

(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2012-172970

(P2012-172970A)

(43) 公開日 平成24年9月10日(2012.9.10)

|                                       |                     |             |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                          | F I                 | テーマコード (参考) |
| <b>G O 1 C</b> 19/5628 (2012.01)      | G O 1 C 19/56 1 2 8 | 2 F 1 0 5   |
| <b>H O 3 H</b> 9/02 (2006.01)         | H O 3 H 9/02 K      | 5 J 1 0 8   |
| <b>H O 3 H</b> 3/04 (2006.01)         | H O 3 H 3/04 B      |             |
| <b>H O 3 H</b> 9/19 (2006.01)         | H O 3 H 9/02 A      |             |
| <b>H O 1 L</b> 41/09 (2006.01)        | H O 3 H 9/19 A      |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 27 頁) 最終頁に続く |                     |             |

(21) 出願番号 特願2011-31711 (P2011-31711)  
 (22) 出願日 平成23年2月17日 (2011.2.17)

(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 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 奥村 洋一  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内  
 (72) 発明者 菊池 尊行  
 東京都日野市日野421-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内

最終頁に続く

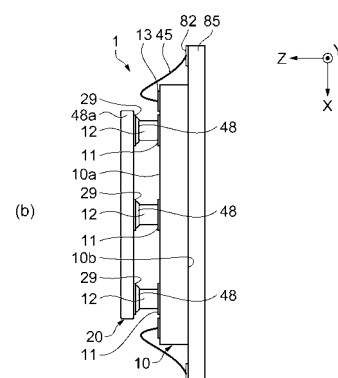
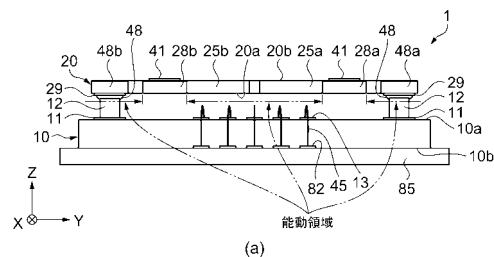
(54) 【発明の名称】 振動デバイス、振動デバイスの製造方法、モーションセンサー、および電子機器

## (57) 【要約】

【課題】振動素子のチューニングの際に用いるレーザー光による半導体基板の能動領域へのダメージを抑制し、電気的特性の安定した振動デバイスを提供する。

【解決手段】センサーデバイス1において、半導体基板としてのシリコン基板10は、能動面10a側に半導体素子を含んで構成される集積回路が形成された能動領域を有している。シリコン基板10上に振動ジャイロ素子20が配置されたセンサーデバイス1において、能動領域は、振動ジャイロ素子20の駆動用振動腕25a、25bの先端側の錘部28a、28b上に設けられた質量調整部としての錘電極41と平面視で重なる領域を回避して形成されている。これにより、錘電極41にレーザーを照射して周波数調整を行う際に、レーザーが能動面10aに到達したときに集積回路にダメージが加わるのを回避することができる。

【選択図】図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、  
振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、  
前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置されている振動デバイスであって、  
平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の振動デバイスにおいて、  
前記半導体基板の前記一方の主面側、且つ平面視で前記質量調整部と前記能動領域との間にガードリングが設けられていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 3】**

請求項 1 または請求項 2 に記載の振動デバイスにおいて、  
前記一方の主面と前記振動素子との間、且つ、平面視で前記質量調整部と重なる領域に、レーザー光の透過光を少なくとも減衰させることが可能な遮蔽膜が設けられていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 4】**

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の振動デバイスにおいて、  
前記半導体基板の前記一方の主面側に設けられている外部接続端子を備え、  
前記振動素子が、前記外部接続端子を介して前記半導体基板に保持されていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の振動デバイスにおいて、  
前記半導体基板と前記外部接続端子との間に応力緩和層が設けられていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 6】**

請求項 4 または請求項 5 に記載の振動デバイスにおいて、  
前記半導体基板の前記一方の主面側に設けられ、前記外部接続端子に電氣的に接続されている第 1 の電極を備え、  
前記第 1 の電極と前記外部接続端子との電氣的接続が、前記一方の主面側に設けられている再配置配線によってなされていることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 7】**

請求項 4 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載の振動デバイスにおいて、前記外部接続端子は、突起電極であることを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 8】**

請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の振動デバイスにおいて、  
前記振動素子の前記振動部が、駆動用振動部と、検出用振動部とを含むことを特徴とする振動デバイス。

**【請求項 9】**

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイスと、  
前記振動デバイスを収納するパッケージと、を備えていることを特徴とするモーションセンサー。

**【請求項 10】**

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイスと、  
複数の前記振動デバイスを収容するパッケージと、を備え、  
前記複数の振動デバイスは、前記各振動素子の主面同士の成す角度が略直角となるように前記パッケージ内に配置され収容されていることを特徴とするモーションセンサー。

**【請求項 11】**

請求項 10 に記載のモーションセンサーにおいて、  
少なくとも 1 つの前記振動素子の主面は、前記パッケージの外部部材に接続される被接続面と略平行であることを特徴とするモーションセンサー。

【請求項 12】

一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、  
振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、  
前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置され、平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されている振動デバイスの製造方法であって、

10

前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子を接続する振動素子接続工程と、  
前記振動素子接続工程の後で、前記質量調整部にレーザー光を照射することにより、前記振動部の共振周波数が所望の値となるように前記質量調整部の質量を調整する周波数調整工程と、を含むことを特徴とする振動デバイスの製造方法。

【請求項 13】

一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、  
振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、  
前記振動部は、駆動用振動部と、検出用振動部とを含み、

20

前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置され、平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されている振動デバイスの製造方法であって、

前記振動素子を前記半導体基板と接続する前に、前記駆動用振動部の前記質量調整部と、前記検出用振動部の前記質量調整部とに、レーザー光を照射して前記質量調整部の質量を調整することにより、前記駆動用振動部の屈曲振動周波数と、前記検出用振動部の屈曲振動周波数との差を補正する離調周波数調整工程と、

前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子を接続する振動素子接続工程と、  
前記振動素子接続工程の後で、前記駆動用振動部の前記質量調整部にレーザー光を照射することにより、前記振動素子が慣性力を受けていない状態において前記駆動用振動部を振動させたときに、前記検出用振動部が振動しないように前記駆動用振動部の前記質量調整部の質量を調整する周波数調整工程と、を含むことを特徴とする振動デバイスの製造方法。

30

【請求項 14】

請求項 1 ないし請求項 8 のいずれか一項に記載の振動デバイス、または請求項 9 ないし請求項 11 のいずれか一項に記載のモーションセンサーを備えていることを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動デバイス、振動デバイスの製造方法、振動デバイスを用いたモーションセンサー、およびこれらを用いた電子機器に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、加速度や角速度などをセンシングする振動デバイスとしてのセンサーデバイスにおいては、振動素子としてのセンサー素子と、該センサー素子を駆動する機能を有する回路素子とを備えたセンサーデバイスが知られている。

また、このようなセンサーデバイスとして、振動素子としてのジャイロ振動片と回路素子としての半導体装置（以下、半導体基板という）とを備えたセンサーデバイスがパッケージに収納された角速度センサー（ジャイロセンサー）が開示されている（例えば、特許文献 1 参照）。

50

この構成では、半導体基板が支持基板に固着され、支持基板に形成されたリード配線部と電氣的に接続されている。また、センサー素子（ジャイロセンサー素子）は、センサー素子と半導体基板との間に配置されたポリイミドフィルムに固着されたインナーリード部に接続されることによって、半導体基板と空隙を保ち、該半導体基板と平面視で重なるように配置されている。なお、インナーリード部は、ポリイミドフィルムに固着されるとともに支持基板に固着されている。

そして、センサー素子は、レーザー光などを用い、センサー素子の主面（表裏面）に形成された錘層（質量調整部）を除去するチューニング（周波数調整）が行われ、高精度の機能を有することとなる（例えば、特許文献１、特許文献２参照）。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２００７－２８１３４１号公報（図１）

【特許文献２】特開２００８－１５１６３３号公報（図１０）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

しかしながら、前述したセンサーデバイスの構成では、センサー素子のチューニングの際に用いるレーザー光が、錘層の除去とともにセンサー素子を透過し、半導体基板の能動面に達することがあった。半導体基板の能動面には、トランジスタやメモリ素子などの半導体素子や配線などを含んで構成される集積回路が形成された能動領域が含まれ、この能動領域にレーザー光が当たると、前記半導体素子や配線などにダメージを与えて半導体基板を故障させ、センサーデバイスが正常に動作しなくなる虞があるという課題があった。

20

【課題を解決するための手段】

【０００５】

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。

【０００６】

〔適用例１〕本適用例に係る振動デバイスは、一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置されている振動デバイスであって、平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されていることを特徴とする。

30

【０００７】

上記構成で、能動領域とは、半導体基板の一方の主面側（能動面側）において、回路素子および回路配線の少なくとも一方が形成されている領域のことである。

上記適用例によれば、質量調整部にレーザー光を照射することにより周波数調整を行う際に、レーザー光が振動素子を透過して半導体基板の一方の主面に到達した場合でも、能動領域にレーザー光が照射されるのを防ぐことができる。したがって、レーザー光によってトランジスタやメモリ素子などの半導体素子や配線などを含んで構成される集積回路が溶融して特性を損なうことなどを回避できる。

40

【０００８】

〔適用例２〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記半導体基板の前記一方の主面側、且つ平面視で前記質量調整部と前記能動領域との間にガードリングが設けられていることを特徴とする。

【０００９】

本適用例によれば、レーザー光による周波数調整時に、レーザー光が半導体基板の一方の主面に到達してしまった場合でも、ガードリングにより、レーザー光の熱が能動領域に伝搬するのを抑える効果を奏する。また、ガードリングを金属により形成した場合には、

50

レーザー光により能動面にチャージされた電荷が能動領域に広がるのを抑える効果を奏する遮蔽物になり得る。

したがって、上記適用例の能動領域の配置による効果に加えて、周波数調整用のレーザー光が半導体基板の能動領域に及ぼす悪影響を抑制する効果をより絶大に得ることができる。

【 0 0 1 0 】

〔適用例 3〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記一方の主面と前記振動素子との間、且つ、平面視で前記質量調整部と重なる領域に、レーザー光の透過光を少なくとも減衰させることが可能な遮蔽膜が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本適用例によれば、遮蔽膜によって、周波数調整時に一方の主面に到達するレーザー光が抑制されるので、レーザー光による能動領域への悪影響がより抑えられる。

【 0 0 1 2 】

〔適用例 4〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記半導体基板の前記一方の主面側に設けられている外部接続端子を備え、前記振動素子が、前記外部接続端子を介して前記半導体基板に保持されていることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

本適用例によれば、外部接続端子によって、半導体基板と振動素子との電気的な接続をはかるとともに、半導体基板上での振動素子の保持をはかることができるので、従来のように振動素子を支持するための支持基板を別途用意する必要がなく、また、低背化に有利な支持構造を得ることができる。

【 0 0 1 4 】

〔適用例 5〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記半導体基板と前記外部接続端子との間に応力緩和層が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この構成によれば、半導体基板と外部接続端子との間に設けられている応力緩和層によって、外部から加わる衝撃などが吸収され緩和されるので、振動デバイスの耐衝撃性を向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

〔適用例 6〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記半導体基板の前記一方の主面側に設けられ、前記外部接続端子に電気的に接続されている第 1 の電極を備え、前記第 1 の電極と前記外部接続端子との電気的接続が、前記一方の主面側に設けられている再配置配線によってなされていることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本適用例によれば、振動デバイスは、再配置配線によって外部接続端子の位置やその配列を自由（任意）に設計することができる。

【 0 0 1 8 】

〔適用例 7〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記外部接続端子は、突起電極であることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本適用例によれば、振動デバイスは、外部接続端子が突起電極であることから、センサー素子と半導体基板との間に隙間を設けることが可能となり、センサー素子と半導体基板との接触を回避することが可能となる。これにより、振動デバイスは、センサー素子の安定的な駆動を行うことが可能となる。

【 0 0 2 0 】

〔適用例 8〕上記適用例に記載の振動デバイスにおいて、前記振動素子の前記振動部が、駆動用振動部と、検出用振動部とを含むことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

本適用例によれば、半導体基板の能動領域にダメージを与えることなく、駆動用振動部と検出用振動部とのバランスチューニングを行うことができることにより、高感度を有す

10

20

30

40

50

る振動デバイスとしてのセンサーデバイスを提供することができる。

【 0 0 2 2 】

[ 適用例 9 ] 本適用例に記載のモーションセンサーは、上記適用例のいずれかに記載の振動デバイスと、前記振動デバイスを収納するパッケージと、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本適用例に記載のモーションセンサーによれば、上記適用例に記載の効果を奏する振動デバイスを備えたモーションセンサーを提供できる。加えて、モーションセンサーは、薄型化された振動デバイスを用いることから、薄型化を実現することが可能となる。

【 0 0 2 4 】

[ 適用例 1 0 ] 本適用例に記載のモーションセンサーは、上記適用例のいずれかに記載の振動デバイスと、複数の前記振動デバイスを収容するパッケージと、を備え、前記複数の振動デバイスは、前記各振動素子の主面同士の間角が略直角となるように前記パッケージ内に配置され収容されていることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

本適用例に記載のモーションセンサーによれば、上記適用例に記載の効果を奏する複数の振動デバイスを備えたモーションセンサーを提供できる。

また、モーションセンサーは、各振動デバイスが各センサー素子の主面同士の間角が略直角となるようにパッケージ内に配置され、収納されていることから、1つで、複数軸に対応したセンシングが可能となる。

【 0 0 2 6 】

[ 適用例 1 1 ] 上記適用例に記載のモーションセンサーにおいて、少なくとも1つの前記振動素子の主面は、前記パッケージの外部部材に接続される被接続面と略平行であることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

本適用例に記載のモーションセンサーによれば、1つのモーションセンサーで、パッケージの被接続面と略直交する軸を含む複数軸に対応したセンシングが可能となる。

【 0 0 2 8 】

[ 適用例 1 2 ] 本適用例に記載の振動デバイスの製造方法は、一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置され、平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されている振動デバイスの製造方法であって、前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子を接続する振動素子接続工程と、前記振動素子接続工程の後で、前記質量調整部にレーザー光を照射することにより、前記振動部の共振周波数が所望の値となるように前記質量調整部の質量を調整する周波数調整工程と、を含むことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

本適用例によれば、振動素子接続工程の後で、即ち、半導体基板の上方に振動素子を配置した状態で、質量調整部にレーザー光を照射することにより周波数調整を行った際に、レーザー光が振動素子の一方の主面に到達してしまった場合にも、レーザー光によってトランジスタやメモリー素子などの半導体素子や配線などを含んで構成される集積回路が溶融することなどにより、その特性を損なうことを回避することができる。

したがって、精緻な周波数調整がなされていることにより優れた振動特性を有するとともに、高信頼性を備えた振動デバイスを製造することができる。

【 0 0 3 0 】

[ 適用例 1 3 ] 本適用例に記載の振動デバイスの製造方法は、一方の主面に能動領域を含んでいる半導体基板と、振動部、および、前記振動部に設けられている質量調整部、を含む振動素子と、を備え、前記振動部は、駆動用振動部と、検出用振動部とを含み、前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子が配置され、平面視で、前記半導体基板上、且つ、前記能動領域とは異なる領域に、前記質量調整部が配置されている振動デバイス

10

20

30

40

50

の製造方法であって、前記振動素子を前記半導体基板と接続する前に、前記駆動用振動部の前記質量調整部と、前記検出用振動部の前記質量調整部とに、レーザー光を照射して前記質量調整部の質量を調整することにより、前記駆動用振動部の屈曲振動周波数と、前記検出用振動部の屈曲振動周波数との差を補正する離調周波数調整工程と、前記半導体基板の前記一方の主面側に前記振動素子を接続する振動素子接続工程と、前記振動素子接続工程の後で、前記駆動用振動部の前記質量調整部にレーザー光を照射することにより、前記振動素子が慣性力を受けていない状態において前記駆動用振動部を振動させたときに、前記検出用振動部が振動しないように前記駆動用振動部の前記質量調整部の質量を調整する周波数調整工程と、を含むことを特徴とする。

【0031】

10

本適用例によれば、半導体基板の能動領域にダメージを与えることなく、駆動用振動部と検出用振動部との周波数特性のバランスが精緻に調整された、高信頼性を有する振動デバイスとしてのセンサーデバイスを製造することができる。

【0032】

[適用例14] 本適用例に記載の電子機器は、上記適用例のいずれかに記載の振動デバイス、または上記適用例のいずれかに記載のモーションセンサーを備えていることを特徴とする。

【0033】

本適用例に記載の電子機器によれば、電気的特性の安定した、加えて小型、薄型の電子機器を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】振動デバイスとしてのセンサーデバイスの一実施形態の概略構成を示す模式図であり、振動素子としての振動ジャイロ素子側（上側）から俯瞰した平面図。

【図2】センサーデバイスの一実施形態の概略構成を示す模式図であり、（a）は、図1の矢印F側からみた側面図、（b）は、図1の矢印S側から見た側面図。

【図3】センサーデバイスのシリコン基板を上側から俯瞰した平面図。

【図4】振動ジャイロ素子の動作を説明する模式平面図。

【図5】振動ジャイロ素子の動作を説明する模式平面図。

【図6】第1実施形態のセンサーデバイスの製造工程を示すフローチャート。

30

【図7】第1実施形態のセンサーデバイスの製造工程で用いる振動ジャイロ素子ウェハーを上側から俯瞰した平面図。

【図8】センサーデバイスの変形例1の概略構成の一部を拡大して示す模式図であり、（a）は、上側からみた部分拡大平面図、（b）は、（a）の正断面図。

【図9】センサーデバイスの変形例2の概略構成を示す模式図であり、振動ジャイロ素子側（上側）から俯瞰した平面図。

【図10】センサーデバイスの変形例2の概略構成を示す模式図であり、図9のB-B線断面図。

【図11】（a）、（b）は、センサーデバイスの変形例3の概略構成のバリエーションを模式的に示す正断面図。

40

【図12】第2実施形態のモーションセンサーの概略構成を示す模式図であり、（a）は平面図、（b）は正断面図。

【図13】（a）～（c）は、センサーデバイス、およびモーションセンサーを搭載した電子機器の概略を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0035】

以下、本発明を具体化した実施形態について図面に従って説明する。

【0036】

（第1実施形態）

図1および図2は、第1実施形態にかかる振動デバイスとしてのセンサーデバイスの概

50

略構成を示す模式図であり、図 1 は、振動素子としての振動ジャイロ素子側（上側）から俯瞰した平面図、図 2（a）は、図 1 の矢印 F 側からみた側面図、図 2（b）は、図 1 の矢印 S 側から見た側面図である。また、図 3 は、センサーデバイスのシリコン基板を上側から俯瞰した平面図である。

【0037】

図 1 および図 2 に示すように、振動デバイスとしてのセンサーデバイス 1 は、半導体基板としてのシリコン基板 10 と、振動素子としての振動ジャイロ素子（ジャイロ振動片）20 と、ベース基板 85 と、ワイヤー 45 と、を備えている。

【0038】

振動ジャイロ素子 20 は、圧電材料である水晶を基材（主要部分を構成する材料）として形成されている。水晶は、電気軸と呼ばれる X 軸、機械軸と呼ばれる Y 軸及び光学軸と呼ばれる Z 軸を有している。

そして、振動ジャイロ素子 20 は、水晶結晶軸において直交する X 軸及び Y 軸で規定される平面に沿って切り出されて平板状に加工され、平面と直交する Z 軸方向に所定の厚みを有している。なお、所定の厚みは、発振周波数（共振周波数）、外形サイズ、加工性などにより適宜設定される。

【0039】

また、振動ジャイロ素子 20 を成す平板は、水晶からの切り出し角度の誤差を、X 軸、Y 軸及び Z 軸の各々につき多少の範囲で許容できる。例えば、X 軸を回転軸として 0 度から 5 度の範囲で回転して切り出したものを使用することができる。Y 軸及び Z 軸についても同様である。

振動ジャイロ素子 20 は、フォトリソグラフィー技術を用いたエッチング（ウェットエッチングまたはドライエッチング）により形成されている。なお、振動ジャイロ素子 20 は、1 枚の水晶ウェハーから複数個取りすることが可能である。

【0040】

図 1 に示すように、本実施形態の振動ジャイロ素子 20 は、ダブル T 型と呼ばれる構成となっている。

振動ジャイロ素子 20 は、中心部分に位置する基部 21 と、基部 21 から Y 軸に沿って延伸された振動部としての 1 対の検出用振動腕 22a, 22b と、検出用振動腕 22a, 22b と直交するように、基部 21 から X 軸に沿って延伸された 1 対の連結腕 23a, 23b と、検出用振動腕 22a, 22b と平行になるように、各連結腕 23a, 23b の先端側から Y 軸に沿って延伸された振動部としての各 1 対の駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b とを備えている。

さらに、振動ジャイロ素子 20 は、基部 21 から Y 軸に沿って延伸された複数（本例では 4 本）の保持腕 47 と、保持腕 47 から延設された 2 つの素子接続部 48a, 48b とを備えている。

【0041】

また、振動ジャイロ素子 20 は、検出用振動腕 22a, 22b に、図示しない検出電極が形成され、駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b に、図示しない駆動電極が形成されている。

振動ジャイロ素子 20 は、検出用振動腕 22a, 22b で、角速度を検出する検出振動系を構成し、連結腕 23a, 23b と駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b とで、振動ジャイロ素子 20 を駆動する駆動振動系を構成している。

【0042】

また、検出用振動腕 22a, 22b のそれぞれの先端部には、幅広形状を成す錘部 26a, 26b が形成されている。同様に、駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b のそれぞれの先端部には、幅広形状を成す錘部 27a, 27b, 28a, 28b が形成されている。

錘部 26a, 26b, 27a, 27b, 28a, 28b のそれぞれの面上には、質量調整部としての錘電極 41 が形成されている。

10

20

30

40

50

これらの構成を用いることにより、振動ジャイロ素子 20 は、小型化および角速度の検出感度の向上が図られている。

また、錘電極 41 が形成された錘部 26a, 26b, 27a, 27b, 28a, 28b は、振動ジャイロ素子 20 の周波数調整の際に利用される。即ち、各振動腕の錘部 26a, 26b, 27a, 27b, 28a, 28b にレーザーを照射する方法などにより、錘電極 41 の一部を除去して質量を変化（減少）させて各振動腕の周波数を変化（上昇）させることにより、所望の周波数に調整することができる（詳細は後述する）。

#### 【0043】

図 1 ~ 図 3 に示すように、シリコン基板 10 は、能動面 10a 側にトランジスタやメモリ素子などの半導体素子、及び、回路配線を含んで構成される集積回路（図示せず）が形成された能動領域を有している。この能動領域に形成された集積回路には、振動ジャイロ素子 20 を駆動振動させるための駆動回路と、角速度が加わったときに振動ジャイロ素子 20 に生じる検出振動を検出する検出回路とが備えられている。

#### 【0044】

本発明では、半導体基板としてのシリコン基板 10 上に振動素子としての振動ジャイロ素子 20 が配置されたセンサーデバイス 1 において、能動領域が、振動ジャイロ素子 20 の質量調整部と平面視で重ならない領域となっている。具体的には、図 3 に示すシリコン基板 10 の能動面 10a においてドットの網掛けにて図示している能動領域は、上方に配置される振動ジャイロ素子 20 の質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域と異なる領域となっており、前記錘電極 41 と平面視で重なる領域は能動領域と異なる非能動領域となっている。換言すると、センサーデバイス 1 において、シリコン基板 10 の能動面 10a に形成する集積回路は、質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域を回避して形成されている。

このように、シリコン基板 10 の能動面 10a において、振動ジャイロ素子 20 の質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域を非能動領域とすることにより、錘電極 41 にレーザーを照射して周波数調整を行う際に、レーザーが振動ジャイロ素子 20 を透過して能動面 10a に到達したときに、能動領域の集積回路にダメージが加わるのを回避することができる。

なお、本実施形態のセンサーデバイス 1 では、シリコン基板 10 の能動面 10a において、振動ジャイロ素子 20 の振動腕のうち、駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b の質量調整部としての錘電極 41 を含む錘部 27a, 27b, 28a, 28b と平面視で重なる領域を非能動領域としている。ここで、検出用振動腕 22a, 22b の錘部 26a, 26b に設けられた質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域を能動領域に含めているのは、検出用振動腕 22a, 22b の周波数調整（離調周波数調整）を実施するのが、後述するように、シリコン基板 10 上に接合する前の振動ジャイロ素子 20 単独の状態の時であるためである。仮に、シリコン基板 10 上に振動ジャイロ素子 20 を接合した後で検出用振動腕 22a, 22b の周波数調整を行う必要がある場合には、シリコン基板 10 の能動面 10a の、検出用振動腕 22a, 22b の錘部 26a, 26b、若しくは錘部 26a, 26b に設けられた錘電極 41 と平面視で重なる領域を非能動領域とする構成にすることができる。

また、本実施形態では、シリコン基板 10 の能動面 10a において、各駆動用振動腕 24a, 24b, 25a, 25b の錘電極 41 を含む錘部 27a, 27b, 28a, 28b と平面視で重なる領域を非能動領域としている。非能動領域は、少なくとも質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域を含めばよいが、本実施形態では、製造マージンを考慮してこのようにしている。

#### 【0045】

シリコン基板 10 は、能動面 10a 側に設けられた第 1 の電極 11 を有している。第 1 の電極 11 は、シリコン基板 10 の集積回路に直接導通して形成されたものである。また、能動面 10a 上には、パッシベーション膜となる第 1 絶縁膜が形成されており（不図示）、この第 1 絶縁膜には、第 1 の電極 11 上に開口部（不図示）が形成されている。

このような構成によって第 1 の電極 11 は、開口部内にて外側に露出した状態となっている。

【0046】

図 1 および図 2 に示すように、上記第 1 絶縁膜の開口部内に露出した第 1 の電極 11 上には、外部接続端子 12 が配設されている。この外部接続端子 12 は、例えば、Au スタッドバンプで形成された突起電極となっている。なお、外部接続端子 12 は、Au スタッドバンプの他に銅、アルミやはんだボールなど他の導電性材料にて形成することもできる。

このような構成のもとに、シリコン基板 10 に形成された集積回路は、第 1 の電極 11 および外部接続端子 12 を介して振動ジャイロ素子 20 と電氣的に接続されるようになっている。

10

この際、センサーデバイス 1 は、外部接続端子 12 が突起電極となっていることから、振動ジャイロ素子 20 とシリコン基板 10 との間に隙間が設けられる。

【0047】

また、シリコン基板 10 に形成された集積回路には、第 1 の電極 11 以外に図示しない他の電極が形成されている。この他の電極には図示しない配線が接続され、その配線を介して、上記第 1 絶縁膜の開口部内にて外部に露出する接続用端子 13 と接続されている。

接続用端子 13 は、電氣的、あるいは機械的な接続を成すためのパッド状のものであって、例えば、金 (Au)、アルミニウム (Al) などの金属が用いられたワイヤー (ボンディングワイヤー) 45 などの接続部材によって、外部基板 (ベース基板 85) と接続される。

20

なお、本例では、接続用端子 13 とベース基板 85 との接続にワイヤー 45 を用いる構成で説明したが、ワイヤー 45 に替えてフレキシブル配線基板 (FPC: Flexible Printed Circuits) を用いて接続することもできる。

【0048】

第 1 の電極 11、他の電極、接続用端子 13 は、チタン (Ti)、窒化チタン (TiN)、アルミニウム (Al)、銅 (Cu)、または、これらを含む合金などによって形成されている。特に接続用端子 13 については、ワイヤーボンディングの際の接合性を高めるため、その表面にニッケル (Ni)、金 (Au) のメッキを施しておくのが好ましい。

このようにすることで、特にさびによる接触性、接合性の低下を防止することができる。

30

また、ハンダメッキ、ハンダブリコートなどの最表面処理を施したものとしてもよい。

【0049】

また、第 1 絶縁膜は、酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )、窒化珪素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) などの無機絶縁材料によって形成することができる。この他の第 1 絶縁膜を形成する材料としては、例えばポリイミド樹脂、シリコーン変性ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン変性エポキシ樹脂、アクリル樹脂、フェノール樹脂、BCB (benzocyclobutene) 及び PBO (polybenzoxazole) などの樹脂を用いることができる。

【0050】

シリコン基板 10 の能動面 10a と対向する面側 (非能動面 10b 側) には、ベース基板 85 が図示しない接着剤などの接合部材により接合 (接続) されている。

40

ベース基板 85 は、例えばセラミック基板のような絶縁性材料で形成されており、シリコン基板 10 と接合される接続面には接続部 82 が形成され、この接続部 82 には、金 (Au)、銀 (Ag) などの金属被膜が形成されている。

そして、接続部 82 とシリコン基板 10 に形成された接続用端子 13 とがワイヤー 45 によって接続されている。

【0051】

なお、ベース基板 85 は、板状の基板、周囲に側壁を有し中央部が凹形状のパッケージ (収納容器) を例示することができる。

ベース基板 85 が板状の基板である場合は、ベース基板 85 上に接続されたシリコン基板 10 や振動ジャイロ素子 20 などは、ベース基板 85 に接続される図示しない金属製キ

50

ャップなどにより気密的に封止される。

また、ベース基板 8 5 が、周囲に側壁を有し中央部が凹形状のパッケージ（収納容器）である場合は、パッケージ内に収納されたシリコン基板 1 0 や振動ジャイロ素子 2 0 などは、パッケージの外壁に開口面に接合される図示しない金属製リッドなどを用いて気密的に封止される。

#### 【 0 0 5 2 】

振動ジャイロ素子 2 0 は、平面視において、シリコン基板 1 0 と重なるようにシリコン基板 1 0 の能動面 1 0 a 側に配置されている。

なお、振動ジャイロ素子 2 0 は、基部 2 1 及び各振動腕の表裏面を主面とする。ここでは、基部 2 1 において外部と電氣的に接続する面を一方の主面 2 0 a といい、一方の主面 2 0 a と対向する面を他方の主面 2 0 b という。

10

#### 【 0 0 5 3 】

振動ジャイロ素子 2 0 の素子接続部 4 8 a , 4 8 b の一方の主面 2 0 a には、上記各検出電極、各駆動電極から引き出された、接続電極としての引き出し電極 2 9 が形成されており、各引き出し電極 2 9 とシリコン基板 1 0 の外部接続端子 1 2 とが、導電性接着剤 4 8 によって電氣的及び機械的に接続されている。

これにより、振動ジャイロ素子 2 0 は、シリコン基板 1 0 に保持されている。

#### 【 0 0 5 4 】

〔振動ジャイロ素子の動作〕

ここで、センサデバイス 1 の振動ジャイロ素子 2 0 の動作について説明する。

20

図 4 及び図 5 は、振動ジャイロ素子の動作を説明する模式平面図である。図 4 は駆動振動状態を示し、図 5 ( a )、図 5 ( b ) は、角速度が加わった状態における検出振動状態を示している。

なお、図 4 及び図 5 において、振動状態を簡易に表現するために、各振動腕は線で表しており、保持腕 4 7 および接続部は省略している。

#### 【 0 0 5 5 】

図 4 において、振動ジャイロ素子 2 0 の駆動振動状態を説明する。

まず、シリコン基板 1 0 の集積回路（駆動回路）から駆動信号が印加されることにより、振動ジャイロ素子 2 0 は角速度が加わらない状態において、駆動用振動腕 2 4 a , 2 4 b , 2 5 a , 2 5 b が矢印 E で示す方向に屈曲振動を行う。この屈曲振動は、実線で示す振動姿態と 2 点鎖線で示す振動姿態とを所定の周波数で繰り返している。

30

#### 【 0 0 5 6 】

次に、この駆動振動を行っている状態で、振動ジャイロ素子 2 0 に Z 軸回りの角速度  $\omega$  が加わると、振動ジャイロ素子 2 0 は、図 5 に示すような振動を行う。

まず、図 5 ( a ) に示すように、駆動振動系を構成する駆動用振動腕 2 4 a , 2 4 b , 2 5 a , 2 5 b 及び連結腕 2 3 a , 2 3 b には、矢印 B 方向のコリオリ力が働く。また同時に、検出用振動腕 2 2 a , 2 2 b は、矢印 B 方向のコリオリ力に呼応して、矢印 C 方向に変形する。

#### 【 0 0 5 7 】

その後、図 5 ( b ) に示すように、駆動用振動腕 2 4 a , 2 4 b , 2 5 a , 2 5 b 及び連結腕 2 3 a , 2 3 b には、矢印 B ' 方向に戻る力が働く。また同時に、検出用振動腕 2 2 a , 2 2 b は、矢印 B ' 方向の力に呼応して、矢印 C ' 方向に変形する。

40

振動ジャイロ素子 2 0 は、この一連の動作を交互に繰り返して新たな振動が励起される。

なお、矢印 B , B ' 方向の振動は、重心 G に対して周方向の振動である。そして、振動ジャイロ素子 2 0 は、検出用振動腕 2 2 a , 2 2 b に形成された検出電極が、振動により発生した水晶の歪を検出することで角速度が求められる。

#### 【 0 0 5 8 】

（センサデバイスの製造方法）

ここで、第 1 実施形態のセンサデバイス 1 の製造方法について説明する。

50

なお、本実施形態では、図 1 に示すセンサーデバイス 1 において、ベース基板 8 5 とし  
て凹部を有するパッケージを用いて、そのパッケージ内にセンサーデバイス 1 を接合し蓋  
体により封止する態様のセンサーデバイスの製造方法を説明する。

図 6 は、センサーデバイスの製造工程を示すフローチャートであり、図 7 は、センサー  
デバイスの製造工程で用いる振動ジャイロ素子用ウェハーを上側から俯瞰した平面図であ  
る。

#### 【 0 0 5 9 】

図 6 に示すように、センサーデバイス 1 の製造方法は、ベース基板 8 5 を準備する工程  
( ベース基板準備工程 S 1 ) と、シリコン基板 1 0 を形成する工程 ( シリコンウェハー製  
造工程 S 2 - 1、ダイシング工程 S 2 - 2 ) と、振動ジャイロ素子 2 0 を形成する工程 ( 10  
外形形成工程 S 3 - 1、電極形成工程 S 3 - 2 ) と、振動ジャイロ素子 2 0 の各振動腕の  
屈曲振動周波数の差を補正する離調周波数調整工程 S 3 - 3 と、振動ジャイロ素子 2 0 を  
振動ジャイロ素子用ウェハー 2 から個片化するブレイク工程 S 3 - 4 と、シリコン基板 1  
0 をベース基板 8 5 に接合して電氣的に接続するシリコン基板接続工程 S 4 と、シリコン  
基板 1 0 上に振動ジャイロ素子 2 0 を接合して電氣的に接続する振動ジャイロ素子接続工  
程 S 5 と、センサーデバイス 1 における振動ジャイロ素子 2 0 の周波数を所望の値に調整  
する周波数調整工程 S 6 と、を含んでいる。

#### 【 0 0 6 0 】

##### [ ベース基板準備工程 ]

まず、セラミック基板などで形成されたベース基板 8 5 を準備する。ベース基板 8 5 の  
一面には、シリコン基板 1 0 との電氣的接続を行うための接続部 8 2 が形成されている ( 20  
ステップ S 1 )。

#### 【 0 0 6 1 】

##### [ シリコン基板形成工程 ]

次に、シリコン基板 1 0 を形成する工程について説明する。

シリコン基板 1 0 は、半導体製造プロセスを用いて、シリコンウェハーに複数一括して  
形成する。この工程において、シリコンウェハーに形成される各シリコン基板 1 0 の能動  
面 1 0 a 上の、集積回路の導電部となる位置に、第 1 の電極 1 1、接続用端子 1 3、及び  
図示しない他の電極を形成する。

#### 【 0 0 6 2 】

ついで、第 1 の電極 1 1 及び他の電極を覆ってシリコン基板 1 0 上に第 1 絶縁膜を形成  
する。

ついで、周知のフォトリソグラフィ法及びエッチング法によって第 1 の電極 1 1 及び  
他の電極を覆う第 1 絶縁膜の一部を除去し、開口部を形成する。これにより、これら開口  
部内に第 1 の電極 1 1、他の電極、および接続用端子 1 3 を露出させる。

接続用端子 1 3 については、その表面にニッケル ( Ni )、金 ( Au ) のメッキを施す  
ことにより、ワイヤーボンディングの際の接合性を高めておく。なお、ハンダメッキ、ハ  
ンダブリコートなどの最表面処理を施したものとしてもよい。

ついで、第 1 の電極 1 1 上に、Au スタッドバンプで形成された外部接続端子 1 2 を形  
成する。なお、外部接続端子 1 2 は、Au スタッドバンプの他に銅、アルミ ( Al ) やは  
んだボール、はんだペーストの印刷など他の導電性材料にて形成することもできる ( ステ  
ップ S 2 - 1 )。

#### 【 0 0 6 3 】

次に、シリコンウェハーに複数個取りされて形成されたシリコン基板 1 0 を個片化する  
ために、ダイシング装置などによってダイシング ( 切断 ) する ( ステップ S 2 - 2 )。

#### 【 0 0 6 4 】

##### [ シリコン基板接続工程 ]

ついで、シリコン基板 1 0 の非能動面 1 0 b 側を、ベース基板 8 5 の接続部 8 2 の形成  
されている一面に接着剤などの接合部材 ( 図示せず ) を介して接合する。

ついで、シリコン基板 1 0 の接続用端子 1 3 とベース基板 8 5 の接続部 8 2 とを、ワイ

10

20

30

40

50

ヤーボンディング法によりワイヤー 45 を用いて接続する（ステップ S 4）。

【0065】

〔振動ジャイロ素子形成工程〕

ついで、前述した構成にて振動ジャイロ素子 20 を形成する。

振動ジャイロ素子 20 は、図 7 に示す振動ジャイロ素子用ウェハー 2 を用いて多数個取りにて形成することができる。

まず、振動ジャイロ素子用ウェハー 2 にフォトリソグラフィ技術を用いたエッチングにより複数の振動ジャイロ素子 20 の外形を形成する（ステップ S 3 - 1）。

ついで、フォトリソグラフィ技術を用いたスパッタリングや蒸着により、振動ジャイロ素子に、駆動電極、検出電極、引き出し電極 29 などの電極や配線を形成する。この電極形成工程にて、振動ジャイロ素子 20 の駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の錘部 27 a, 27 b, 28 a, 28 b、および、検出用振動腕 22 a, 22 b の錘部 26 a, 26 b に質量調整部としての錘電極 41 を同時に形成することができる（ステップ S 3 - 2）。

【0066】

〔離調周波数調整工程〕

ついで、レーザー光を用いて振動ジャイロ素子 20 の離調周波数調整を行う。

離調周波数調整工程では、検出用振動腕 22 a, 22 b と、駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b との屈曲振動周波数の差をみて、その差を補正するバランス調整（チューニング）を行うものであり、振動ジャイロ素子用ウェハー 2 の状態で行うことができる。

チューニングは、振動ジャイロ素子 20 の錘部 26 a, 26 b, 27 a, 27 b, 28 a, 28 b のそれぞれに形成された錘電極 41 に、集光されたレーザー光を照射して行う。レーザー光が照射された錘電極 41 は、レーザー光のエネルギーによりその一部が熔融、蒸発する。この錘電極 41 の熔融、蒸発により、検出用振動腕 22 a, 22 b、駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の質量が変化する。これによって、検出用振動腕 22 a, 22 b、駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の共振周波数が変化する。各振動腕のバランス調整（チューニング）を行うことができる（ステップ S 3 - 3）。

【0067】

〔振動ジャイロ素子ブレイク工程〕

ついで、振動ジャイロ素子用ウェハー 2 をブレイクして個片の振動ジャイロ素子 20 を得る個片化を行う。個片化は、ステップ S 3 - 1 の外形形成工程にて振動ジャイロ素子用ウェハー 2 の振動ジャイロ素子 20 の外形の一部の連結部分にミシン目や溝を形成しておくことにより、そのミシン目や溝に沿ってブレイクすることによって行うことができる（ステップ S 3 - 4）。

【0068】

〔振動ジャイロ素子接続工程〕

ついで、振動ジャイロ素子 20 をシリコン基板 10 に載置し、シリコン基板 10 の外部接続端子 12 と、振動ジャイロ素子 20 の素子接続部 48 a, 48 b の一方の主面 20 a に形成された引き出し電極 29 とを接続する（ステップ S 5）。

【0069】

〔周波数調整工程〕

ついで、レーザー光を用いて振動ジャイロ素子 20 の周波数調整（バランスチューニング）を行う。

バランスチューニングは、振動ジャイロ素子 20 の各振動腕のうち、駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の錘部 27 a, 27 b, 28 a, 28 b のそれぞれに形成された錘電極 41 に、上記ステップ S 3 - 3 の離調周波数調整と同様に、集光されたレーザー光を照射して行う。レーザー光が照射された錘電極 41 は、レーザー光のエネルギーにより熔融、蒸発し、その質量変化により駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の

10

20

30

40

50

共振周波数が変化させることによって、各振動腕のバランス調整（チューニング）を行うことができる（ステップS6）。具体的には、センサーデバイス1（振動ジャイロ素子20）が回転していない状態において駆動用振動腕24a, 24b, 25a, 25bを励振して振動させたときに、検出用振動腕22a, 22bが振動しないように各駆動用振動腕24a, 24b, 25a, 25bの錘電極41（質量調整部）の質量調整による周波数調整を行う。

#### 【0070】

このとき、錘電極41を溶融、蒸発させたレーザー光が、振動ジャイロ素子20を透過することがあるが、本例の構成では、シリコン基板10の能動面10aにおいて、駆動用振動腕24a, 24b, 25a, 25bの錘部27a, 27b, 28a, 28bと平面視で重なる領域とは異なる領域を能動領域としている。これにより、レーザー光によって、トランジスタやメモリー素子などの半導体素子や配線などを含んで構成される集積回路が溶融して特性が損なわれることを回避することができる。

10

なお、本実施形態のセンサーデバイス1の製造方法において、半導体基板としてのシリコン基板10上に振動ジャイロ素子20を配置してから行う周波数調整（ステップS6）では、駆動用振動腕24a, 24b, 25a, 25bのみ質量調整を行うことによりバランス調整を行う構成について説明している。上述したとおり、検出用振動腕22a, 22bの錘部26a, 26bと平面視で重なる領域は、能動領域に含めているが、シリコン基板10上に振動ジャイロ素子を配置する振動ジャイロ接続工程（ステップS5）の後で、検出用振動腕22a, 22bの錘部26a, 26bの質量調整（周波数調整）が必要な場合は、錘部26a, 26bと平面視で重なる領域も非能動領域とする必要がある。

20

#### 【0071】

##### 〔封止工程〕

ついで、ベース基板（パッケージ）85上に蓋体としてのリッドを接合することにより、シリコン基板10および振動ジャイロ素子が接合されたベース基板85の凹部を封止する。例えば、金属製のリッド（蓋体）を、鉄（Fe）-ニッケル（Ni）合金等からなるシールリングを介してシーム溶接することにより接合することができる。このとき、必要に応じて、ベース基板85の凹部とリッドとにより形成されるキャビティを減圧空間、または不活性ガス雰囲気にして密閉・封止することができる（ステップS7）。

また、別のリッド接合方法としては、リッドをはんだ等の金属ろう材を介してベース基板85上に接合したり、または、ガラス製のリッドを用いて、低融点ガラス等でベース基板85上に接合することもできる。

30

#### 【0072】

##### 〔ベーキング工程、特性検査工程〕

ついで、封止された状態のセンサーデバイス1を、所定温度のオーブンに所定時間投入するベーキングを行う（ステップS8）。

そして、電気特性検査や外観検査などの特性検査を行って、規格外の不良品を取り除き（ステップS9）、一連のセンサーデバイス1の製造工程が終了する。

#### 【0073】

上述したように、第1実施形態のセンサーデバイス1は、シリコン基板10の能動面10aにおいて、駆動用振動腕24a, 24b, 25a, 25bの錘部27a, 27b, 28a, 28bと平面視で重なる領域とは異なる領域を能動領域としている。これにより、振動ジャイロ素子接続工程（ステップS5）の後で行う周波数調整工程（ステップS6）において、錘電極41を溶融、蒸発させたレーザー光が、振動ジャイロ素子20を透過してシリコン基板10の能動面10aに到達した場合にも、レーザー光によってトランジスタやメモリー素子などの半導体素子や配線などを含んで構成される集積回路が溶融して特性を損なうことを回避することができる。

40

#### 【0074】

また、第1実施形態のセンサーデバイス1は、シリコン基板10の外部接続端子12と振動ジャイロ素子20とが、従来のようなリード線などを介さず直接的に接続する構成と

50

なっている。これにより、センサーデバイス 1 は、リード線の撓み量を考慮した空隙が不要となることから、従来の構成と比較して、厚さを低減することが可能となる。上記構成は、更なる薄型を要求されるセンサーデバイスにおいて、特に好適である。

【0075】

また、センサーデバイス 1 の製造方法は、上記の効果を奏するセンサーデバイス 1 を製造し、提供することができる。

【0076】

なお、接続電極としての引き出し電極 29 は、素子接続部 48a, 48b 以外の部分、例えば基部 21 の主面 20a に形成されていてもよい。

なお、この形態は、以降の実施形態にも適用される。

10

【0077】

(変形例 1)

図 8 を用いて、センサーデバイスの変形例 1 について説明する。図 8 は、センサーデバイスの変形例 1 の概略構成の一部を拡大して示す模式図であり、(a) は、上側からみた部分拡大平面図、(b) は、(a) の正断面図である。なお、本変形例にかかるセンサーデバイスは、上記第 1 実施形態の構成と能動領域と非能動領域との境界部分に新たな構成を加えた点異なるものである。よって、シリコン基板の上方に配置される振動ジャイロ素子、および、シリコン基板が載置されるベース基板は図示を省略している。また、上記第 1 実施形態との共通部分については、同一符号を付して説明を省略し、上記第 1 実施形態と異なる部分を中心に説明する。

20

【0078】

図 8 に示すように、本変形例 1 のセンサーデバイス 120 のシリコン基板 110 には、能動面 110a 側にトランジスタやメモリ素子などの半導体素子を含んで構成される集積回路(不図示)が形成された能動領域を有している。この能動領域は、上記第 1 実施形態のセンサーデバイス 1 と同様に、上方に配置される振動ジャイロ素子 20 の質量調整部、即ち、駆動用振動腕の先端に設けられた質量調整部としての錘電極を含む錘部と平面視で重ならない領域に設けられている。

ここで、シリコン基板 110 の能動面 110a において、駆動用振動腕の錘部(質量調整部)と平面視で重なる領域を、非能動領域と呼ぶ。

【0079】

30

本変形例 1 のセンサーデバイス 120 において、能動領域と、上記非能動領域との間には、ガードリング 40 が設けられている。

以下、ガードリング 40 構造の一例について説明する。

シリコン基板 110 の能動面 110a 上には、第 1 絶縁膜 111 が形成されている。また、第 1 絶縁膜 111 上には、第 1 層間絶縁膜 112、配線 18、第 2 層間絶縁膜 113、およびパッシベーション膜となる第 2 絶縁膜 114 が順次積層されている。アルミや銅などからなる配線 18 は能動領域に形成され、図示しない第 1 の電極あるいはシリコン基板 110 に形成されたトランジスタやメモリ素子などの半導体素子と接続されている。

【0080】

40

第 1 絶縁膜 111 と第 1 層間絶縁膜 112 との間にはベースガードリング 31 が形成され、ベースガードリング 31 から第 1 絶縁膜 111 を貫通して能動面 110a に接するベース貫通ガードリング 30 が形成されている。

また、第 1 層間絶縁膜 112 と第 2 層間絶縁膜 113 との間には、ガードリング 33 が形成され、ガードリング 33 から第 1 層間絶縁膜 112 を貫通してベースガードリング 31 に全周を接する貫通ガードリング 32 が形成されている。

さらに、第 2 層間絶縁膜 113 と第 2 絶縁膜 114 との間にはガードリング 35 が形成され、ガードリング 35 から第 2 層間絶縁膜 113 を貫通してガードリング 33 と全周を接する貫通ガードリング 34 が形成されている。

これらベースガードリング 31、ガードリング 33, 35、貫通ガードリング 32, 3

50

4により構成されたガードリング40は、上記非能動領域と能動領域との間に、上記非能動領域を囲むような形状にて形成されている。

【0081】

ガードリング40の形成材料には、例えば、アルミニウム(A1)、タングステン(W)、銅(Cu)などの金属の他に、ポリシリコンなどを用いることができるが、本変形例1のガードリング40は、金属材料を用いて形成することが好ましい。

【0082】

上述した変形例1のセンサーデバイス120によれば、振動ジャイロ素子の質量調整部と平面視で重なる領域(非能動領域)と、能動領域との間に、金属材料を用いて形成されたガードリング40が設けられている。

10

これにより、振動ジャイロ素子接続工程(ステップS5)後にレーザー光により周波数調整を行う際に、質量調整部としての錘電極41を熔融、蒸発させたレーザー光が、振動ジャイロ素子20を透過してシリコン基板110の能動面110aの上記非能動領域に到達した場合に、レーザー光の熱が能動領域に伝搬するのを抑える効果とともに、レーザーによるチャージされた電荷が能動領域に広がるのを抑える効果を奏する遮蔽物になる。よって、例えば、メモリー素子に格納されているデータの不要な書き換えを抑制することが可能である。

したがって、本変形例1のセンサーデバイス120によれば、上記実施形態のセンサーデバイス1の効果に加えて、周波数調整用のレーザー光が半導体基板としてのシリコン基板の能動領域に及ぼす悪影響を抑制する効果をより絶大に得ることができる。

20

【0083】

(変形例2)

次に、図9および図10を用いて、センサーデバイスの変形例2について説明する。

図9および図10は、センサーデバイスの変形例2の概略構成を示す模式図であり、図9は、シリコン基板側(上側)から俯瞰した平面図、図10は、図9のB-B線断面図である。

なお、本変形例2にかかるセンサーデバイスは、上記第1実施形態の構成のうち、シリコン基板と振動ジャイロ素子との接合構造が異なるものであるもので、上記第1実施形態との共通部分については、同一符号を付して説明を省略し、上記第1実施形態と異なる部分を中心に説明する。また、図9および図10では、シリコン基板を載置するベース基板は図示を省略している。

30

【0084】

図9および図10に示すように、本変形例2のセンサーデバイス60は、能動面10a側に応力緩和層15が設けられたシリコン基板100と、そのシリコン基板100上に接合された振動ジャイロ素子20と、を備えている。

【0085】

シリコン基板100は、能動面10a側に設けられた第1の電極11と、第1の電極11に電氣的に接続されて能動面10a側に設けられた外部接続端子12と、能動面10aと外部接続端子12との間に設けられた応力緩和層15と、能動面10a側に設けられた接続用端子13とを備えている。

40

【0086】

第1の電極11は、シリコン基板100の集積回路に直接導通して形成されたものである。また、能動面10a上には、パッシベーション膜となる第1絶縁膜14が形成されており、この第1絶縁膜14には、第1の電極11上に開口部14aが形成されている。

このような構成によって第1の電極11は、開口部14a内にて外側に露出した状態となっている。

【0087】

第1絶縁膜14上には、第1の電極11や他の電極を避けた位置に、絶縁樹脂からなる応力緩和層15が形成されている。

また、応力緩和層15上には、再配置配線としての配線16が形成されている。配線1

50

6は、応力緩和層15を貫通して設けられたビアホール14bによって、第1絶縁膜14の開口部14a内にて第1の電極11と接続されている。この配線16は、集積回路の電極の再配置を行うためのもので、シリコン基板100の所定部に配置された第1の電極11からビアホール14bを介して中央部側に延びて形成されている。

この配線16は、シリコン基板100の第1の電極11と外部接続端子12との間を配線することから、一般的には再配置配線とよばれ、微細設計によって位置の制約が大きい第1の電極11に対して、外部接続端子12の位置を任意にずらして配置し、シリコン基板100における振動ジャイロ素子20との接続位置の自由度を高めるための重要な構成要素である。

#### 【0088】

シリコン基板100上に振動ジャイロ素子20が配置されたセンサーデバイス60において、図9のシリコン基板100の能動面10aにドットの網掛けで示した能動領域は、上方に配置される振動ジャイロ素子20の質量調整部としての錘電極41と平面視で重なる領域を非能動領域として画定され、シリコン基板100の能動面10aに形成する集積回路は、質量調整部としての錘電極41と平面視で重なる領域である非能動領域を回避して形成されている。

#### 【0089】

なお、シリコン基板100の能動面10a側には、配線16や応力緩和層15上に樹脂からなる耐熱性の第2絶縁膜を形成する構成としてもよい。第2絶縁膜は、ソルダーレジストでもよい。この第2絶縁膜には、応力緩和層15上に配線16上に開口部を形成することにより、配線16が開口部内にて外側に露出した状態とすることができる。

#### 【0090】

そして、露出した配線16上には、外部接続端子12が配設されている。この外部接続端子12は、例えば、Auスタッドバンプで形成された突起電極となっている。なお、外部接続端子12は、Auスタッドバンプの他に銅、アルミやはんだボールなど他の導電性材料にて形成することもできる。

このような構成のもとに、シリコン基板100に形成された集積回路は、第1の電極11、配線16、外部接続端子12を介して振動ジャイロ素子20と電氣的に接続されるようになっている。

この際、センサーデバイス60は、外部接続端子12が突起電極となっていることから、振動ジャイロ素子20とシリコン基板100との間に隙間が設けられる。

#### 【0091】

また、シリコン基板100に形成された集積回路には、第1の電極11以外に図示しない他の電極が形成されている。この他の電極は、第1の電極11の場合と同様に、再配置配線が接続され、接続用端子13と接続されている。

#### 【0092】

振動ジャイロ素子20の素子接続部48a, 48bの一方の主面20aに形成され、上記各検出電極、各駆動電極から引き出された接続電極としての引き出し電極29と、シリコン基板100の外部接続端子12とが、導電性接着剤48によって電氣的及び機械的に接続されている。

これにより、振動ジャイロ素子20は、シリコン基板100に保持されている。

#### 【0093】

上述したように、本変形例2のセンサーデバイス60は、シリコン基板100の能動面10a側に設けられた応力緩和層15を介して第1の電極11と電氣的に接続された外部接続端子12と、振動ジャイロ素子20の基部21の引き出し電極29とが接続されている。

これらにより、センサーデバイス60は、シリコン基板100と外部接続端子12との間に設けられている応力緩和層15によって、外部から加わる衝撃などが吸収され緩和される。

#### 【0094】

この結果、センサーデバイス 60 は、外部から加わる衝撃などが振動ジャイロ素子 20 に伝達され難くなることから、シリコン基板 100 の外部接続端子 12 と振動ジャイロ素子 20 とが、従来のようなリード線などを介さず直接的に接続することが可能となる。

したがって、センサーデバイス 60 は、従来の構成と比較して、厚さを低減することが可能となる。

#### 【0095】

また、センサーデバイス 60 は、第 1 の電極 11 と外部接続端子 12 との電氣的接続が、シリコン基板 100 の能動面 10 a 側に設けられた再配置配線（配線 16 など）によってなされていることから、再配置配線によって外部接続端子 12 の位置やその配列を自由（任意）に設計することができる。

10

#### 【0096】

また、上記第 1 実施形態のセンサーデバイス 1 と同様に、センサーデバイス 60 は、外部接続端子 12 が突起電極であることから、振動ジャイロ素子 20 とシリコン基板 100 との間に隙間を設けることが可能となり、振動ジャイロ素子 20 とシリコン基板 100 との接触を回避することが可能となり、振動ジャイロ素子 20 の安定的な駆動を行うことが可能となる。

#### 【0097】

##### （変形例 3）

次に、図 11 を用いて、センサーデバイスの変形例 3 について説明する。

図 11（a）および（b）は、センサーデバイスの変形例 3 の概略構成のバリエーションを模式的に示す正断面図である。具体的には、図 11（a）は、図 10 と同じ断面を示し、図 11（b）は、図 2（a）と同じ断面を示している。

20

なお、本変形例 3 にかかるセンサーデバイスは、上記第 1 実施形態および上記変形例 2 の構成のうち、シリコン基板と振動ジャイロ素子との間に遮蔽層を設ける点が異なるものである。そのため、上記第 1 実施形態および上記変形例 2 との共通部分については、同一符号を付して説明を省略し、上記第 1 実施形態および上記変形例 2 と異なる部分を中心に説明する。また、図 11 では、シリコン基板を載置するベース基板は図示を省略している。

#### 【0098】

まず、本変形例 3 のセンサーデバイスのバリエーションのうち、上記変形例 2 のセンサーデバイス 60 をベースにしたバリエーションを説明する。

30

図 11（a）に示す本変形例 3 のセンサーデバイス 90 の一つのバリエーションは、上記変形例 2 のセンサーデバイス 60 と同一の構成を有している。即ち、センサーデバイス 90 は、能動面 10 a 側に応力緩和層 15 が設けられたシリコン基板 100' と、そのシリコン基板 100' 上に接合された振動ジャイロ素子 20 と、を備えている。応力緩和層 15 上には、再配置配線としての配線 16 が形成されている。配線 16 は、応力緩和層 15 を貫通して設けられたビアホール 14 b によって第 1 の電極 11 と接続されている。

#### 【0099】

シリコン基板 100' 上に振動ジャイロ素子 20 が配置されたセンサーデバイス 90 において、シリコン基板 100' の能動面 10 a の能動領域は、上方に配置される振動ジャイロ素子 20 の質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域（非能動領域）を回避して形成されている。

40

#### 【0100】

さらに、本変形例 3 のシリコン基板 100' と振動ジャイロ素子 20 との間の非能動領域と平面視で重なる領域に、即ち、振動ジャイロ素子 20 の駆動用振動腕 24 a, 24 b, 25 a, 25 b の質量調整部としての錘電極 41 が設けられた錘部 27 a, 27 b, 28 a, 28 b（図 1、図 2、図 9、図 10 を参照）と平面視で重なる領域を含む領域には、レーザー光を遮蔽可能な遮蔽膜 70 が設けられている。ここでいう「レーザー光を遮蔽可能な」とは、レーザー光を完全に遮断するというのではなく、一定の弱さに減衰させるものを含む。

図 11（a）のセンサーデバイス 90 においては、遮蔽膜 70 は、応力緩和層 15 上に

50

設けられている。

遮蔽膜 70 は、上述のような位置に設けられることにより、応力緩和層 15 やシリコン基板 100' の能動面 10a に対するレーザー光の遮蔽効果を生じることになる。

#### 【0101】

また、遮蔽膜 70 は、配線 16 などの再配置配線と同一工程にて形成することができる。

さらに、金属などの導電体により形成された遮蔽膜 70 は、図示しないビアホールなどを介してグランド (GND) 電位に接続することができる。このようにすれば、電源、或いは導体基板の能動領域に形成されている配線などに対して伝搬するノイズをグランド (GND) 電位に接続された遮蔽膜 70 によって遮蔽することができるため、安定した電源電位の供給を行うこと、或いはノイズによる半導体基板の電気的特性への影響を抑制する効果を奏する。

#### 【0102】

ついで、図 11 (b) に示す本変形例 3 のセンサーデバイス 90 の他のバリエーションは、上記第 1 実施形態のセンサーデバイス 1 と同一の構成をベースとして有している。即ち、センサーデバイス 90' は、シリコン基板 10' の能動面 10a に形成された第 1 の電極 11 上に外部接続端子 12 が配設され、この外部接続端子 12 と、振動ジャイロ素子 20 の引き出し電極 29 とが位置合わせされ、電氣的に接続されている。シリコン基板 10' の能動面 10a の能動領域は、上方に配置される振動ジャイロ素子 20 の質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域 (非能動領域) を回避して形成されている。

#### 【0103】

さらに、本変形例 3 のシリコン基板 10' と振動ジャイロ素子 20 との間の非能動領域と平面視で重なる領域には、レーザー光を遮蔽可能な遮蔽膜 70 が設けられている。なお、図示はしないが、シリコン基板 10' の能動面 10a 上にはパッシベーション膜となる第 1 絶縁膜が形成されており、遮蔽膜 70 はその第 1 絶縁膜上に設けられる。

#### 【0104】

上述のように、本変形例 3 のセンサーデバイス 90、センサーデバイス 90' によれば、シリコン基板 100' またはシリコン基板 10' の能動面 10a において、振動ジャイロ素子 20 の質量調整部としての錘電極 41 と平面視で重なる領域を非能動領域として、半導体素子を含んで構成される集積回路を形成しないようにしているとともに、能動面 10a の非能動領域にレーザー光を遮蔽可能な遮蔽膜を設けている。

遮蔽膜 70 は、上述のような位置に設けられることにより、応力緩和層 15 やシリコン基板 100' の能動面 10a に対するレーザー光の遮蔽効果を生じるので、非能動領域にレーザー光が到達した場合に発生し得る熱や電荷が、能動領域に伝搬して半導体回路の誤動作を引き起こしたり、破損したりする不具合を回避することができる。

#### 【0105】

(第 2 実施形態)

図 12 は、第 2 実施形態のモーションセンサーとしてのジャイロセンサーの概略構成を示す模式図である。図 12 (a) は、ジャイロセンサーをパッケージ上面から俯瞰した平面図であり、図 12 (b) は、(a) の正断面図である。

なお、図 12 (a) では、リッドを便宜上省略してある。また、上記第 1 実施形態との共通部分については、同一符号を付して説明を省略する。

#### 【0106】

図 12 に示すように、モーションセンサーとしてのジャイロセンサー 150 は、3 つのセンサーデバイス (以下、センサーデバイス 1A、センサーデバイス 1B、センサーデバイス 1C と称すが、上記第 1 実施形態で説明したセンサーデバイス 1 と同一である) と、各センサーデバイスを内部に収納する略直方体形状のパッケージ 80 と、を有し、センサーデバイス 1A、センサーデバイス 1B、センサーデバイス 1C がパッケージ 80 の内部に配置され収納されている。

なお、各センサーデバイス 1A、1B、1C は、後述するように、互いの主面どうしが

所定の角度を有してジャイロセンサー 150 内に収容させる必要がある。このため、各センサーデバイス 1A, 1B, 1C のベース基板 85 には、パッケージ 80 の凹部内で所定の角度でセンサーデバイスを載置できるように形成された保持基板 85a, 85b, 85c が装着されている。

【0107】

パッケージ 80 は、底面 93 と壁面 91, 92 とを含む内面を有する凹部が形成されている。この凹部は、センサーデバイス 1A、センサーデバイス 1B、センサーデバイス 1C の収納後、リッド（蓋体）94 によって覆われる。

パッケージ（パッケージベース）80 は、セラミックグリーンシートを成形して積層し、焼成した酸化アルミニウム質焼結体などが用いられている。また、リッド 94 には、コ

10

【0108】

センサーデバイス 1A は、振動ジャイロ素子 201 の一方の主面 20a（図 2 参照、以下参照の記載は省略する）または他方の主面 20b（図 2 参照、以下参照の記載は省略する）と、パッケージ 80 の凹部の底面 93 とが、略平行になるようにパッケージ 80 の底面 93 に固定、接続されている。そして、センサーデバイス 1A は、図示しないパッケージ内部電極と電氣的に接続されている。

【0109】

他の 2 つのセンサーデバイス 1B, 1C は、それぞれの振動ジャイロ素子 202, 203 の一方の主面 20a または他方の主面 20b 同士の成す角度が略直角となるように、パ

20

ッケージ 80 の内部に配置され収納されている。センサーデバイス 1B は、パッケージ 80 の壁面 91 に固定、接続され、センサーデバイス 1C は、パッケージ 80 の壁面 92 に固定、接続されている。2 つのセンサーデバイス 1B, 1C も、図示しないパッケージ内部電極と電氣的に接続されている。

なお、パッケージ内部電極は、パッケージ 80 の外部に設けられた外部電極（図示せず）と電氣的に接続されている。外部電極、内部電極は、タングステン（W）などのメタライズ層に、ニッケル（Ni）、金（Au）などの各被膜をメッキなどにより積層した金属被膜からなる。

【0110】

ジャイロセンサー 150 は、各センサーデバイス 1A, 1B, 1C が、パッケージ 80 の内部に上記のように配置され収納された状態で、リッド 94 がシームリング、低融点ガラスなどの接合部材によってパッケージ 80 の上面に接合される。

30

これにより、パッケージ 80 の内部は、気密に封止される。なお、パッケージ 80 の内部は、各センサーデバイスの振動ジャイロ素子 201, 202, 203 の振動が阻害されないように、真空状態（真空度が高い状態）、または、不活性ガス雰囲気中に保持されていることが好ましい。

【0111】

ここで、ジャイロセンサー 150 の動作について概略を説明する。

ここでは、パッケージ 80 の底面 93 が、互いに直交する 3 軸である X' 軸、Y' 軸、Z' 軸に対して、X' 軸及び Y' 軸と平行で、Z' 軸と直交しているものとする。

40

これにより、外力などによってジャイロセンサー 150 の姿勢が変化し、角速度が加わった場合、振動ジャイロ素子 201 の一方の主面 20a または他方の主面 20b とパッケージ 80 の底面 93 とが、略平行になるようにパッケージ 80 の内部に収納されているセンサーデバイス 1A は、振動ジャイロ素子 201 の一方の主面 20a または他方の主面 20b と Z' 軸とが略直交していることから、Z' 軸回りに対する角速度を検出する。

【0112】

一方、振動ジャイロ素子 202, 203 の一方の主面 20a または他方の主面 20b 同士の成す角度が略直角となるとともに、各振動ジャイロ素子 202, 203 の一方の主面 20a または他方の主面 20b とセンサーデバイス 1A の振動ジャイロ素子 201 の一方の主面 20a または他方の主面 20b との成す角度が略直角となるように、パッケージ 8

50

0 の内部に収納されている 2 つのセンサーデバイス 1 B , 1 C は、一方が、振動ジャイロ素子 2 0 2 の一方の主面 2 0 a または他方の主面 2 0 b と X ' 軸とが略直交していることから、X ' 軸回りに対する角速度を検出し、他方が、振動ジャイロ素子 2 0 3 の一方の主面 2 0 a または他方の主面 2 0 b と Y ' 軸とが略直交していることから、Y ' 軸回りに対する角速度を検出する。

【 0 1 1 3 】

これらにより、ジャイロセンサー 1 5 0 は、互いに直交する 3 軸である X ' 軸、Y ' 軸、Z ' 軸回りに対する角速度を、1 つのジャイロセンサー 1 5 0 で検出することができる。

このことから、ジャイロセンサー 1 5 0 は、撮像機器の手ぶれ補正や、GPS ( Global Positioning System ) 衛星信号を用いた移動体ナビゲーションシステムにおける車両などの姿勢検出、姿勢制御などに好適に用いられる。

【 0 1 1 4 】

また、ジャイロセンサー 1 5 0 は、上記第 1 実施形態に記載のセンサーデバイスを用いているため、上記第 1 実施形態に記載のセンサーデバイスと同等の効果を有している。すなわち、ジャイロセンサー 1 5 0 は、電気的特性の安定した小型、薄型化を実現することが可能となる。

【 0 1 1 5 】

なお、上記第 2 実施形態のモーションセンサーとしてのジャイロセンサー 1 5 0 では、3 つのセンサーデバイス 1 A , 1 B , 1 C を用いた例で説明したが、センサーデバイスの数はこれに限らず、1 つ以上であればよい。例えば、センサーデバイスを、1 つ用いれば、1 軸方向の角速度の検出が可能であり、例えば、2 つのセンサーデバイスを用いれば、異なる 2 軸方向の角速度の検出が可能となる。

【 0 1 1 6 】

( 電子機器 )

以下、上記センサーデバイス、およびモーションセンサーを搭載した電子機器について、図 1 3 を参照して説明する。図 1 3 ( a ) ~ ( c ) は、センサーデバイス、およびモーションセンサーを搭載した電子機器について説明するための概略図である。

【 0 1 1 7 】

図 1 3 ( a ) は、携帯電話への適用例である。携帯電話 2 3 0 は、アンテナ部 2 3 1 、音声出力部 2 3 2 、音声入力部 2 3 3 、操作部 2 3 4 、及び表示部 2 0 0 を備えており、図示しない制御回路部に上記センサーデバイス、およびモーションセンサーが搭載されている。

図 1 3 ( b ) は、ビデオカメラへの適用例である。ビデオカメラ 2 4 0 は、受像部 2 4 1 、操作部 2 4 2 、音声入力部 2 4 3 、及び表示部 2 0 0 を備えており、図示しない制御回路部に上記センサーデバイス、およびモーションセンサーが搭載されている。

図 1 3 ( c ) は、情報携帯端末 ( PDA : Personal Digital Assistant ) への適用例である。情報携帯端末 4 0 0 は、複数の操作ボタン 4 0 1 及び電源スイッチ 4 0 2 、および表示部 2 0 0 を備えており、図示しない制御回路部に上記センサーデバイス、およびモーションセンサーが搭載されている。

【 0 1 1 8 】

このように搭載されているセンサーデバイス、およびモーションセンサーは、小型であるとともに安定した電気特性を有しており、電子機器の小型化、特性の安定化に寄与することができる。

【 0 1 1 9 】

なお、上記センサーデバイス、およびモーションセンサーが搭載される電子機器としては、図 1 3 に示すものの他、ゲーム機、ゲーム機端末、デジタルスチールカメラ、カーナビゲーション装置、ワークステーション、テレビ電話などが挙げられる。そして、これらの各種電子機器のモーションセンシング機能を果たす部材として好適である。

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

以上、発明者によってなされた本発明の実施の形態について具体的に説明したが、本発明は上記した実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることが可能である。

#### 【0121】

例えば、上記実施形態および変形例では、振動素子としての振動ジャイロ素子形成材料として、結晶X軸及び結晶Y軸で規定される平面に沿って切り出された水晶を用いた例を説明したが、他の切り出し角度の水晶を用いても良い。また、水晶以外の圧電体材料を用いることができる。例えば、窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ ) や、ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ )、タンタル酸リチウム ( $\text{LiTaO}_3$ )、チタン酸ジルコン酸鉛 ( $\text{PZT}$ )、四ほう酸リチウム ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )、ランガサイト ( $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ ) などの酸化物基板や、ガラス基板上に窒化アルミニウムや五酸化タンタル ( $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) などの圧電体材料を積層させて構成された積層圧電基板、あるいはジルコン酸チタン酸鉛 ( $\text{Pb}(\text{Zr}_x, \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ ) などの圧電セラミックスを用いることができる。

10

また、圧電体材料以外の材料を用いて振動片を形成することができる。例えば、シリコン半導体材料などを用いて振動素子を形成することもできる。

また、振動素子の駆動振動の励振方式や検出振動の検出方式は、圧電効果によるものだけに限らない。静電気力 (クーロン力) を用いた静電駆動型や、磁力を利用したローレンツ駆動型などの振動片においても、本発明の構成およびその効果を発揮させることができる。

#### 【0122】

20

また、振動素子としての振動ジャイロ素子の形状は、上記実施形態および変形例で説明した所謂ダブルT型に限らない。音叉型、H型音叉、あるいは、MEMSジャイロのように櫛歯電極で静電検出する振動素子においても、本発明の半導体基板の能動領域の配置によれば、上述した実施形態および変形例に記載したものと同様な効果を得ることができる。

#### 【0123】

また、本発明のセンサーデバイスを利用したモーションセンサーは、上記第2実施形態で説明した角速度を検出するジャイロセンサー150に限らない。角速度の他に、角加速度、加速度、力、温度、磁気など、種々の物理量を検出するセンサー素子に利用することができる。

30

#### 【0124】

また、本発明のセンサーデバイスやモーションセンサーに用いる振動素子は、上記実施形態および変形例で説明した振動ジャイロ素子20などのセンサー素子に限らず、例えば、発振器などに用いられる共振子であってもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0125】

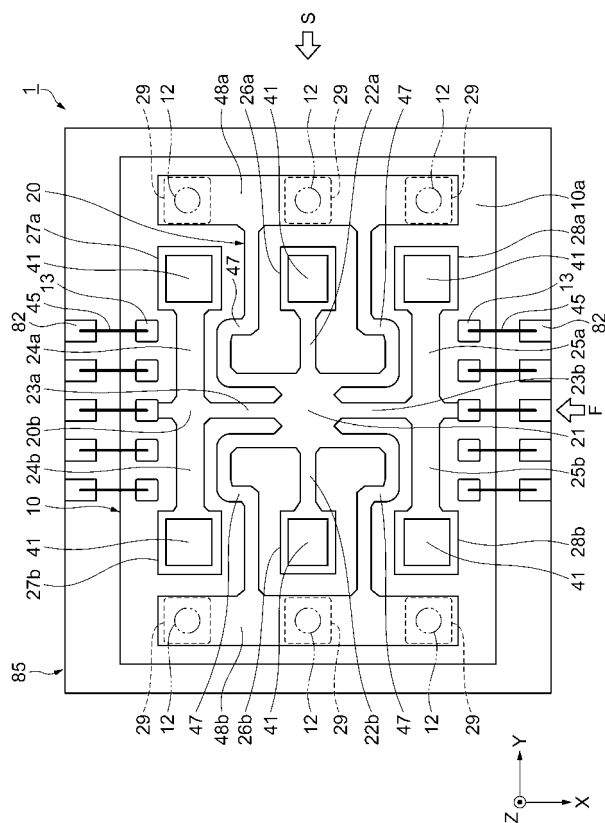
1, 1A, 1B, 1C, 60, 90, 90', 120... センサーデバイス、2... 振動ジャイロ素子用ウェハー、10, 10', 100, 100', 110... 半導体基板としてのシリコン基板、10a, 110a... 能動面、10b... 非能動面、11... 第1の電極、12... 外部接続端子、13... 接続用端子、14... 第1絶縁膜、14a... 開口部、14b... ピアホール、15... 応力緩和層、16, 18... 配線、20, 201, 202, 203... 振動素子としての振動ジャイロ素子、20a... 一方の主面、20b... 他方の主面、21... 基部、22a, 22b... 検出用振動腕、23a, 23b... 連結腕、24a, 24b, 25a, 25b... 駆動用振動腕、26a, 26b, 27a, 27b, 28a, 28b... 錘部、29... 接続電極としての引き出し電極、30... ベース貫通ガードリング、31... ベースガードリング、32, 34... 貫通ガードリング、33, 35, 40... ガードリング、41... 質量調整部としての錘電極、45... ワイヤー、47... 保持腕、48... 導電性接着剤、48a, 48b... 素子接続部、70... 遮蔽膜、80... パッケージ、82... 接続部、85... ベース基板、85a... 保持基板、91, 92... 壁面、93... 底面、94... 蓋体としてのリッド、111... 第1絶縁膜、112... 第1層間絶縁膜、113... 第2層間絶縁膜、114... 第2絶縁

40

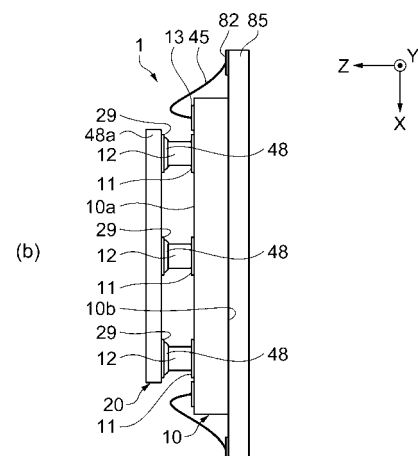
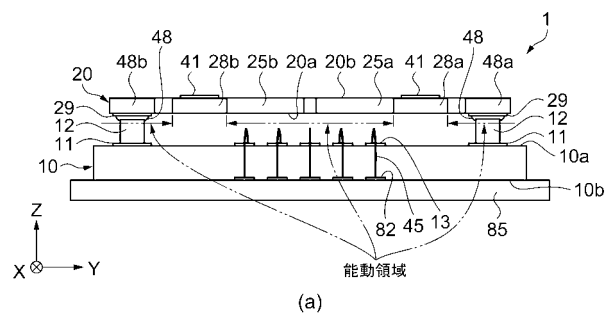
50

膜、１５０…モーションセンサーとしてのジャイロセンサー、２００…表示部、２３０…電子機器としての携帯電話、２３１…アンテナ部、２３２…音声出力部、２３３…音声入力部、２３４…操作部、２４０…電子機器としてのビデオカメラ、２４１…受像部、２４２…操作部、２４３…音声入力部、４００…電子機器としての情報携帯端末、４０１…複数の操作ボタン、４０２…電源スイッチ。

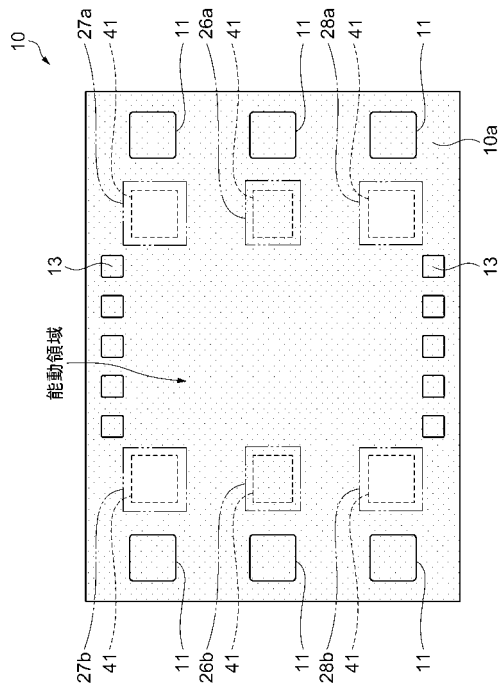
【図１】



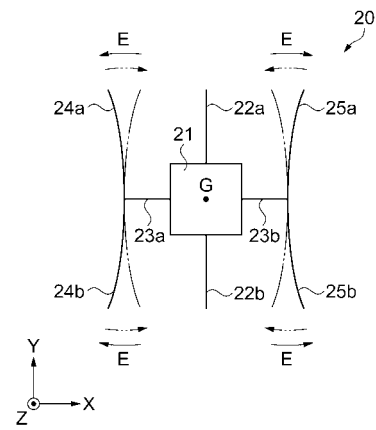
【図２】



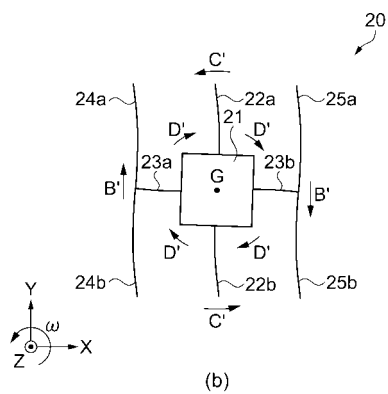
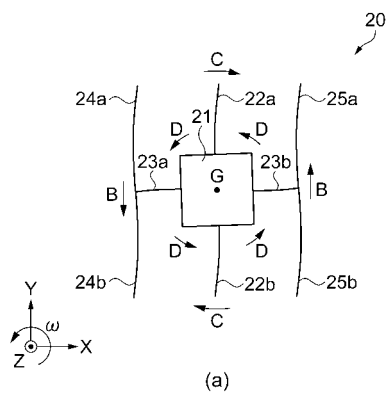
【図 3】



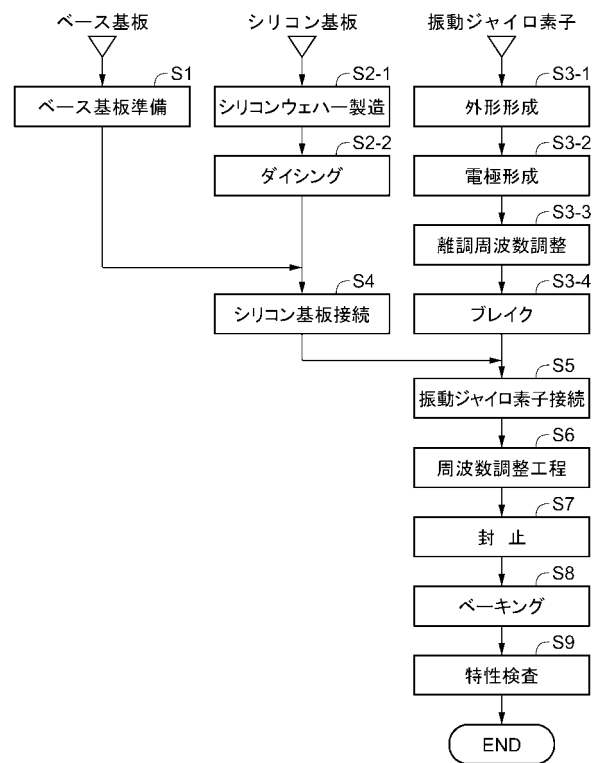
【図 4】



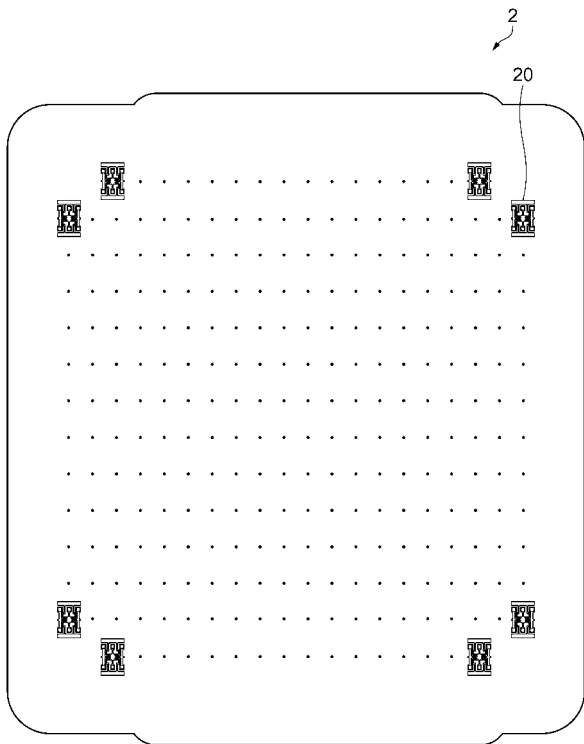
【図 5】



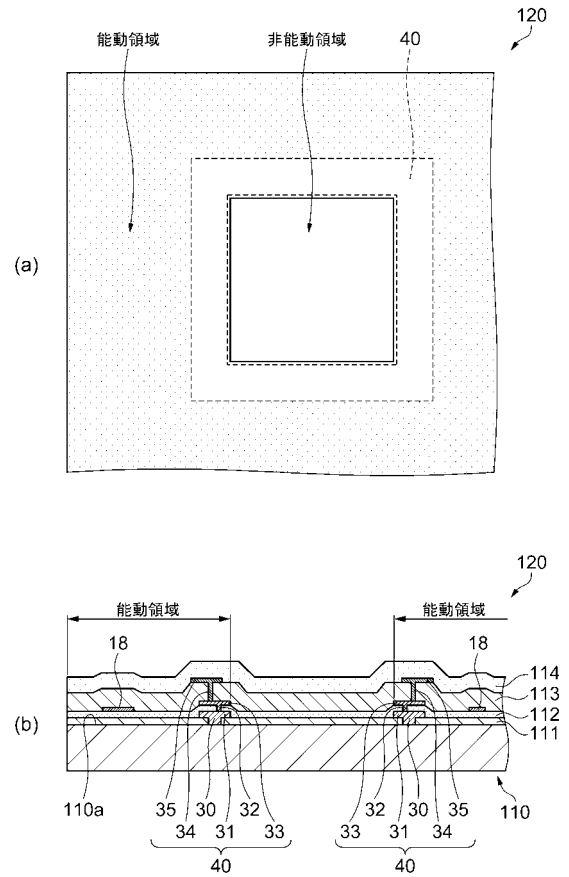
【図 6】



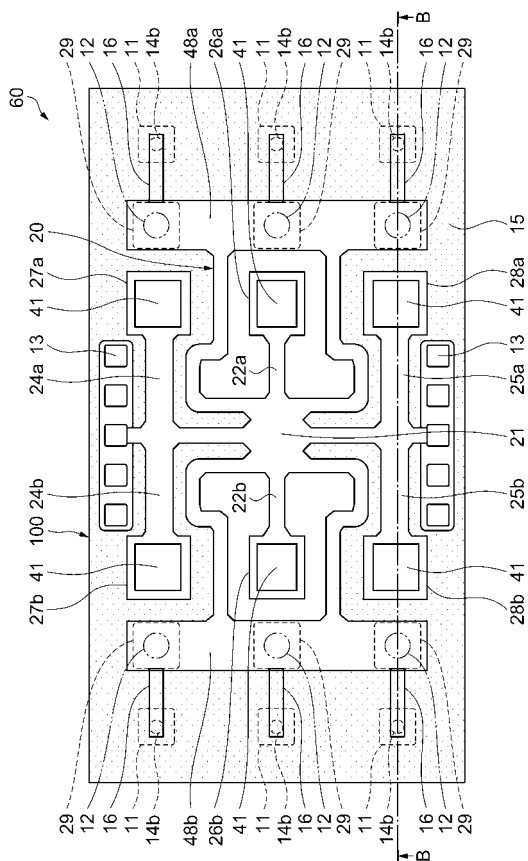
【図 7】



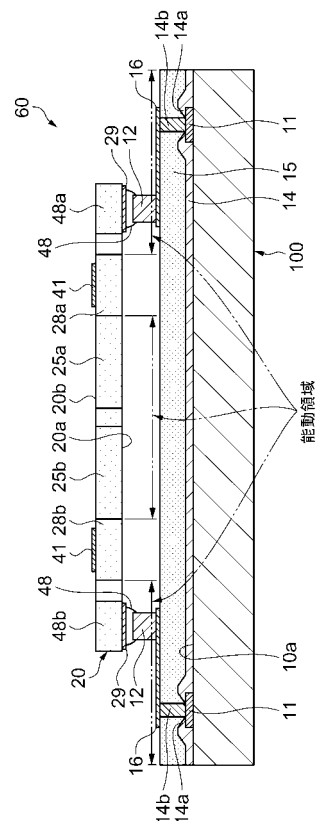
【図 8】



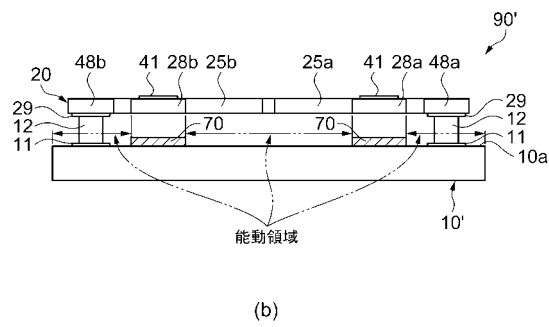
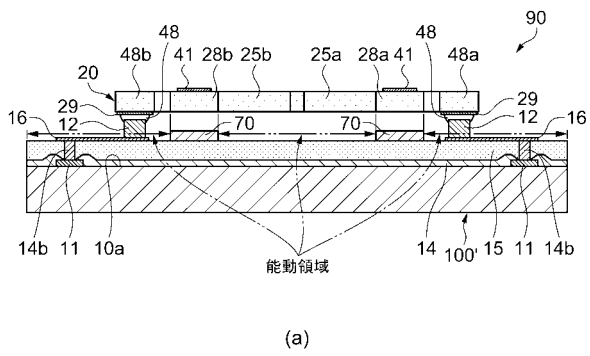
【図 9】



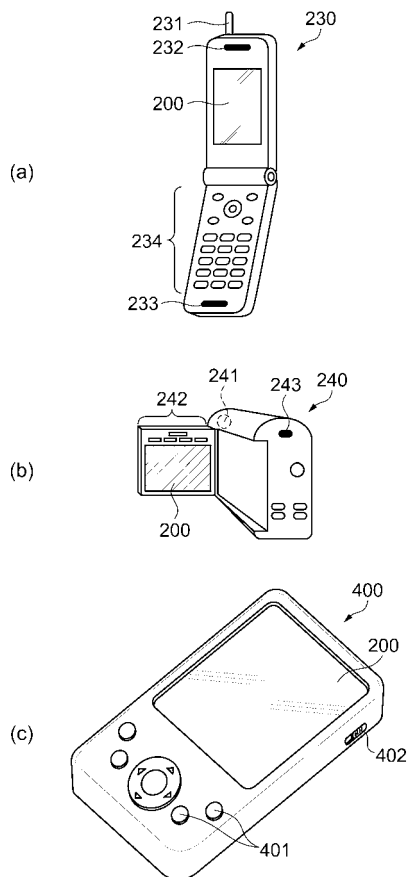
【図 10】



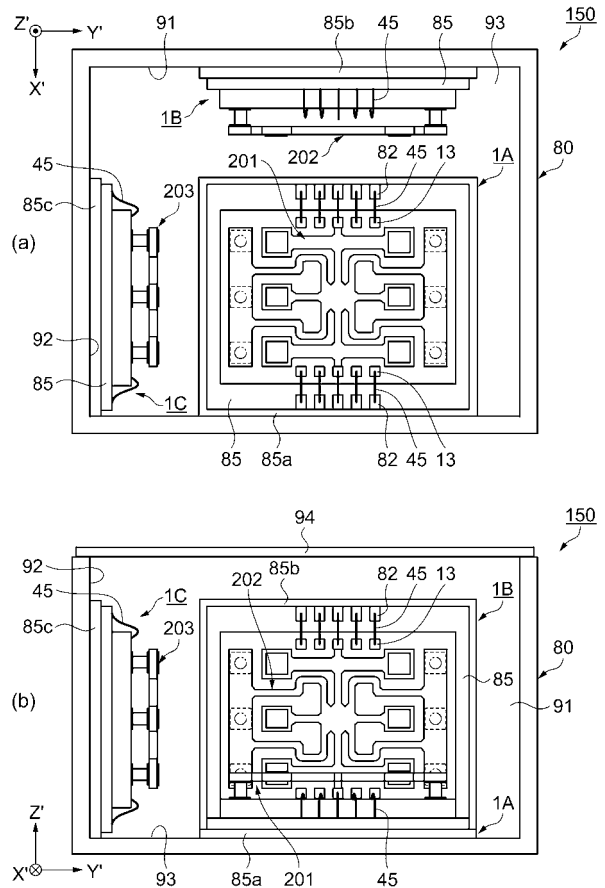
【図 1 1】



【図 1 3】



【図 1 2】



## フロントページの続き

| (51)Int.Cl.                      |  | F I           |         | テーマコード (参考) |
|----------------------------------|--|---------------|---------|-------------|
| <b>H 0 1 L 41/08 (2006.01)</b>   |  | H 0 1 L 41/08 | C       |             |
| <b>H 0 1 L 41/22 (2006.01)</b>   |  | H 0 1 L 41/08 | Z       |             |
| <b>H 0 1 L 41/18 (2006.01)</b>   |  | H 0 1 L 41/22 | Z       |             |
| <b>H 0 1 L 41/187 (2006.01)</b>  |  | H 0 1 L 41/18 | 1 0 1 A |             |
| <b>G 0 1 C 19/5621 (2012.01)</b> |  | H 0 1 L 41/18 | 1 0 1 D |             |
|                                  |  | H 0 1 L 41/18 | 1 0 1 B |             |
|                                  |  | G 0 1 C 19/56 | 1 2 1   |             |

(72)発明者 千葉 誠一

東京都日野市日野 4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内

(72)発明者 小島 修司

東京都日野市日野 4 2 1 - 8 エプソントヨコム株式会社内

F ターム(参考) 2F105 AA10 BB04 BB13 CC04 CD02 CD06 CD13  
 5J108 AA02 AA09 BB02 CC07 EE03 EE04 EE07 EE13 EE18 FF11  
 GG03 KK03 KK06 MM04 MM11 NA04 NB02 NB03 NB05