEMS 素子。

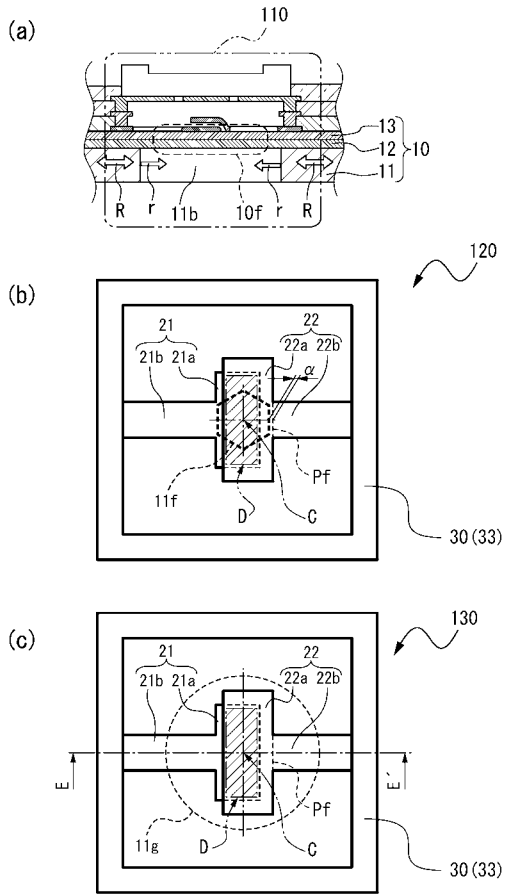
【 図 1 】



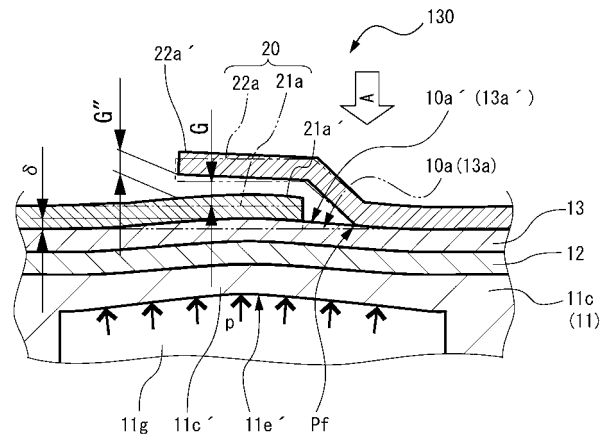
【 図 2 】



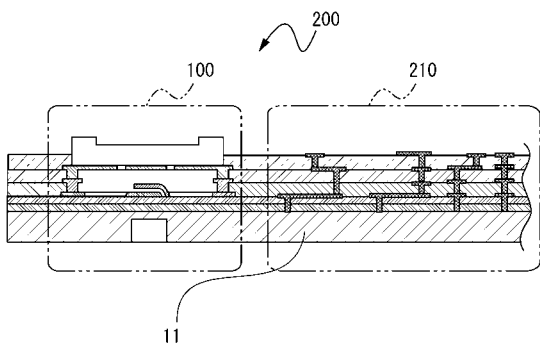
【 図 3 】



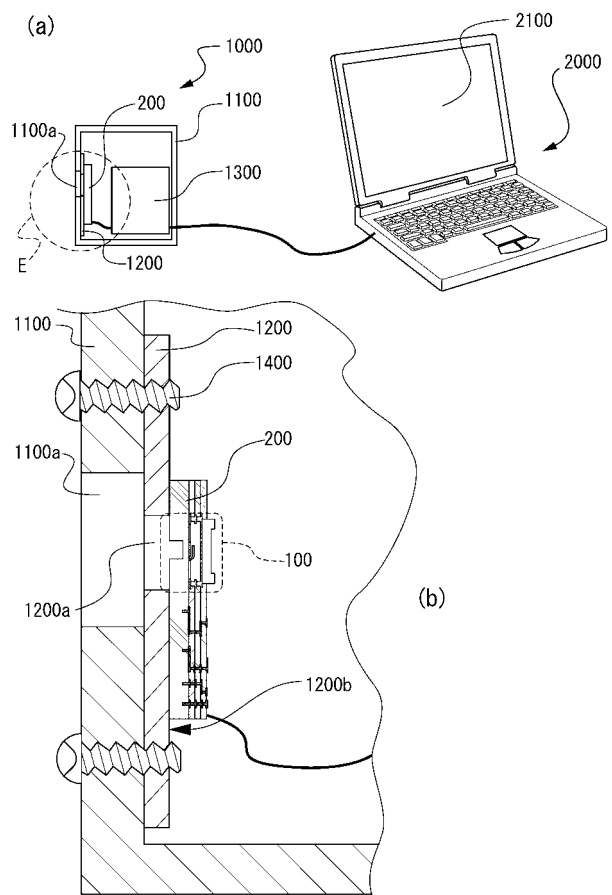
【 図 4 】



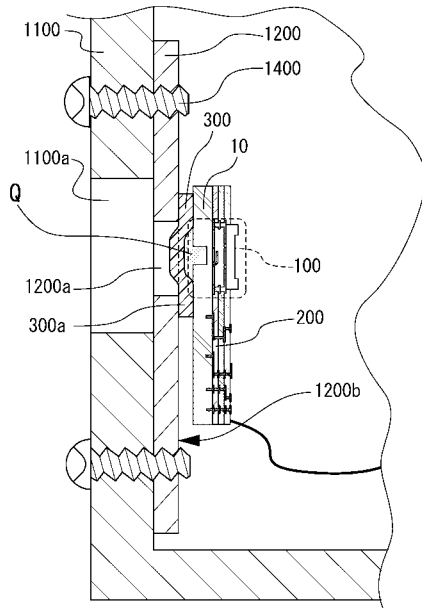
【 図 5 】



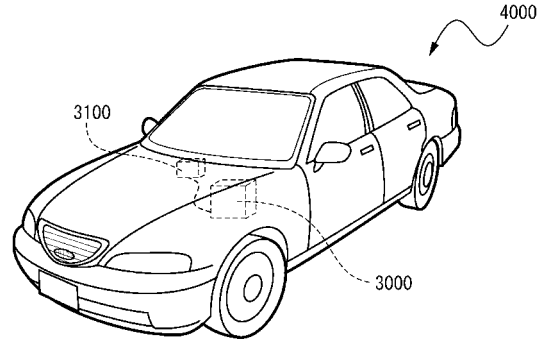
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 手続補正書 】

【 提出日 】平成26年3月14日(2014.3.14)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0049

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0049 】

図3は、凹部11bのその他の形態を示す。図3(a)に示すMEMS素子110は、ウエハー基板11に第1酸化膜12が露出する凹部11bを形成し、第1酸化膜12と窒化膜13とにより可撓部10fが形成されている。MEMS素子110では、ウエハー基板11は上述したようにシリコン基板であり内部に酸素が打ち込まれており、ウエハー基板11自体は図示R方向の膨張する応力が発生している。そして、凹部11bではウエハー基板11のR方向の膨張する応力によって、図示矢印r方向へ収縮する。このr方向の収縮によって可撓部10fも収縮させられ、しわや波状の変形を生じてしまう。しかし、窒化膜13は、内部に引っ張り応力を残留して成膜されるため、可撓部10fの収縮による変形を窒化膜13の内部に残留している引っ張り応力により相殺し、しわや波状の変形の発生を抑制することができる。

【 手続補正 2 】

【 補正対象書類名 】明細書

【 補正対象項目名 】0053

【 補正方法 】変更

【 補正の内容 】

【 0053 】

図4は、図3(c)に示すMEMS素子130に、圧力pが付加された状態におけるE

- E'部を示す断面図である。図4に示すように、上部電極22aの固定端部Pfが、A方向矢視において凹部11gの形成領域内になるように凹部11fが形成されている。凹部11gに圧力pが付加されることにより、凹部基板面11e(図2参照)は圧力pにより、圧力p方向(図示矢印)に押圧され変形し、主面10aは変形して主面10a'となって撓みを生じる。また上部電極22aの固定端部Pfにおいても変形後の主面10a'領域となって、変形後の主面10a'の面形状に沿って上部電極22aは移動し、移動後の上部電極22a'の位置となる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0065】

図8に示す、自動車4000では、ナビゲーションシステム3000に高度計1000を備えることにより、取得した位置情報に加えて高度情報を取得することができる。例えば、一般道路と位置情報上は略同一の位置を示す高架道路を走行する場合、高度情報を持たない場合には、一般道路を走行しているのか高架道路を走行しているのかナビゲーションシステムでは判断できず、優先情報として一般道路の情報を運転者に提供してしまっていた。そこで、本実施形態に係るナビゲーションシステム3000では、高度情報を高度計1000によって取得することができ、一般道路から高架道路へ進入することによる高度変化を検出し、高架道路の走行状態におけるナビゲーション情報を運転者に提供することができる。

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G 0 1 C 21/28 (2006.01) B 8 1 B 3/00
 G 0 1 C 21/00 D

Fターム(参考) 2F055 AA39 BB01 CC02 CC51 DD05 EE39 FF43 GG12
 2F129 AA02 AA03 BB70 HH02 HH12 HH31 HH33
 3C081 AA01 BA30 BA43 BA45 BA48 BA53 BA76 CA03 CA15 CA32
 EA03 EA22
 4M112 AA01 BA07 BA08 CA01 CA03 CA04 CA11 CA12 CA13 CA14
 CA21 CA23 CA31 CA32 CA33 CA34 DA02 DA10 DA15 EA03
 EA04 EA06 EA07 EA10 FA01 FA07 FA09 FA20 GA01 GA03
 5J108 AA09 BB08 CC04 CC11 EE03 EE04 EE07 EE13 GG03 GG14