

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4562004号
(P4562004)

(45) 発行日 平成22年10月13日 (2010.10.13)

(24) 登録日 平成22年8月6日 (2010.8.6)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 C 19/56 (2006.01)	GO 1 C 19/56
GO 1 P 9/04 (2006.01)	GO 1 P 9/04
HO 1 L 41/08 (2006.01)	HO 1 L 41/08 D
HO 1 L 41/187 (2006.01)	HO 1 L 41/08 Z
HO 1 L 41/18 (2006.01)	HO 1 L 41/18 1 O 1 D
請求項の数 3 (全 14 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2006-297664 (P2006-297664)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成18年11月1日 (2006.11.1)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2008-116243 (P2008-116243A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成20年5月22日 (2008.5.22)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成19年5月22日 (2007.5.22)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	宮澤 弘
			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	樋口 天光
			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
		審査官	有家 秀郎
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板、該基板の上方に形成された絶縁層、および該絶縁層の上方に形成された半導体層を有する基体を用意する工程と、

前記基体の上方に駆動部および検出部を形成する工程と、

前記半導体層をパターニングして振動部を形成する工程と、

前記絶縁層をパターニングして前記振動部の下方に開口部を形成する工程と、

前記駆動部および前記検出部を被覆する犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層を被覆する多孔質層を形成する工程と、

前記多孔質層の孔を通じてガスを供給し、前記犠牲層と反応させて前記犠牲層をガス化して除去する工程と、

前記多孔質層を被覆する封止層を形成する工程と、を含み、

前記多孔質層は、酸化アルミニウムからなり、

前記多孔質層を形成する工程は、400 以下の温度で、トリメチルアルミニウムを原料とし、反応炉内にオゾンを導入して行うCVD法により行われ、

前記駆動部および前記検出部を形成する工程は、

前記基体の上方に前記駆動部の第1電極および前記検出部の第1電極を形成する工程と、

前記駆動部の第1電極の上方に前記駆動部の圧電体層を形成するとともに、前記検出部の第1電極の上方に前記検出部の圧電体層を形成する工程と、

10

20

前記駆動部の圧電体層の上方に前記駆動部の第 2 電極を形成するとともに、前記検出部の圧電体層の上方に前記検出部の第 2 電極を形成する工程と、を有し、

前記振動部は、

支持部と、

前記支持部を基端として片持ち梁状に形成された二本のビーム部と、を有するように形成され、

前記駆動部は、各前記ビーム部の上方に 1 対ずつ形成され、

前記検出部は、各前記ビーム部の上方であって、1 対の前記駆動部の間に 1 つずつ形成される、角速度センサの製造方法。

【請求項 2】

10

請求項 1 において、

前記犠牲層は、レジスト層であり、

前記犠牲層を除去する工程において、前記レジスト層はアッシングにより除去される、角速度センサの製造方法。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記封止層を形成する工程において、前記封止層は、大気圧より低い圧力下で形成される、角速度センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、角速度センサおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラやカーナビゲーションシステムなどの情報機器には、画像の手ぶれ防止や車体の位置検知などのために角速度センサが搭載されてきている。角速度センサには、コリオリ力を圧電効果で検出する方式が広く用いられている。最近では、シリコン基板上に、圧電体薄膜を上下の電極で挟んだ駆動部や検知部を設けた角速度センサが開発されている（例えば特許文献 1 参照）。この角速度センサでは、大気中の水分などが駆動部や検知部に対して悪影響を与え、角速度センサが劣化する場合がある。

30

【特許文献 1】特開 2005 - 249395 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の目的は、劣化を抑制することができる角速度センサおよびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明に係る角速度センサは、

基体と、

40

前記基体のうちの少なくとも一部からなる音叉型の振動部と、

前記振動部の屈曲振動を生成する駆動部と、

前記振動部に加わる角速度を検出する検出部と、

前記基体の上方に形成され、前記駆動部および前記検出部に接しない多孔質層と、

前記駆動部および前記検出部と前記多孔質層との間に形成された空洞部と、

前記多孔質層の上方に形成された封止層と、を含み、

前記振動部は、

支持部と、

前記支持部を基端として片持ち梁状に形成された二本のビーム部と、を有し、

前記駆動部は、各前記ビーム部の上方に 1 対ずつ形成され、

50

各前記駆動部は、
前記駆動部の第 1 電極と、
前記駆動部の第 1 電極の上方に形成された前記駆動部の圧電体層と、
前記駆動部の圧電体層の上方に形成された前記駆動部の第 2 電極と、を有し、
前記検出部は、各前記ビーム部の上方であって、1 対の前記駆動部の間に 1 つずつ形成され、

各前記検出部は、
前記検出部の第 1 電極と、
前記検出部の第 1 電極の上方に形成された前記検出部の圧電体層と、
前記検出部の圧電体層の上方に形成された前記検出部の第 2 電極と、を有する。

10

【0005】

本発明に係る角速度センサでは、前記駆動部および前記検出部は、前記多孔質層および前記封止層によって密封された前記空洞部内に設けられ、外気との接触がない。このため、前記駆動部および前記検出部の前記圧電体層の劣化を抑制することができる。その結果、角速度センサの劣化を抑制することができる。

【0006】

なお、本発明に係る記載では、「上方」という文言を、例えば、「特定のもの（以下「A」という）の「上方」に形成された他の特定のもの（以下「B」という）」などと用いている。本発明に係る記載では、この例のような場合に、A 上に直接 B が形成されているような場合と、A 上に他のものを介して B が形成されているような場合とが含まれるものとして、「上方」という文言を用いている。

20

【0007】

本発明に係る角速度センサにおいて、
前記基体は、SOI (Silicon On Insulator) 基板であることができる。

【0008】

本発明に係る角速度センサにおいて、
前記多孔質層は、金属酸化物からなることができる。

【0009】

本発明に係る角速度センサにおいて、
前記多孔質層は、酸化アルミニウムからなることができる。

30

【0010】

本発明に係る角速度センサにおいて、
前記封止層は、窒化シリコンからなることができる。

【0011】

本発明に係る角速度センサにおいて、
前記空洞部内は、大気圧より小さい圧力であることができる。

【0012】

本発明に係る角速度センサは、
上述の角速度センサからそれぞれ構成される第 1 角速度センサおよび第 2 角速度センサを有し、
前記第 1 角速度センサは、平面視において、前記第 2 角速度センサに対して回転した状態で配置されている。

40

【0013】

本発明に係る角速度センサの製造方法は、
基板、該基板の上方に形成された絶縁層、および該絶縁層の上方に形成された半導体層を有する基体を用意する工程と、
前記基体の上方に駆動部および検出部を形成する工程と、
前記半導体層をパターニングして振動部を形成する工程と、
前記絶縁層をパターニングして前記振動部の下方に開口部を形成する工程と、
前記駆動部および前記検出部を被覆する犠牲層を形成する工程と、

50

前記犠牲層を被覆する多孔質層を形成する工程と、
前記多孔質層の孔を通じてガスを供給し、前記犠牲層と反応させて前記犠牲層をガス化して除去する工程と、
前記多孔質層を被覆する封止層を形成する工程と、を含み、
前記駆動部および前記検出部を形成する工程は、
前記基体の上方に前記駆動部の第 1 電極および前記検出部の第 1 電極を形成する工程と

、
前記駆動部の第 1 電極の上方に前記駆動部の圧電体層を形成するとともに、前記検出部の第 1 電極の上方に前記検出部の圧電体層を形成する工程と、

前記駆動部の圧電体層の上方に前記駆動部の第 2 電極を形成するとともに、前記検出部の圧電体層の上方に前記検出部の第 2 電極を形成する工程と、を有し、

前記振動部は、

支持部と、

前記支持部を基端として片持ち梁状に形成された二本のビーム部と、を有するように形成され、

前記駆動部は、各前記ビーム部の上方に 1 対ずつ形成され、

前記検出部は、各前記ビーム部の上方であって、1 対の前記駆動部の間に 1 つずつ形成される。

【0014】

本発明に係る角速度センサの製造方法において、

前記犠牲層は、レジスト層であり、

前記犠牲層を除去する工程において、前記レジスト層はアッシングにより除去されることができる。

【0015】

本発明に係る角速度センサの製造方法において、

前記封止層を形成する工程において、前記封止層は、大気圧より低い圧力下で形成されることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明に好適な実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0017】

1. まず、本実施形態に係る角速度センサ 100 について説明する。図 1 は、本実施形態に係る角速度センサ 100 を概略的に示す平面図であり、図 2 および図 3 は、角速度センサ 100 を概略的に示す断面図である。なお、図 2 は、図 1 の II - II 線断面図であり、図 3 は、図 1 の III - III 線断面図である。

【0018】

角速度センサ 100 は、図 1 ~ 図 3 に示すように、基体 1 と、振動部 10 と、駆動部 20 (20a ~ 20d) と、検出部 30 (30a, 30b) と、多孔質層 80 と、空洞部 72 と、封止層 90 と、を含む。なお、図 1 の一部では、便宜上、多孔質層 80 と封止層 90 を透視して描いてある。

【0019】

基体 1 は、例えば図 2 および図 3 に示すように、基板 2 と、基板 2 上に形成された絶縁層 3 と、絶縁層 3 上に形成された半導体層 4 と、を有することができる。基体 1 としては、例えば SOI 基板などを用いることができる。SOI 基板としては、例えば SIMOX (silicon implanted oxide) 基板や貼り合わせ SOI 基板などが挙げられる。例えば、基板 2 としてシリコン基板、絶縁層 3 として酸化シリコン層、半導体層 4 としてシリコン層を用いることができる。半導体層 4 の厚みは、角速度センサ 100 の小型化のためには、20 μm 以下であることが望ましい。半導体層 4 内には各種の半導体回路を作り込むことができる。半導体層 4 としてシリコン層を用いることが、一般的な半導体製造技術を利用できる点で有利である。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

振動部 1 0 は、基体 1 のうちの少なくとも一部からなる。振動部 1 0 の平面形状は、図 1 に示すように音叉型である。振動部 1 0 は、図 2 および図 3 に示すように、基体 1 の絶縁層 3 の一部を除去して形成された開口部 3 a 上に形成されている。振動部 1 0 の周りには、振動部 1 0 の振動を許容する空隙部 4 a が形成されている。振動部 1 0 は、支持部 1 2 と、支持部 1 2 を基端として片持ち梁状に形成された二本のビーム部 1 4 (1 4 a , 1 4 b) と、を有する。第 1 ビーム部 1 4 a および第 2 ビーム部 1 4 b は、長手方向 (図 1 の X 方向) に平行に所定間隔をおいて配置されている。

【 0 0 2 1 】

支持部 1 2 は、半導体層 4 の一部からなる第 1 支持部 1 2 a と、第 1 支持部 1 2 a よりも幅の大きい第 2 支持部 1 2 b と、を有する。第 1 支持部 1 2 a は、半導体層 4 の一部からなる固定部 4 b に連続しており、固定部 4 b と第 2 支持部 1 2 b とを接続している。第 2 支持部 1 2 b は、第 1 ビーム部 1 4 a および第 2 ビーム部 1 4 b を支持する機能と、これらのビーム部 1 4 a , 1 4 b の振動を第 1 支持部 1 2 a に伝搬させない機能と、を有する。第 2 支持部 1 2 b は、例えば図 1 に示すように、側部に凹凸形状を有することができる。

10

【 0 0 2 2 】

駆動部 2 0 (2 0 a ~ 2 0 d) は、振動部 1 0 の屈曲振動を生成する。駆動部 2 0 は、図 1 に示すように、第 1 ビーム部 1 4 a と第 2 ビーム部 1 4 b の上に 1 対ずつ形成されている。即ち、第 1 ビーム部 1 4 a 上には、第 1 駆動部 2 0 a と第 2 駆動部 2 0 b とが、第 1 ビーム部 1 4 a の長手方向に沿って、互いに平行に形成されている。同様に、第 2 ビーム部 1 4 b 上には、第 3 駆動部 2 0 c と第 4 駆動部 2 0 d とが、第 2 ビーム部 1 4 b の長手方向に沿って、互いに平行に形成されている。第 1 ビーム部 1 4 a の外側に配置された第 1 駆動部 2 0 a と、第 2 ビーム部 1 4 b の外側に配置された第 3 駆動部 2 0 c とは、配線 (図示せず) により電氣的に接続されている。第 1 ビーム部 1 4 a の内側に配置された第 2 駆動部 2 0 b と、第 2 ビーム部 1 4 b の内側に配置された第 4 駆動部 2 0 d とは、配線 (図示せず) により電氣的に接続されている。

20

【 0 0 2 3 】

検出部 3 0 (3 0 a , 3 0 b) は、振動部 1 0 に加わる角速度を検出する。検出部 3 0 は、図 1 に示すように、第 1 ビーム部 1 4 a と第 2 ビーム部 1 4 b の上であって、1 対の駆動部の間に 1 つずつ形成されている。即ち、第 1 ビーム部 1 4 a 上には、第 1 検出部 3 0 a が、第 1 ビーム部 1 4 a の長手方向に沿って形成され、第 1 駆動部 2 0 a と第 2 駆動部 2 0 b との間に配置されている。同様に、第 2 ビーム部 1 4 b 上には、第 2 検出部 3 0 b が、第 2 ビーム部 1 4 b の長手方向に沿って形成され、第 3 駆動部 2 0 c と第 4 駆動部 2 0 d との間に配置されている。第 1 検出部 3 0 a と第 2 検出部 3 0 b とは、角速度信号を検出する検知回路 (図示せず) に接続されている。

30

【 0 0 2 4 】

駆動部 2 0 (2 0 a ~ 2 0 d) は、図 2 に示すように、ビーム部 1 4 a , 1 4 b の上方に形成された駆動部の第 1 電極 2 2 と、駆動部の第 1 電極 2 2 上に形成された駆動部の圧電体層 2 4 と、駆動部の圧電体層 2 4 上に形成された駆動部の第 2 電極 2 6 と、を有する。駆動部 2 0 は、さらに、ビーム部 1 4 a 、 1 4 b と第 1 電極 2 2 との間に形成された下地層 5 を有することができる。

40

【 0 0 2 5 】

検出部 3 0 (3 0 a , 3 0 b) は、図 3 に示すように、ビーム部 1 4 a , 1 4 b の上方に形成された検出部の第 1 電極 3 2 と、検出部の第 1 電極 3 2 上に形成された検出部の圧電体層 3 4 と、検出部の圧電体層 3 4 上に形成された検出部の第 2 電極 3 6 と、を有する。検出部 3 0 は、さらに、ビーム部 1 4 a 、 1 4 b と第 1 電極 3 2 との間に形成された下地層 5 を有することができる。

【 0 0 2 6 】

下地層 5 は、酸化シリコン (SiO_2) 層、窒化シリコン (Si_3N_4) 層等の絶縁層

50

である。下地層 5 は、例えば 2 層以上の複合層で構成されていても良い。

【0027】

駆動部の第 1 電極 22 および検出部の第 1 電極 32 は、例えば Pt などの電極材料からなることができる。第 1 電極 22, 32 の厚さは、十分に低い電気抵抗値が得られる厚さであれば良く、例えば 10 nm 以上 5 μ m 以下とすることができる。

【0028】

駆動部の圧電体層 24 および検出部の圧電体層 34 は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) などの圧電材料からなることができる。駆動部の圧電体層 24 および検出部の圧電体層 34 の厚さは、半導体層 4 の厚みの 1 / 10 倍以上、等倍以下程度であることが望ましい。この範囲の厚さであることにより、ビーム部 14a, 14b を十分に振動させる駆動力が確保されることができる。例えば、半導体層 4 の厚みを 1 μ m ~ 20 μ m とした場合、圧電体層 24, 34 の厚さは 0.1 μ m ~ 20 μ m とすることができる。

10

【0029】

駆動部の第 2 電極 26 および検出部の第 2 電極 36 は、例えば Pt などの電極材料からなることができる。第 2 電極 26, 36 の厚さは、十分に低い電気抵抗値が得られる厚さであれば良く、例えば 10 nm 以上 5 μ m 以下とすることができる。

【0030】

なお、図示の例では、駆動部 20 において、第 1 電極 22 と第 2 電極 26 の間には圧電体層 24 のみが存在するが、両電極 22, 26 間に圧電体層 24 以外の層を有していても良い。同様に、検出部 30 において、第 1 電極 32 と第 2 電極 36 の間には圧電体層 34 のみが存在するが、両電極 32, 36 間に圧電体層 34 以外の層を有していても良い。圧電体層 24, 34 の膜厚は、共振条件に応じて適宜変更することができる。

20

【0031】

本実施形態に係る角速度センサ 100 では、第 1 ~ 第 4 駆動部 20a ~ 20d に交流電界を印加することにより、第 1, 第 2 ビーム 14a, 14b をそれぞれ鏡映対称に屈曲振動 (第 1 屈曲振動) させ、音叉振動を実現することができる。そして、第 1 ビーム部 14a および第 2 ビーム部 14b の間の中心線を軸とした回転の角速度によって発生するコリオリ力により、第 1, 第 2 ビーム 14a, 14b を第 1 屈曲振動と垂直な方向 (Z 方向) に屈曲振動 (第 2 屈曲振動) させることができる。従って、第 2 屈曲振動により生じる検出部 30a, 30b の電圧を検知回路によって検出することにより、角速度を求めることができる。

30

【0032】

多孔質層 80 は、図 2 および図 3 に示すように、基体 1 上に形成され、駆動部 20 および検出部 30 に接していない。多孔質層 80 の形状は、後述する犠牲層 70 の形状を反映したものとなる。多孔質層 80 の内側には、空洞部 72 が形成されている。空洞部 72 の内側には、駆動部 20 および検出部 30 が形成されている。即ち、空洞部 72 は、駆動部 20 および検出部 30 と多孔質層 80 との間に形成されている。

【0033】

多孔質層 80 は、多数の微細な貫通孔を有している。この貫通孔を通じて気体が移動することができる。多孔質層 80 としては、高い機械的強度を有し、単独でその形状が保持されるものが望ましい。多孔質層 80 の厚みは、例えば 0.2 μ m ~ 2 μ m 程度である。多孔質層 80 としては、成膜した際に多孔質となり、かつ高い機械的強度を有する材質のものをを用いることができる。多孔質層 80 は、酸化物、窒化物、有機物などからなることができる。多孔質層 80 は、好ましくは金属酸化物からなり、より好ましくは酸化アルミニウム (Al_2O_3) からなる。

40

【0034】

封止層 90 は、図 2 および図 3 に示すように、多孔質層 80 上に形成されている。封止層 90 は、多孔質層 80 の貫通孔を封止して空洞部 72 を気密に保ち、多孔質層 80 の機械的強度を補強することができる。後述するが、封止層 90 は大気圧よりも低い圧力下で成膜されるため、角速度センサ 100 が大気中に置かれた場合、空洞部 72 は負圧状態と

50

なる。本実施形態の角速度センサ 100 によれば、多孔質層 80 および封止層 90 が高い機械的強度を有するため、空洞部 72 が負圧状態でも空洞部 72 の形状を保持することできる。封止層 90 の厚みは、例えば $0.1\ \mu\text{m} \sim 1.5\ \mu\text{m}$ 程度である。封止層 90 は、空洞部 72 の気密性を保持できる緻密な物質からなる。封止層 90 は、窒化シリコン (Si_3N_4)、酸化シリコン、酸化アルミニウムなどからなることができる。

【0035】

2. 次に、本実施形態に係る角速度センサ 100 の製造方法の一例について図面を参照しながら説明する。図 4 ~ 図 9 は、図 1 ~ 図 3 に示す本実施形態の角速度センサ 100 の一製造工程を概略的に示す断面図であり、それぞれ図 2 に示す断面図に対応している。

【0036】

(1) まず、図 4 に示すように、基板 2 上に絶縁層 3 および半導体層 4 がこの順に配置された基体 1 を用意する。

【0037】

(2) 次に、基体 1 上に、駆動部 20 および検出部 30 を形成する。具体的には、基体 1 上に駆動部 20 および検出部 30 をそれぞれ構成する下地層 5、第 1 電極 22, 32、圧電体層 24, 34、および第 2 電極 26, 36 を順次形成する。

【0038】

下地層 5 は、熱酸化法、CVD 法、スパッタ法などにより形成される。下地層 5 は、例えば、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターニングされ、所望の形状に形成されることができる。

【0039】

第 1 電極 22, 32 は、蒸着法、スパッタ法などにより形成される。第 1 電極 22, 32 は、例えば、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターニングされ、所望の形状に形成されることができる。

【0040】

圧電体層 24, 34 は、レーザーアブレーション法、蒸着法、スパッタ法、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法などにより形成される。例えば、レーザーアブレーション法を用いてチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) からなる圧電体層 24, 34 を形成する場合には、レーザー光を PZT 用ターゲット、例えば $\text{Pb}_{0.95}\text{Zr}_{0.05}\text{Ti}_{0.48}\text{NbO}_3$ のターゲットに照射する。そして、このターゲットから鉛原子、ジルコニウム原子、チタン原子、および酸素原子をアブレーションによって放出させ、レーザーエネルギーによってプラズマを発生させ、このプラズマを基体 1 に向けて照射する。これにより、第 1 電極 22, 32 上に PZT からなる圧電体層 24, 34 が成膜される。圧電体層 24, 34 は、例えば、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターニングされ、所望の形状に形成されることができる。

【0041】

第 2 電極 26, 36 は、蒸着法、スパッタ法、CVD 法などにより形成される。第 2 電極 26, 36 は、例えば、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターニングされ、所望の形状に形成されることができる。

【0042】

(3) 次に、図 5 に示すように、基体 1 の半導体層 4 を所望の形状にパターニングして振動部 10 を形成する。振動部 10 は、半導体層 4 を削り貫いて空隙部 4a (図 1 参照) を形成することにより得られる。半導体層 4 は、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターニングされる。エッチング技術としては、ドライエッチング法やウェットエッチング法を用いることができる。本パターニング工程においては、基体 1 の絶縁層 3 をエッチングストッパ層として用いることができる。

【0043】

(4) 次に、図 6 に示すように、基体 1 の絶縁層 3 をパターニングして振動部 10 の下に開口部 3a を形成する。絶縁層 3 が酸化シリコンからなる場合には、例えばフッ化水素酸を用いたウェットエッチングにより絶縁層 3 をパターニングすることができる。本パタ

10

20

30

40

50

ーニング工程では、例えば、基板 2 および半導体層 4 をエッチングストッパ層として用いることにより、フォトリソグラフィ技術を用いることなく絶縁層 3 をパターンニングすることができる。

【 0 0 4 4 】

(5) 上述した工程により、空隙部 4 a および開口部 3 a が設けられることで、音叉型の振動部 1 0 に対する機械的拘束力が低減され、振動部 1 0 が十分に振動できるようになる。

【 0 0 4 5 】

(6) 次に、図 7 に示すように、駆動部 2 0 および検出部 3 0 を被覆する犠牲層 7 0 を形成する。具体的には、まず、駆動部 2 0 および検出部 3 0 を覆うように、基体 1 の全面に犠牲層 7 0 を設ける。犠牲層 7 0 は、例えば有機系レジスト材料からなることができる。次に、フォトリソグラフィ技術を用いて、図 7 に示すように犠牲層 7 0 をパターンニングする。パターンニングされた犠牲層 7 0 の形状は、次の工程で形成される多孔質層 8 0 の形状に反映される。従って、多孔質層 8 0 が駆動部 2 0 および検出部 3 0 と接触しないようにするために、犠牲層 7 0 は、駆動部 2 0 および検出部 3 0 が全て埋没するように設けられる。また、犠牲層 7 0 は、図 7 に示すように、空隙部 4 a および開口部 3 a (図 6 参照) を埋め込むことができる。なお、犠牲層 7 0 は、空隙部 4 a や開口部 3 a を埋め込まなくても良い。

【 0 0 4 6 】

(7) 次に、図 8 に示すように、犠牲層 7 0 を被覆する多孔質層 8 0 を形成する。多孔質層 8 0 は、犠牲層 7 0 の表面に沿って形成される。多孔質層 8 0 は、例えば C V D 法、スパッタ法などを用いて形成される。例えば、多孔質層 8 0 として酸化アルミニウム層を用いる場合には、多孔質層 8 0 の形成には C V D 法を用いることが好ましい。この場合には、トリメチルアルミニウムを原料とし、原料の噴き付けを調整し、オゾン反応炉内に導入し、400 以下 (例えば 200) で熱酸化を繰り返させることにより、好適な多孔質層 8 0 を形成することができる。なお、多孔質層 8 0 の形成方法や形成条件は、多孔質層 8 0 の材料などに応じて適宜変更することができる。

【 0 0 4 7 】

(8) 次に、図 9 に示すように、多孔質層 8 0 の孔を通じてガス (例えばプラズマ等) を供給し、犠牲層 7 0 と反応させて、犠牲層 7 0 をガス化して除去する。犠牲層 7 0 としてレジスト層を用いる場合には、犠牲層 7 0 の除去は、例えば、酸素プラズマによるアッシングにより行われる。具体的には、まず、チャンパー内に酸素ガスを導入し、酸素ガスを公知の方法によりプラズマ化する。チャンパー内の圧力は、例えば 200 Pa ~ 300 Pa 程度である。発生した酸素プラズマ (ガス) は、多孔質層 8 0 の貫通孔を通り抜け、多孔質層 8 0 の内側の犠牲層 7 0 と反応する。その結果生じたガスは、多孔質層 8 0 の貫通孔を通り抜け、外部に放出される。本工程における基板温度としては、例えば 200 程度、処理時間としては、例えば 10 分程度とすることができる。本工程において、犠牲層 7 0 と反応させるガスは、酸素プラズマに限定されず、犠牲層 7 0 を除去できるガスであれば良い。

【 0 0 4 8 】

上述したように犠牲層 7 0 を除去することにより、図 9 に示すように、多孔質層 8 0 の形状を保持したまま、多孔質層 8 0 の内側に空洞部 7 2 を形成することができる。

【 0 0 4 9 】

(9) 次に、図 1 ~ 図 3 に示すように、多孔質層 8 0 を被覆する封止層 9 0 を形成する。封止層 9 0 は、多孔質層 8 0 の表面に沿って形成される。封止層 9 0 は、例えばスパッタ法、C V D 法などを用いて形成される。封止層 9 0 は、大気圧よりも低い圧力下で成膜される。このため、空洞部 7 2 内は大気圧よりも低い圧力 (真空状態) のまま封止される。封止層 9 0 の成膜条件は、封止層 9 0 が空洞部 7 2 の気密性を保持できる緻密性を有するように適宜設定される。なお、本実施形態の製造方法では、例えば、上述した多孔質層 8 0 の形成工程から、この封止層 9 0 の形成工程までを真空装置内で一貫して行うことが

10

20

30

40

50

できる。

【0050】

(10)以上の工程により、図1～図3に示すように、本実施形態の角速度センサ100が形成される。

【0051】

3. 本実施形態の角速度センサ100では、駆動部20および検出部30は、多孔質層80および封止層90によって密封された空洞部72内に設けられ、外気との接触がない。このため、駆動部20および検出部30の圧電体層24, 34の劣化を抑制することができる。その結果、角速度センサ100の劣化を抑制することができる。

【0052】

また、本実施形態の角速度センサ100では、空洞部72が減圧状態であり、空洞部72内には、圧電体層24, 34に対して悪影響を与える物質(例えば水分など)が少ない。このため、角速度センサ100の劣化をより一層抑制することができる。

【0053】

また、本実施形態の角速度センサ100の製造方法では、駆動部20および検出部30を密封するための構造を真空装置内で一貫して形成することができる。このため、その構造の形成工程において、駆動部20および検出部30を大気と接触しないようにすることができる。従って、本実施形態の製造方法によれば、駆動部20および検出部30の圧電体層24, 34に対して悪影響を与える物質(例えば水分など)が少ない状況下で角速度センサ100を製造することができる。

【0054】

また、本実施形態の角速度センサ100の製造方法によれば、真空装置内で空洞部72を得ることができるため、他の特別な工程を経なくても空洞部72を減圧状態にすることができる。

【0055】

また、本実施形態の角速度センサ100では、振動部10は、基体1(例えばSOI基板)の半導体層4によって構成されるため、振動部10の厚さを薄くすることができる。これにより、例えば数十kHzという低い共振周波数で振動部10を駆動させて角速度を測定する角速度センサ100において、振動部10(より具体的にはビーム部14a, 14b)の長さを短くすることができる。即ち、例えば水晶を用いた角速度センサなどに比べて、本実施形態に係る角速度センサ100を小型化することができる。例えば、32kHz帯の共振周波数を用いる場合には、振動部10の厚みを20μm以下、振動部10の長さを2mm以下、角速度センサ100のパッケージ長さを3mm以下とすることができる。なお、32kHz帯の共振周波数とは、例えば16kHz～66kHzの範囲のものである。これは、32.768kHz用発振回路に分周回路を付加すると16.384kHzで駆動でき、32.768kHz用発振回路にフェイズロックループを付加すると65.536kHzで駆動できるためである。

【0056】

本実施形態に係る角速度センサ100の具体例としては以下の通りである。例えば、第1電極22, 32の厚みは0.1μm、圧電体層24, 34の厚みは1μm、第2電極26, 36の厚みは0.1μm、駆動部20および検出部30の厚みは1.2μm、半導体層4の厚みは2μm、ビーム部14a, 14bのビーム長さは800μm、ビーム幅は4μmである。振動部10は、長辺1mm、短辺10μmの空隙部4a内に収まっている。この構成の角速度センサ100について、有限要素法によって運動方程式を解いてシミュレーションすると、屈曲振動の共振周波数は32kHzとなった。また、角速度センサ100の感度をシミュレーションした結果、0.1mV/deg/secであった。

【0057】

また、本実施形態の角速度センサ100では、基体1としてSOI基板を用いて、絶縁層3上に半導体集積回路と角速度センサ100を混載して角速度センサモジュールを形成することができる。これにより、モジュールパッケージを小型化することができる。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態の角速度センサ 1 0 0 では、基体 1 として S O I 基板を用いて、絶縁層 3 上に発振回路と角速度センサ 1 0 0 を混載することができる。S O I 基板を用いたデバイスでは、動作電圧を低くすることができるため、本実施形態の角速度センサ 1 0 0 によれば、低消費電力のワンチップ角速度センサモジュールを提供することができる。

【 0 0 5 9 】

4 . 次に、本実施形態に係る角速度センサの変形例について、図面を参照しながら説明する。なお、上述した図 1 ~ 図 3 に示す角速度センサ 1 0 0 と異なる点について説明し、同様の点については説明を省略する。

【 0 0 6 0 】

(1) まず、第 1 の変形例について説明する。図 1 0 は、本変形例に係る角速度センサを概略的に示す平面図であり、図 1 1 は、本変形例に係る角速度センサを概略的に示す断面図である。なお、図 1 1 は、図 1 0 の X I - X I 線断面図である。

【 0 0 6 1 】

本変形例に係る角速度センサ (2 軸角速度センサ) では、1 つの基板 2 上に 2 つの角速度センサ 2 0 0 , 3 0 0 が形成されており、図 1 0 に示すような平面視において、第 1 角速度センサ 2 0 0 が第 2 角速度センサ 3 0 0 に対して、例えば 9 0 度回転した状態で配置されている。2 つの角速度センサ 2 0 0 , 3 0 0 のそれぞれは、上述した図 1 ~ 図 3 に示す角速度センサ 1 0 0 と同様の構成である。本変形例によれば、2 つの回転軸の角速度を測定することができる。即ち、図示の例では、第 1 角速度センサ 2 0 0 は、x 方向に沿った回転軸の角速度を、第 2 角速度センサ 3 0 0 は、y 方向に沿った回転軸の角速度を測定することができる。なお、第 1 角速度センサ 2 0 0 は、所望の方向に沿った回転軸の角速度を測定するために、平面視において、第 2 角速度センサ 3 0 0 に対して、所望の角度 (例えば 3 0 度 ~ 1 5 0 度) 回転した状態で配置されていても良い。

【 0 0 6 2 】

(2) 次に、第 2 の変形例について説明する。図 1 2 は、本変形例に係る角速度センサを概略的に示す平面図であり、図 1 3 は、本変形例に係る角速度センサを概略的に示す断面図である。なお、図 1 3 は、図 1 2 の X I I I - X I I I 線断面図である。

【 0 0 6 3 】

上述した第 1 の変形例に係る角速度センサでは、2 つの角速度センサ 2 0 0 , 3 0 0 におけるそれぞれの駆動部 2 0 および検出部 3 0 が、それぞれの多孔質層 8 0 および封止層 9 0 によって個別に密封されている場合について説明した。しかしながら、本変形例に係る角速度センサ (2 軸角速度センサ) では、2 つの角速度センサ 2 0 0 , 3 0 0 におけるそれぞれの駆動部 2 0 および検出部 3 0 が、1 つの多孔質層 8 0 および封止層 9 0 によってまとめて密封されている。即ち、2 つの角速度センサ 2 0 0 , 3 0 0 における多孔質層 8 0 と封止層 9 0 のそれぞれが、一体的に形成されており、共通化されている。従って、本変形例の角速度センサによれば、多孔質層 8 0 および封止層 9 0 を共通化することができるため、角速度センサをより一層小型化することができる。

【 0 0 6 4 】

(3) なお、上述した変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。

【 0 0 6 5 】

5 . 上記のように、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できよう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 6 】

【 図 1 】 本実施形態に係る角速度センサを概略的に示す平面図。

【 図 2 】 本実施形態に係る角速度センサを概略的に示す断面図。

【 図 3 】 本実施形態に係る角速度センサを概略的に示す断面図。

【 図 4 】 本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 5】本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 6】本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 7】本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 8】本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 9】本実施形態の角速度センサの一製造工程を概略的に示す断面図。

【図 10】本実施形態に係る角速度センサの第 1 の変形例を概略的に示す平面図。

【図 11】本実施形態に係る角速度センサの第 1 の変形例を概略的に示す断面図。

【図 12】本実施形態に係る角速度センサの第 2 の変形例を概略的に示す平面図。

【図 13】本実施形態に係る角速度センサの第 2 の変形例を概略的に示す断面図。

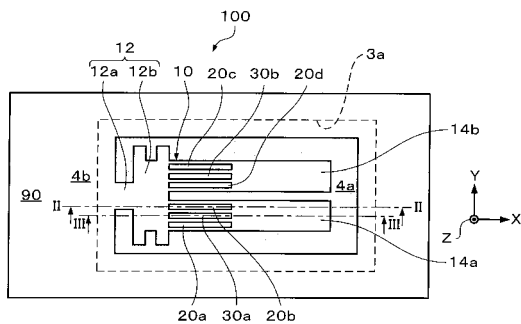
【符号の説明】

10

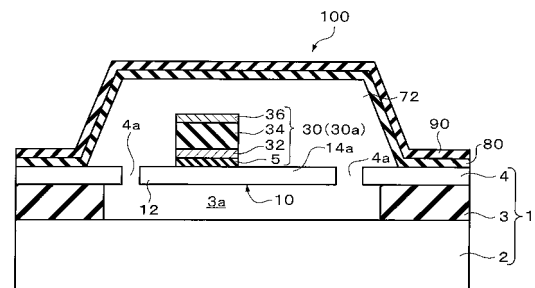
【 0 0 6 7 】

1 基体、2 基板、3 絶縁層、4 半導体層、5 下地層、10 振動部、12 支持部、14 ビーム部、20 駆動部、22 第 1 電極、24 圧電体層、26 第 2 電極、30 検出部、32 第 1 電極、34 圧電体層、36 第 2 電極、70 犠牲層、72 空洞部、80 多孔質層、90 封止層、100 角速度センサ、200 第 1 角速度センサ、300 第 2 角速度センサ

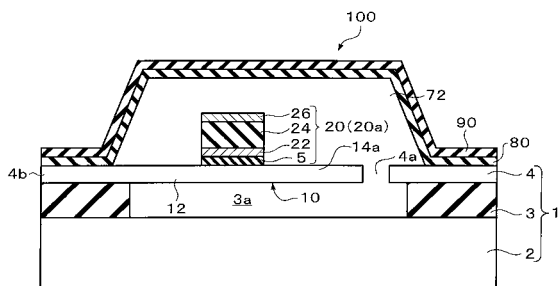
【図 1】



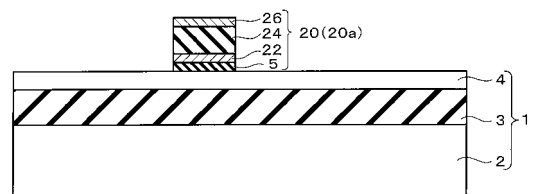
【図 3】



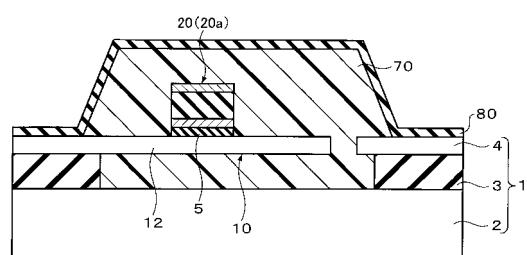
【図 2】



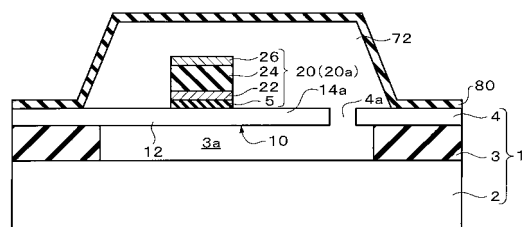
【図 4】



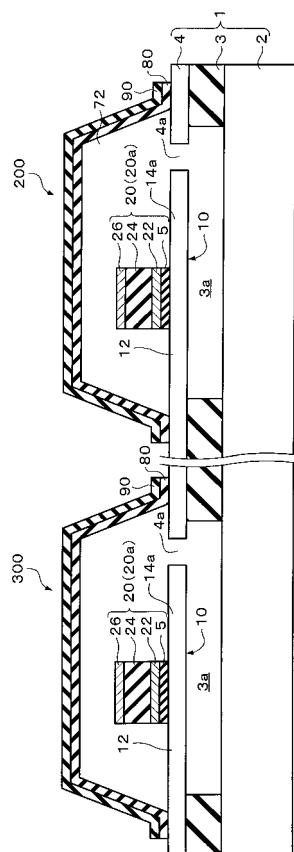
【圖 8】



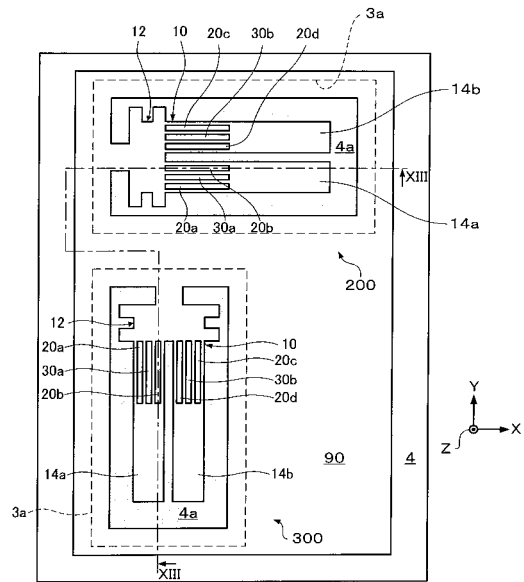
【圖 9】



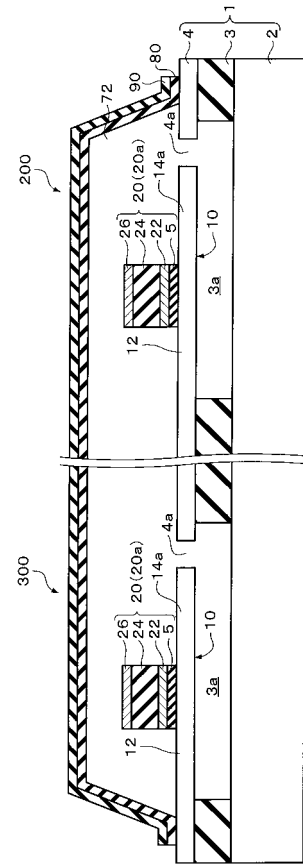
【 ㄨ 1 1 】



【図 12】



【図 13】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
H 0 1 L	41/22	(2006.01)	H 0 1 L 41/18	1 0 1 Z
			H 0 1 L 41/22	Z

(56)参考文献 特開平 0 8 - 0 8 3 8 3 9 (J P , A)
 特開平 0 7 - 1 9 3 0 5 2 (J P , A)
 特開昭 6 1 - 0 4 3 0 1 1 (J P , A)
 特開昭 6 4 - 0 7 1 1 3 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 2 6 3 9 0 2 (J P , A)
 特表 2 0 0 5 - 5 1 4 7 2 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 2 4 9 3 9 5 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 0 3 0 0 6 2 (J P , A)
 国際公開第 0 0 / 0 6 0 6 5 2 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 6 - 2 6 9 1 6 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 2 4 4 8 0 6 (J P , A)
 特開 2 0 0 6 - 1 4 5 4 2 0 (J P , A)
 特表 2 0 0 6 - 5 1 7 3 3 9 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
 G 0 1 C 1 9 / 5 6
 G 0 1 P 9 / 0 4
 H 0 1 L 2 1 , 2 7 , 2 9 , 4 1