

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5321150号
(P5321150)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013. 10. 23)

(24) 登録日 平成25年7月26日 (2013. 7. 26)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 P	15/08 (2006. 01)	GO 1 P	15/08 P
GO 1 P	15/125 (2006. 01)	GO 1 P	15/125 Z
GO 1 C	19/5783 (2012. 01)	GO 1 C	19/56 2 8 3
HO 1 L	29/84 (2006. 01)	HO 1 L	29/84 Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2009-51616 (P2009-51616)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成21年3月5日 (2009. 3. 5)	(74) 代理人	100095728 弁理士 上柳 雅誉
(65) 公開番号	特開2010-203990 (P2010-203990A)	(74) 代理人	100107261 弁理士 須澤 修
(43) 公開日	平成22年9月16日 (2010. 9. 16)	(74) 代理人	100127661 弁理士 宮坂 一彦
審査請求日	平成24年2月6日 (2012. 2. 6)	(72) 発明者	押尾 政宏 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	續山 浩二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合センサー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加速度センサー素子と、
振動型角速度センサー素子と、
前記加速度センサー素子および前記振動型角速度センサー素子を収納して減圧封止されたパッケージと、を備え、
前記加速度センサー素子は、
支持体と、
前記支持体から突出して設けられている固定電極と、
可動部と、
前記可動部から突出して設けられ、且つ、前記固定電極に対向している可動電極と、
前記固定電極および前記可動電極の少なくとも一方に、前記突出する方向に沿って設けられている凸部と、を備えていることを特徴とする複合センサー。

【請求項2】

請求項1に記載の複合センサーにおいて、
前記凸部は、電極断面の上端および下端の少なくとも一方に設けられていることを特徴とする複合センサー。

【請求項3】

請求項2に記載の複合センサーにおいて、
前記凸部は、前記固定電極および前記可動電極の一方の電極断面の上端に設けられ、か

つ、前記固定電極および前記可動電極の他方の電極断面の下端に設けられていることを特徴とする複合センサー。

【請求項 4】

加速度センサー素子と、
振動型角速度センサー素子と、
前記加速度センサー素子および前記振動型角速度センサー素子を収納して減圧封止されたパッケージと、を備え、
前記加速度センサー素子は、
支持体と、
前記支持体に設けられた固定電極および第 1 ダンピング用構造体と、
可動部と、
前記可動部に設けられた可動電極および第 2 ダンピング用構造体と、を備え、
前記固定電極と前記可動電極とは、第 1 間隙を隔てて対向配置され、
前記第 1 ダンピング用構造体と前記第 2 ダンピング用構造体とは、第 2 間隙を隔てて対向配置され、且つ、前記固定電極と前記可動電極の並びに沿って配置されていることを特徴とする複合センサー。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載の複合センサーにおいて、
前記第 2 間隙は、前記第 1 間隙より狭いことを特徴とする複合センサー。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の複合センサーにおいて、
前記可動電極の変動方向と前記第 2 ダンピング用構造体の変動方向とが略一致していることを特徴とする複合センサー。

20

【請求項 7】

請求項 4 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の複合センサーにおいて、
前記第 1 ダンピング用構造体および前記第 2 ダンピング用構造体は、それぞれ複数設けられて、前記可動電極の変動方向または平面視で前記可動部の重心に対して対称な位置に配置されていることを特徴とする複合センサー。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか一項に記載の複合センサーにおいて、
前記加速度センサー素子および前記振動型角速度センサー素子は、同一基板上に設けられていることを特徴とする複合センサー。

30

【請求項 9】

請求項 8 に記載の複合センサーにおいて、
前記基板が単結晶シリコンであることを特徴とする複合センサー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速度センサー素子、振動型角速度センサー素子等の複数のセンサー素子を同一パッケージに収めた複合センサーに関する。

40

【背景技術】

【0002】

複合センサーに用いられるセンサー素子は、種類によってその大きさや、最適な使用環境が異なる。例えば、可動部の動きを検知する加速度センサー素子では、過渡応答や耐衝撃性の観点から、低い Q 値が要求される。一方、振動型角速度センサー素子では、加速度センサー素子と比較して高い Q 値が要求される。いずれのセンサー素子も可動部を備えており、Q 値の設計は、センサー素子の可動部を取り巻く気体の粘性を利用して行うので、センサー素子ごとに取り巻く気体の圧力を変える必要がある。

具体的には、加速度センサー素子は、気体によるダンピング効果を利用するため、大気圧付近で封止する必要があり、振動型角速度センサー素子は、気体による影響を少なくす

50

るため、減圧封止が必要である。

センサー收容空間部を加速度センサー用空間部と角速度センサー用空間部とに区分し、加速度センサーと角速度センサーとをそれぞれ別個独立に收容配置されたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

また、加速度センサーチップ（素子）と角速度センサーチップ（素子）とを同一基板に設けたものが知られている（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2002-5950号公報（6頁、図2）

10

【特許文献2】特開平10-10148号公報（3頁、図1）

【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、複合センサーの小型化および低コスト化を実現するために、同一基板に加速度センサー素子および角速度センサー素子を設け、加速度センサー素子または角速度センサー素子それぞれに適した圧力の空間を別々に形成するには、空間を区分する壁を基板を介して設ける必要がある。基板と壁との間から各空間間のリークが発生して、長期的に特性の変動を抑えることが困難である。また、空間を区分する壁の存在により、小型化、低コスト化が困難になる。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題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]

基板に形成され、ダンピング用構造体を有する加速度センサー素子と、前記基板に形成された振動型角速度センサー素子と前記基板が減圧封止されたパッケージとを備えたことを特徴とする複合センサー。

【0007】

30

この適用例によれば、振動型角速度センサー素子が減圧封止されているため、振動型角速度センサー素子のQ値が大きくなり、バイアスドリフト特性の優れた角速度が検出される。また、加速度センサー素子は、ダンピング用構造体によるダンピング効果により、低いQ値となり、過渡応答性に優れた加速度が検出される。また、パッケージ内を複数の空間に区分する必要がない。したがって、各センサーの特性を発揮でき、長期的に特性の変動を抑え、小型化および低コスト化を実現する複合センサーが得られる。

【0008】

[適用例2]

上記複合センサーであって、前記加速度センサー素子は、支持体と、前記支持体に形成されている固定電極と、可動部と、前記可動部に設けられ、前記固定電極に対向配置されて容量を形成する可動電極と、前記固定電極および前記可動電極のうち少なくとも一方の対向面に、面内の一方向に向かって延びるように形成された凸部とを備えたことを特徴とする複合センサー。また、他の態様では、加速度センサー素子と、振動型角速度センサー素子と、前記加速度センサー素子および前記振動型角速度センサー素子を収納して減圧封止されたパッケージと、を備え、前記加速度センサー素子は、支持体と、前記支持体から突出して設けられている固定電極と、可動部と、前記可動部から突出して設けられ、且つ、前記固定電極に対向している可動電極と、前記固定電極および前記可動電極の少なくとも一方に、前記突出する方向に沿って設けられている凸部と、を備えていることを特徴とする複合センサー。

40

この適用例では、固定電極と可動電極との間の距離が変化する方向の加速度印加時にお

50

いて、固定電極と可動電極との間隙に存在する気体の流れは、対向面に形成された一方向に向かって延びる凸部によって一方向への流れが発生する。この気体の流れによるスクイーズフィルムダンピングにより、大きな減衰定数 c が得られる。したがって、可動部と支持体との間隔を狭くすることなく、固定電極と可動電極との間隙の構造によって減衰定数 c の調節が可能であり、可動部と支持体との衝突破壊が低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子が得られる。

【 0 0 0 9 】

[適用例 3]

上記複合センサーであって、前記凸部は、前記対向面のいずれかの縁に平行な線に沿って延びていることを特徴とする複合センサー。また、他の態様では、上記複合センサーであって、前記凸部は、電極断面の上端および下端の少なくとも一方に設けられていることを特徴とする複合センサー。

10

この適用例では、縁に平行に凸部が設けられているので、固定電極と可動電極との間隙に存在する気体の流れがより一定方向に揃い、スクイーズフィルムダンピングにより、より大きな減衰定数 c が得られる。したがって、可動部と支持体との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子が得られる。

【 0 0 1 0 】

[適用例 4]

上記複合センサーであって、前記凸部は、前記対向面の対向する領域の縁部に設けられていることを特徴とする複合センサー。また、他の態様では、上記複合センサーであって、前記凸部は、前記固定電極および前記可動電極の一方の電極断面の上端に設けられ、かつ、前記固定電極および前記可動電極の他方の電極断面の下端に設けられていることを特徴とする複合センサー。

20

この適用例では、凸部が縁部にあることにより、固定電極と可動電極との間隙に存在する気体の多くが、スクイーズフィルムダンピングに寄与し、より大きな減衰定数 c が得られる。したがって、可動部と支持体との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子が得られる。

【 0 0 1 1 】

[適用例 5]

上記複合センサーであって、前記凸部は、平行に複数形成されていることを特徴とする複合センサー。

30

この適用例では、凸部が平行に複数存在するので、気体の流れがより一定方向に揃い、より大きな減衰定数 c が得られる。したがって、可動部と支持体との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子が得られる。

【 0 0 1 2 】

[適用例 6]

上記複合センサーであって、前記加速度センサー素子は、支持体と、前記支持体に形成されている固定電極と、前記支持体に形成されている第1ダンピング用構造体と、可動部と、前記可動部に設けられた可動電極と、前記可動部に設けられた第2ダンピング用構造体とを備え、前記固定電極と前記可動電極とは、第1間隙を隔てて対向配置されて容量を形成し、前記第1ダンピング用構造体と前記第2ダンピング用構造体とは、第2間隙を隔てて対向配置されていることを特徴とする複合センサー。また、他の態様では、加速度センサー素子と、振動型角速度センサー素子と、前記加速度センサー素子および前記振動型角速度センサー素子を収納して減圧封止されたパッケージと、を備え、前記加速度センサー素子は、支持体と、前記支持体に設けられた固定電極および第1ダンピング用構造体と、可動部と、前記可動部に設けられた可動電極および第2ダンピング用構造体と、を備え、前記固定電極と前記可動電極とは、第1間隙を隔てて対向配置され、前記第1ダンピング用構造体と前記第2ダンピング用構造体とは、第2間隙を隔てて対向配置され、且つ、前記固定電極と前記可動電極の並びに沿って配置されていることを特徴とする複合センサー。

40

50

この適用例では、固定電極および可動電極以外にダンピング用構造体を設けるので、固定電極と可動電極との電極間間隙を狭くすることなく、ダンピング用構造体によってダンピングの調整ができる。したがって、可動部と支持体との衝突破壊が低減して耐衝撃性に優れ、固定電極と可動電極との衝突を避けながら加速度の検出が可能な、加速度の検出特性の低下の少ない加速度センサー素子が得られる。

【0013】

[適用例7]

上記複合センサーであって、前記第2間隙は、前記第1間隙より狭いことを特徴とする複合センサー。

この適用例では、第2間隙を、第1間隙より狭くして、ダンピングをより大きくできる。

10

【0014】

[適用例8]

上記複合センサーであって、前記可動電極の変動方向と前記第2ダンピング用構造体の変動方向とが略一致していることを特徴とする複合センサー。

この適用例では、可動電極の変動方向と第2ダンピング用構造体の変動方向が略一致しているので、減衰力が固定電極と可動電極との間の第2間隙の変動に効率よく働く。

【0015】

[適用例9]

上記複合センサーであって、前記第1ダンピング用構造体および前記第2ダンピング用構造体は、それぞれ複数設けられて、前記可動電極の変動方向または前記可動部の重心に対して対称な位置に配置されていることを特徴とする複合センサー。

20

この適用例では、第1ダンピング用構造体および第2ダンピング用構造体が、可動電極の変動方向または可動部の重心に対して対称に配置されているので、可動電極の変動方向に対して均等に減衰力が働き、他方向への感度が押さえられる。

【0016】

[適用例10]

上記複合センサーであって、前記固定電極、前記可動電極、前記可動部および前記第1ダンピング用構造体および前記第2ダンピング用構造体が、集積回路で用いられる積層構造を有していることを特徴とする複合センサー。

30

この適用例では、固定電極、可動電極、可動部、第1ダンピング用構造体および第2ダンピング用構造体が積層構造であるので、集積回路が形成された基板上に加速度センサー素子が形成できる。

【0017】

[適用例11]

上記複合センサーであって、前記固定電極、前記可動電極、前記可動部および前記第1ダンピング用構造体および前記第2ダンピング用構造体が、単結晶シリコンから形成されていることを特徴とする複合センサー。また、他の態様では、上記複合センサーが形成されている前記基板が単結晶シリコンであることを特徴とする複合センサー。

40

この適用例では、固定電極、可動電極、可動部、第1ダンピング用構造体および第2ダンピング用構造体が、単結晶シリコンから形成されているので、熱応力による変形が少なく、厚い構造体の形成も容易になる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】第1実施形態における複合センサーの概略図。

【図2】(a)は加速度センサー素子の概略平面図、(b)は(a)におけるA-A概略断面図、(c)は(a)におけるB-B概略断面図。

【図3】CMOS集積回路および加速度センサー素子を基板に形成する場合の製造工程の簡略断面図。

【図4】第2実施形態における(a)は加速度センサー素子の概略平面図、(b)は(a)

50

)におけるA - A概略断面図、(c)は(a)におけるB - B概略断面図。

【図5】CMOS集積回路および加速度センサー素子を基板に形成する場合の製造工程の簡略断面図。

【図6】第3実施形態における(a)は加速度センサー素子の概略平面図、(b)は(a)におけるA - A概略断面図、(c)は(a)におけるB - B概略断面図。

【図7】第4実施形態における(a)は加速度センサー素子の概略平面図、(b)は(a)におけるA - A概略断面図。

【図8】第5実施形態における(a)は加速度センサー素子の概略平面図、(b)は(a)におけるA - A概略断面図。

【図9】変形例における加速度センサー素子の概略平面図。

10

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、実施形態を図面に基づいて詳しく説明する。

(第1実施形態)

図1に、本実施形態における複合センサー1000の概略図を示した。(a)は概略平面図で、(b)は(a)におけるA - A概略断面図である。

【0020】

図1において、複合センサー1000は、収容器1100と蓋体1200とからなる直方体のパッケージ1300を備えている。パッケージ1300には、1つの加速度センサー素子100とCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)集積回路400と3つの振動型角速度センサー素子700, 800, 900が形成された基板30が収められている。

20

【0021】

基板30も直方体の板であり、収容器1100の底面1110に、配置されている。基板30は、底面1110との間に、スペーサー等を介して配置されていてもよい。

図中には、直方体のパッケージ1300および基板30の各辺に平行な方向をX, Y, Z軸方向で示した。

CMOS集積回路400は、Y軸方向の略中心に配置されている。CMOS集積回路400を挟むようにして、振動型角速度センサー素子700, 800と加速度センサー素子100および振動型角速度センサー素子900とがそれぞれ配置されている。

30

例えば、振動型角速度センサー素子700はX軸検出用であり、振動型角速度センサー素子800はY軸検出用であり、振動型角速度センサー素子900はZ軸検出用である。

加速度センサー素子100および振動型角速度センサー素子700, 800, 900の配置は、図に示した配置に限らず、互いに入れ替わった配置であってもよい。

また、振動型角速度センサー素子700, 800, 900は3個に限らず、1個または2個で、1軸または2軸を検出するものであってもよい。

【0022】

収容器1100は、凹部1120を有し、凹部1120の開口部の周囲には段差1121が形成されている。蓋体1200は、収容器1100の段差1121に組み合わされて接合されている。

40

【0023】

収容器1100および蓋体1200は、セラミック、ガラス等の絶縁体または金属で形成することができる。また、樹脂を成形して形成してもよい。樹脂を用いる場合、透湿率の低い液晶ポリマーを用いるとよい。

【0024】

また、蓋体1200の材質は、収容器1100の材質と同じにすると、熱膨張係数の違いによる応力による蓋体1200と収容器1100との剥がれ等が発生せず好ましい。加えて、素子への熱応力の影響を小さくし、温度特性に優れたセンサーを実現できる収容器1100と蓋体1200とを接合するには、はんだ、低融点ガラス、接着剤等を用いることができる。

50

【 0 0 2 5 】

収容器 1 1 0 0 の底面 1 1 1 0 には、孔 1 1 2 2 が設けられている。孔 1 1 2 2 からパッケージ 1 3 0 0 内を減圧した後、孔 1 1 2 2 は封止部材 1 1 3 0 によって封止され、パッケージ 1 3 0 0 は減圧封止されている。

【 0 0 2 6 】

図 2 に、本実施形態における加速度センサー素子 1 0 0 の部分を基板 3 0 から矩形状に抜き出した概略図を示した。(a) は加速度センサー素子 1 0 0 の概略平面図、(b) は(a) における A - A 概略断面図、(c) は(a) における B - B 概略断面図である。図中には、X , Y , Z 軸方向を示している。また、図中の両矢印は、加速度検出方向を示し、本実施形態では、X 軸方向が加速度検出方向である。X , Y , Z 軸方向は、図 1 に示した X , Y , Z 軸方向と一致している。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 において、加速度センサー素子 1 0 0 は、支持体 1 0 と可動部 2 0 とを備えている。

支持体 1 0 は、基板 3 0 と基板 3 0 上に形成された支持部 4 0 とを備えている。また、可動部 2 0 も基板 3 0 上に形成されている。

基板 3 0 は、シリコン基板からなり、可動部 2 0 との間に関隔を持たせるために、基板 3 0 の可動部 2 0 に対向する面には、凹部 3 1 が形成されている。凹部 3 1 の深さは、可動部 2 0 の Z 軸方向に衝撃が加わって、可動部 2 0 が基板 3 0 側に撓んでも衝突しない深さになっている。

20

【 0 0 2 8 】

可動部 2 0 および支持部 4 0 は、例えば、基板 3 0 上の他の領域に形成された CMOS 集積回路 4 0 0 を構成する配線層 5 0 、層間絶縁膜 6 0 等からなる積層構造を利用して形成されている。

配線層 5 0 としては、例えば、Al、Cu、Al 合金、Mo、Ti、W、Pt 等を用いることができる。配線層 5 0 には、CMOS 集積回路 4 0 0 を形成する際に用いられる TiN、Ti、TiW、TaN、WN、VN、ZrN、NbN 等からなるバリア膜、TiN、Ti 等からなる反射防止膜も含まれる。また、配線層 5 0 には、CMOS のゲート電極も含む。ゲート電極は、不純物を含んだ多結晶シリコン、シリサイド、W 等からなる。

層間絶縁膜 6 0 としては、SiO₂、TEOS (Tetraethoxysilane)、BPSG (Borophosphosilicate Glass)、NSG (Non-doped silicon glass)、SOG (Spin on glass) 等を用いることができる。また、積層構造には、CMOS 集積回路 4 0 0 の最表面に形成される SiN、SiO₂ 等からなる保護膜を含んでいてもよい。

30

Al 等の配線層 5 0 は、スパッタ、真空蒸着、CVD (Chemical Vapor Deposition) 等で形成でき、SiO₂ 等の層間絶縁膜 6 0 は、CVD、熱酸化、スピコートおよび焼成等で形成することができる。

なお、可動部 2 0 および支持部 4 0 は、CMOS 集積回路 4 0 0 の積層構造を利用して形成されるものに限らず、独自に積層構造を形成したものであってもよい。

【 0 0 2 9 】

支持部 4 0 は、基板 3 0 上に略矩形の枠体として形成されている。支持部 4 0 は、固定電極 4 1 を備えている。固定電極 4 1 は、支持部 4 0 の対向する一対の内面の略中央に、枠体の内側に向かって形成されている。固定電極 4 1 の形状は、板状の直方体である。

40

可動部 2 0 は、可動電極 2 1 と錘部 2 2 とばね部 2 3 , 2 4 とを備えている。錘部 2 2 の形状は、略直方体に形成されている。可動部 2 0 は、固定電極 4 1 が形成されていない残りの一対の支持部 4 0 の内面と 2 つのばね部 2 3 , 2 4 を介して、略矩形の枠体である支持部 4 0 で囲まれた略中心に 2 ヶ所で保持されている。

ばね部 2 3 , 2 4 は、対向する 2 つの板ばねを向かい合わせて、両端で固定した構造となっている。2 つの板ばねのうち、一方の板ばねは支持部 4 0 と接続され、他方の板ばねは錘部 2 2 に接続されている。

【 0 0 3 0 】

50

可動電極 2 1 は、錘部 2 2 の固定電極 4 1 に対向する位置に形成されている。可動電極 2 1 も固定電極 4 1 と同様に板状の直方体である。

可動電極 2 1 と固定電極 4 1 との対は、錘部 2 2 を挟んで対向する 2 ヶ所に設けられており、片方の間隔が広がれば、他方の間隔が狭まる差動検出タイプとなっている。

可動電極 2 1 と固定電極 4 1 とは、電極間で容量が得られるように、電極間間隙 7 0 を介して対向している。電極間間隙 7 0 の縁部 7 1 には、狭窄部 7 2 が設けられている。狭窄部 7 2 は、固定電極 4 1 の基板 3 0 とは反対側の 1 辺にあたる縁部 4 2 に、可動電極 2 1 に向かって凸部 4 3 を形成することによって設けられている。

図 2 では、凸部 4 3 は、配線層 5 0 を利用して形成されているが、層間絶縁膜 6 0 が縁部 4 2 にある場合には層間絶縁膜 6 0 を利用して、凸部 4 3 を形成してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

図 2 (c) において、凸部 4 3 は、固定電極 4 1 の Y 軸方向に延びる縁部 4 2 に設けられている。この場合、図 2 (b) に示すように、固定電極 4 1 の断面形状は、L 字型になる。

狭窄部 7 2 は、縁部 4 2 の基板 3 0 側の縁部 4 4 に設けられていてもよい。また、両側の縁部 4 2 , 4 4 に設けられていてもよい。この場合、固定電極 4 1 の断面形状は、凹型の溝になる。さらに、凸部 4 3 を、可動電極 2 1 に形成して狭窄部 7 2 を設けてもよい。

本実施形態では、可動電極 2 1 と固定電極 4 1 とでダンピング用構造体 7 6 を構成している。

【 0 0 3 2 】

20

CMOS 集積回路 4 0 0 とともに、基板 3 0 上に加速度センサー素子 1 0 0 を形成する場合の各構成要素の大きさは特に限定されないが、例えば、以下の通りである。

可動部 2 0 および支持部 4 0 の積層構造の厚さは、数 μm 程度で、支持部 4 0 は、数 m 角程度の枠体である。積層構造の各層は、 $1\ \mu\text{m}$ 程度である。可動電極 2 1 と固定電極 4 1 との電極間距離である電極間間隙 7 0 の間隔は数 μm 程度である。また、錘部 2 2 の質量は、数 $\times 10^{-6}\ \text{g}$ 程度である。

【 0 0 3 3 】

可動部 2 0 と支持部 4 0 は、配線層 5 0 および層間絶縁膜 6 0 からなる積層構造の表面側からの異方性エッチングと等方性エッチングを組み合わせることで形成できる。

図 3 (a) ~ (c) に、例として、CMOS 集積回路 4 0 0 と加速度センサー素子 1 0 0 とを基板 3 0 に形成する場合の製造工程の簡略断面図を示した。図では、加速度センサー素子 1 0 0 の可動部 2 0 付近の断面図を簡略化して示している。

30

図 3 (a) は、CMOS 集積回路 4 0 0 とエッチング前の加速度センサー部 1 1 0 を形成する工程を、(b) は層間絶縁膜 6 0 等の異方性エッチング工程を、(c) は基板 3 0 の等方性エッチング工程を示している。

【 0 0 3 4 】

図 3 (a) において、基板 3 0 にトランジスタ 4 1 0 を構成する不純物拡散層 4 1 1 、ソース 4 1 2 、ドレイン 4 1 3 、LOCOS (Local Oxidation of Silicon) 4 1 4 、ゲート酸化膜 4 1 5 、ゲート 4 1 6 等を形成後、トランジスタ 4 1 0 上にプラグ 4 2 0 、配線層 5 0 、層間絶縁膜 6 0 、保護膜 4 3 0 等を積層、エッチングを繰り返し CMOS 集積回路 4 0 0 をよく知られた方法で形成する。

40

このとき、加速度センサー部 1 1 0 には、加速度センサー素子 1 0 0 の形状に応じて、ゲート 4 1 6 、配線層 5 0 をフォトリソ工程によって残し、これらの間に層間絶縁膜 6 0 および絶縁膜である保護膜 4 3 0 を形成する。

【 0 0 3 5 】

図 3 (b) において、保護膜 4 3 0 側から層間絶縁膜 6 0 等の異方性エッチングを行う。異方性エッチングは、例えば、ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチングによって行う。エッチングガスとしては、 CF_4 、 CH_3 、 He 等の混合ガスを用い、圧力を $10 \sim 20\ \text{Pa}$ 、RF パワーを $600 \sim 800\ \text{W}$ で行う。エッチング時間は、保護膜 4 3 0 と層間絶縁膜 6 0 の合計膜厚が $4 \sim 6\ \mu\text{m}$ の場合、 $10 \sim 20$ 分である。

50

【 0 0 3 6 】

図 3 (c) において、保護膜 4 3 0 側からシリコンの基板 3 0 の等方性エッチングを行い、凹部 3 1 を形成する。等方性エッチングは、例えば、ICP (Inductively Coupled Plasma) エッチングによって行う。エッチングガスとしては、 SF_6 、 O_2 の混合ガスを用い、圧力を $1 \sim 100 Pa$ 、RF パワーを $100 W$ 程度で行う。エッチング時間は、凹部 3 1 の深さが $2 \sim 3 \mu m$ の場合、数分である。このエッチングにより、可動部 2 0 等が基板 3 0 から切り離される。

【 0 0 3 7 】

振動型角速度センサー素子 7 0 0 , 8 0 0 , 9 0 0 では、振動体を一定の周波数で振動させる。振動体に角速度が加わるとコリオリ力が発生し、コリオリ力によって振動体が異なる方向に振動する。このコリオリ力による変位を検知することで角速度を検出する。振動型角速度センサーとしては、周知のものを用いることができる。

10

また、振動型角速度センサー素子 7 0 0 , 8 0 0 , 9 0 0 も加速度センサー素子 1 0 0 と同様の方法で製造することができる。

【 0 0 3 8 】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(1) 振動型角速度センサー素子 7 0 0 , 8 0 0 , 9 0 0 が減圧封止されているため、振動型角速度センサー素子 7 0 0 , 8 0 0 , 9 0 0 の Q 値を大きくでき、バイアスドリフト特性の優れた角速度を検出できる。また、加速度センサー素子 1 0 0 は、ダンピング用構造体 7 6 によるダンピング効果により、低い Q 値にでき、過渡応答性に優れた加速度を検出できる。また、パッケージ 1 3 0 0 内を複数の空間に区分する必要がない。したがって、各センサーの特性を発揮でき、長期的に特性の変動が抑えられた、小型化および低コスト化を実現する複合センサー 1 0 0 0 を得ることができる。

20

【 0 0 3 9 】

(2) 固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との間の距離が変化する X 軸方向の加速度印加時において、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間隙 7 0 に存在する気体の流れは、対向面に形成された一方向に向かって延びる凸部 4 3 によって一方向への流れが発生する。この気体の流れによるスクイーズフィルムダンピングにより、大きな減衰定数 c を得ることができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との間隔を狭くすることなく、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間隙 7 0 の構造によって減衰定数 c の調節が可能で、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊が低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 1 0 0 を得ることができる。

30

【 0 0 4 0 】

(3) 縁に平行に凸部 4 3 が設けられているので、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間隙 7 0 に存在する気体の流れがより一定方向に揃い、スクイーズフィルムダンピングにより、より大きな減衰定数 c を得ることができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 1 0 0 を得ることができる。

【 0 0 4 1 】

(4) 凸部 4 3 が縁部 4 2 にあることにより、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間隙 7 0 に存在する気体の多くが、スクイーズフィルムダンピングに寄与でき、より大きな減衰定数 c を得ることができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 1 0 0 を得ることができる。

40

【 0 0 4 2 】

(5) 基板 3 0 に形成された凹部 3 1 によって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との間に十分な間隔が得られ、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊が低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 1 0 0 を得ることができる。

【 0 0 4 3 】

(6) 固定電極 4 1 および可動電極 2 1 が積層構造であるので、層ごとの加工が可能であり、層に応じて固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との間に狭窄部 7 2 を形成することを容易

50

にできる。また、CMOS集積回路400が形成された基板30上に加速度センサー素子100を形成可能にできる。

【0044】

(第2実施形態)

本実施形態では、第1実施形態における加速度センサー素子100を加速度センサー素子200に置き換えた。

図4に本実施形態における加速度センサー素子200の部分を基板30から矩形状に抜き出した概略図を示した。(a)は加速度センサー素子200の概略平面図、(b)は(a)におけるA-A概略断面図、(c)は(a)におけるB-B概略断面図である。図中には、X、Y、Z軸方向を示している。図中の両矢印は、加速度検出方向を示し、本実施形態においても、X軸方向が加速度検出方向である。

10

第1実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付した。以下には、第1実施形態と異なる点を中心に説明する。

【0045】

図4において、加速度センサー素子200の構造は、第1実施形態で示した加速度センサー素子100と略同様である。

構造で異なる点は、可動電極21の縁部25にも凸部26を設け、可動電極21の断面形状をL字型として、電極間隙70のZ軸方向の両縁部71および73に狭窄部72および74を設けている点である。その他に、基板30に貫通部32が形成されている点が異なる。

20

図4(c)において、凸部43、26は、固定電極41のY軸方向に延びる縁部42と可動電極21のY軸方向に延びる縁部25に設けられている。

【0046】

第1実施形態と第2実施形態とは、以下の点で大きく異なる。

第1実施形態では、基板30は、シリコン基板からなり、支持部40と可動部20とは、基板30上の他の領域に形成されたCMOS集積回路400を構成する配線層50および層間絶縁膜60を利用した積層構造となっている。一方、第2実施形態では、SOI(Silicon On Insulator)構造の半導体基板35を利用する。SOI構造は、酸化シリコンからなる埋め込み酸化膜80を挟んで、埋め込み酸化膜上に形成された単結晶シリコン層90を備えている。

30

【0047】

可動部20および支持部40は、単結晶シリコン層90をエッチングすることによって得られる。また、基板30の貫通部32は、単結晶シリコン層90が形成された面に対向する面からエッチングすることによって形成できる。

図5(a)~(c)に、例として、CMOS集積回路400と加速度センサー素子200とをSOI構造の半導体基板35に形成する場合の製造工程を簡略化して示した。また、CMOS集積回路400の符号は、図3と同様なので省略した。

図5(a)は、CMOS集積回路400を形成する工程を、(b)は単結晶シリコン層90のCMOS集積回路400形成面側からの異方性エッチング工程を、(c)は基板30の基板30側からの異方性エッチング工程を示している。

40

【0048】

図5(a)において、第1実施形態と同様に、単結晶シリコン層90にCMOS集積回路400をよく知られた方法で形成する。このとき、加速度センサー部110には、何も形成しない。

【0049】

図5(b)において、単結晶シリコン層90のCMOS集積回路400形成面側から異方性エッチングを行う。異方性エッチングは、SiO₂等で加速度センサー素子200の形状に応じてマスクを施し、KOHによるウェットエッチングで行うことができる。

【0050】

図5(c)において、基板30側から基板30および埋め込み酸化膜80を異方性エッ

50

チングし、貫通部 3 2 を形成し、可動部 2 0 を分離する。異方性エッチングは、単結晶シリコン層 9 0 の CMOS 集積回路 4 0 0 形成面側から行った方法と同様の方法で行うことができる。

【 0 0 5 1 】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(7) 凸部 4 3 , 2 6 が平行に複数存在するので、気体の流れがより一定方向に揃い、より大きな減衰定数 c を得ることができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 2 0 0 を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

(8) 固定電極 4 1、可動電極 2 1 および可動部 2 0 が単結晶シリコンから形成されているので、熱応力による変形を少なくでき、厚い構造体の形成を容易にできる。

【 0 0 5 3 】

(第 3 実施形態)

本実施形態では、第 1 実施形態における加速度センサー素子 1 0 0 を加速度センサー素子 3 0 0 に置き換えた。

図 6 に本実施形態における加速度センサー素子 3 0 0 の部分を矩形状に抜き出した概略図を示した。(a) は加速度センサー素子 3 0 0 の概略平面図、(b) は (a) における A - A 概略断面図、(c) は (a) における B - B 概略断面図である。図中には、X、Y、Z 軸方向を示している。図中の両矢印は、加速度検出方向を示し、本実施形態では、X 軸方向が加速度検出方向である。

第 1 実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付した。以下には、第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、可動電極 2 1 は凹型の断面形状を有し、固定電極 4 1 は、凸型の断面形状を有している。

可動電極 2 1 には、縁部 2 5 , 2 7 に凸部 2 6 , 2 8 が形成され、狭窄部 7 2 , 7 4 が電極間隙 7 0 に設けられている。また、固定電極 4 1 には、縁部 4 2 と縁部 4 4 との間に凸部 4 5 が形成され、狭窄部 7 5 が設けられている。

したがって、可動電極 2 1 の凸部 2 6 , 2 8 によって形成された凹型の溝に固定電極 4 1 の凸部 4 5 が位置する配置となっている。

図 6 (c) において、凸部 4 5 は、固定電極 4 1 の Y 軸方向に延びるように設けられている。

【 0 0 5 5 】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(9) 凸部 2 6 , 2 8 , 4 5 が平行に多く存在するので、気体の流れがより一定方向に揃い、より大きな減衰定数 c を得ることができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊がより低減した耐衝撃性の優れた加速度センサー素子 3 0 0 を得ることができる。

【 0 0 5 6 】

(第 4 実施形態)

本実施形態では、第 1 実施形態における加速度センサー素子 1 0 0 を加速度センサー素子 5 0 0 に置き換えた。

図 7 に、本実施形態における加速度センサー素子 5 0 0 の部分を基板 3 0 から矩形状に抜き出した概略図を示した。(a) は加速度センサー素子 5 0 0 の概略平面図、(b) は (a) における A - A 概略断面図である。図中には、X、Y、Z 軸方向を示している。また、図中の両矢印は、加速度検出方向を示し、本実施形態では、X 軸方向が加速度検出方向である。

第 1 実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付した。以下には、第 1 実施形態と異なる点を中心に説明する。可動電極 2 1 と固定電極 4 1 とは、間隔 a の第 1 間隙としての電極間隙 7 0 を介して対向している。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

加速度センサー素子 5 0 0 は、ダンピング用構造体 5 1 0 を備えている。本実施形態では、対向する可動電極 2 1 と固定電極 4 1 とを挟むように、両側にダンピング用構造体 5 1 0 が設けられ、計 4 ヲ所にダンピング用構造体 5 1 0 が設けられている。ダンピング用構造体 5 1 0 は、電極間間隙 7 0 の変動方向に対して対称な位置に配置されている。

【 0 0 5 8 】

ダンピング用構造体 5 1 0 は、第 1 ダンピング用構造体としての固定体 5 1 2 と第 2 ダンピング用構造体としての可動体 5 1 1 とを備えている。

可動体 5 1 1 は、錘部 2 2 の可動電極 2 1 の両側で、支持部 4 0 に向かって形成されている。一方、固定体 5 1 2 は、支持部 4 0 の固定電極 4 1 の両側で、可動体 5 1 1 に対向する位置に、間隔 b の第 2 間隙としての間隙 5 2 0 を隔てて形成されている。ここで、間隔 a は間隔 b より大きく設定されている。

10

【 0 0 5 9 】

加速度センサー素子 5 0 0 は、第 1 実施形態と同様の製造方法で得ることができる。

【 0 0 6 0 】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(1 0) 固定電極 4 1 および可動電極 2 1 以外にダンピング用構造体 5 1 0 を設けるので、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間間隙 7 0 を狭くすることなく、ダンピング用構造体 5 1 0 によってダンピングの調整ができる。したがって、可動部 2 0 と支持体 1 0 との衝突破壊が低減して耐衝撃性に優れ、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との衝突を避けながら加速度の検出が可能で、加速度の検出特性の低下の少ない加速度センサー素子 5 0 0 を得ることができる。

20

【 0 0 6 1 】

(1 1) ダンピング用構造体 5 1 0 の可動体 5 1 1 と固定体 5 1 2 との間隙 5 2 0 の間隔 b を、固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との電極間間隙 7 0 の間隔 a より狭くして、ダンピングをより大きくできる。

【 0 0 6 2 】

(1 2) 間隙 5 2 0 の変動方向と電極間間隙 7 0 の変動方向が略一致しているため、減衰力が固定電極 4 1 と可動電極 2 1 との間隙 7 0 の変動に効率よく働くようにできる。

30

【 0 0 6 3 】

(1 3) ダンピング用構造体 5 1 0 が、電極間間隙 7 0 の変動方向または可動部 2 0 の重心に対して対称に配置されているため、電極間間隙 7 0 の変動方向に対して均等に減衰力が働き、他方向への感度を押さえることができる。

【 0 0 6 4 】

(1 4) 固定電極 4 1、可動電極 2 1、可動部 2 0 およびダンピング用構造体 5 1 0 が積層構造であるため、CMOS集積回路 4 0 0 が形成された基板 3 0 上に加速度センサー素子 5 0 0 を形成できる。

【 0 0 6 5 】

(第 5 実施形態)

本実施形態では、第 1 実施形態における加速度センサー素子 1 0 0 を加速度センサー素子 6 0 0 に置き換えた。

40

図 8 に本実施形態における加速度センサー素子 6 0 0 の部分を基板 3 0 から矩形状に抜き出した概略図を示した。(a) は加速度センサー素子 6 0 0 の概略平面図、(b) は (a) における A - A 概略断面図である。図中には、X、Y、Z 軸方向を示している。図中の両矢印は、加速度検出方向を示し、本実施形態では、X 軸方向が加速度検出方向である。

第 4 実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付した。以下には、第 4 実施形態と異なる点を中心に説明する。

【 0 0 6 6 】

50

図 8 において、加速度センサー素子 600 の構造は、第 4 実施形態で示した加速度センサー素子 500 と略同様である。構造で異なる点は、ダンピング用構造体 610 を対向する可動電極 21 と固定電極 41 との両側でなく片側にだけ設けた点である。

ダンピング用構造体 610 は、可動部 20 の重心 221 に対して点对称の位置に 2ヶ所配置されている。

ダンピング用構造体 610 は、可動体 611 と固定体 612 とを備えている。

固定体 612 は、可動体 611 に対向する位置に、間隔 b の間隙 620 を隔てて形成されている。

【0067】

本実施形態と第 4 実施形態とは、以下の点で大きく異なる。

10

第 4 実施形態では、基板 30 は、シリコン基板からなり、支持部 40 と可動部 20 とは、基板 30 上の他の領域に形成された CMOS 集積回路 400 を構成する配線層 50 および層間絶縁膜 60 を利用した積層構造となっている。一方、第 5 実施形態では、第 2 実施形態と同様に、SOI (Silicon On Insulator) 構造の半導体基板 35 を利用する。

加速度センサー素子 600 は、第 2 実施形態と同様の製造方法によって得ることができる。

【0068】

このような本実施形態によれば、以下の効果がある。

(15) 固定電極 41、可動電極 21、可動部 20 およびダンピング用構造体 610 が、単結晶シリコンから形成されているので、熱応力による変形を少なくでき、厚い構造体の形成を容易にできる。

20

【0069】

(変形例)

変形例では、第 1 実施形態における加速度センサー素子 100 を加速度センサー素子 550 に置き換えた。

図 9 に変形例における加速度センサー素子 550 の部分を基板 30 から矩形状に抜き出した概略平面図を示した。

図 9 において、第 4 実施形態および第 5 実施形態と異なる点は、X 軸方向への加速度を検出する可動電極 21 および固定電極 41 の他に、Y 軸方向への加速度を検出する可動電極 29 および固定電極 46 を設け、これらの電極の両側にもダンピング用構造体 510 を設けた点異なる。また、可動電極 21 および固定電極 41 と、可動電極 29 および固定電極 46 とは、差動検出タイプとはなっていない。

30

上記以外の構造および製造方法については、第 1 実施形態と同様の積層構造、第 2 実施形態と同様の構造および第 1、第 2 実施形態と同様の製造方法を用いることができる。

変形例では、2 方向の加速度の測定が可能になる。

【0070】

上述した実施形態以外にも、種々の変更を行うことが可能である。

ばね部 23、24 の構造は、どのようなものであってもよい。例えば、一つの板ばねの両端が支持部 40 に接続され、中央部が錘部 22 に接続された構造であってもよい。

【0071】

40

実施形態では、固定電極 41 と可動電極 21 とは 2 対しか示されていないが、3 対以上でくし歯が入り込んだ状態の構成としてもよい。また、固定電極 41 および可動電極 21 は、矩形状の電極が向かい合う構造になっていたが、矩形状以外の形状であってもよい。

また、加速度の印加によって電極同士が衝突しなければ、平行平板でなくてもよい。

【0072】

加速度センサー素子は、 \pm Y 軸方向も検出できるように、X 軸方向に延びる電極を形成してもよく、2 次元方向の加速度センサー素子であってもよい。

【0073】

さらに、気体は空気以外の He、Ne 等の希ガス、窒素ガス等であってもよい。空気よりも粘性係数の大きな媒体を用いることで、より大きな減衰係数 c が得られる。

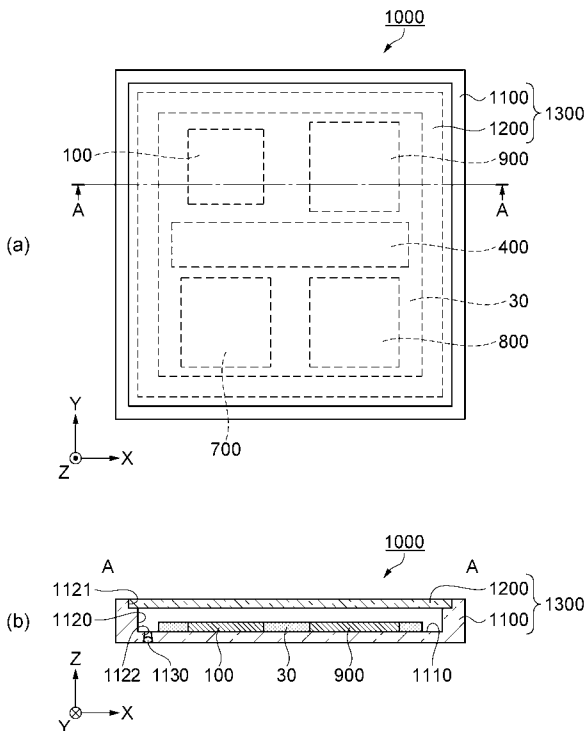
50

【符号の説明】

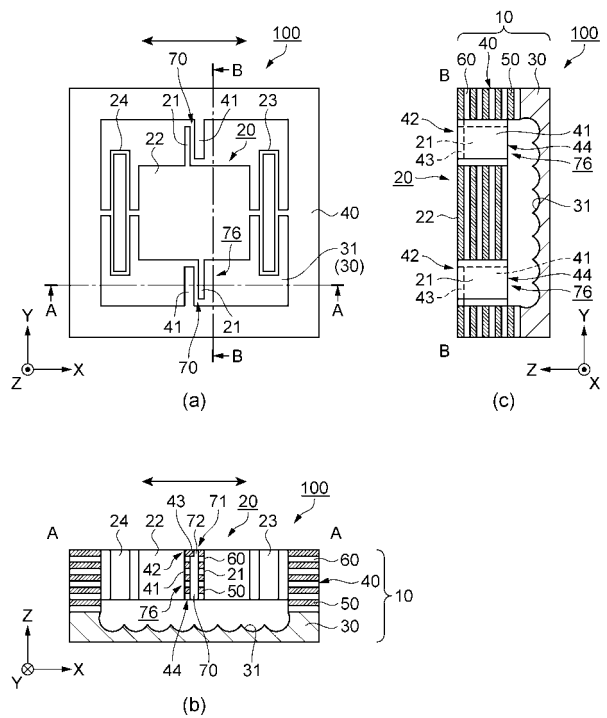
【0074】

10 ... 支持体、20 ... 可動部、21 ... 可動電極、30 ... 基板、41 ... 固定電極、70 ... 電極間隙、71, 73 ... 縁部、72, 74, 75 ... 狭窄部、76, 510, 610 ... ダンピング用構造体、90 ... 単結晶シリコンとしての単結晶シリコン層、100, 200, 300, 500, 550, 600 ... 加速度センサー素子、221 ... 重心、400 ... CMOS集積回路、520, 620 ... 間隙、700, 800, 900 ... 振動型角速度センサー素子、1000 ... 複合センサー、1300 ... パッケージ。

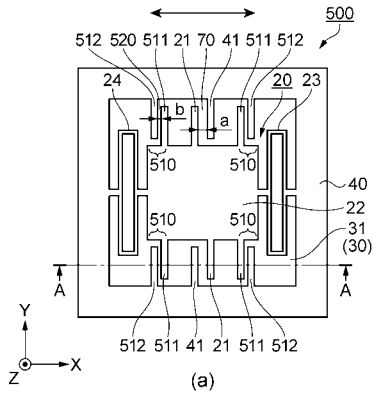
【図1】



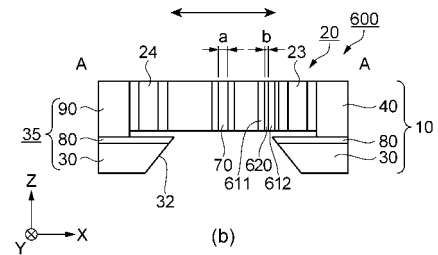
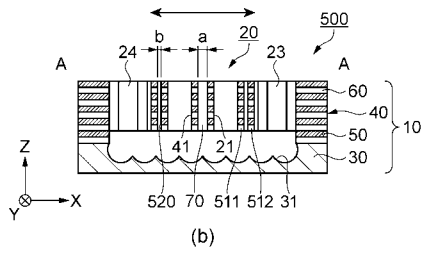
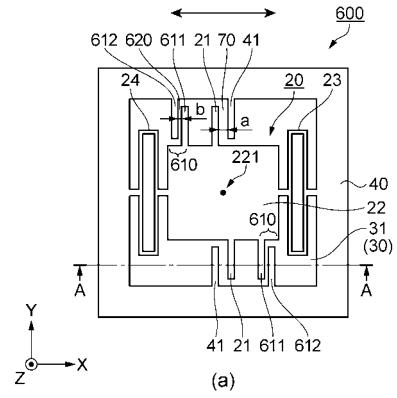
【図2】



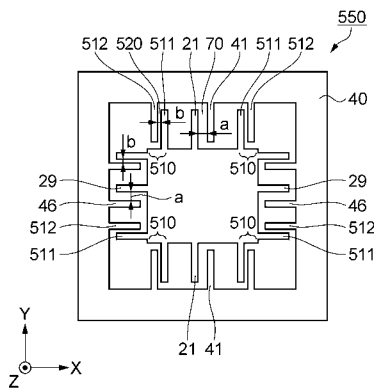
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-168777(JP,A)
特開2002-005950(JP,A)
特開平06-163936(JP,A)
特開平10-239064(JP,A)
特開2003-344445(JP,A)
特開2001-133479(JP,A)
特表2003-519797(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 15/08
G01C 19/5783
G01P 15/125
H01L 29/84