

(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2004-198280
(P2004-198280A)

(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO 1 P 15/12	GO 1 P 15/12	4 M 1 1 2
GO 1 P 15/18	HO 1 L 29/84	
HO 1 L 29/84	GO 1 P 15/00	

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2002-367835 (P2002-367835)	(71) 出願人	000005083 日立金属株式会社 東京都港区芝浦一丁目2番1号
(22) 出願日	平成14年12月19日 (2002.12.19)	(72) 発明者	大豊 大吾 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社OEデバイス部内
		(72) 発明者	斎藤 正勝 栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式会社OEデバイス部内
		Fターム(参考)	4M112 AA02 BA01 CA21 CA24 CA33 DA03 DA04 DA09 DA10 DA18 EA03 EA11 EA18 FA01 FA07

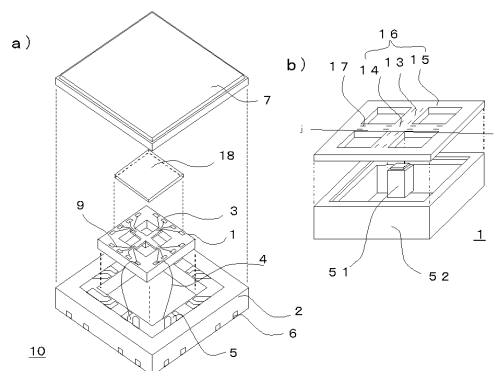
(54) 【発明の名称】 加速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 高感度型の加速度センサは、感度を確保するため可撓部が変形しやすくなる様に作られているため、加速度センサに測定範囲を大きく外れる様な衝撃力が加わると、可撓部が変形し過ぎて破壊するという問題があり、高感度と高耐衝撃性は相反するものであった。

【解決手段】 錘板部および支持枠部に切り欠き部を設け、可撓部に錘板部および可撓部に支持枠部が接しない構造とすることで、高感度を維持し、加速度センサを搭載した機器等が落下した際、加速度センサに異常な衝撃力が作用しても、加速度センサ素子の作用部と可撓部および固定部と可撓部の境界部分の耐破壊性を大きくすることができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

田の字型に形成されたベース基板の十字形に交差する部位に形成された作用部、作用部以外の十字形領域の可撓部、十字形を囲む口字形の固定部からなり、可撓部の一方の面には複数個のピエゾ抵抗素子が形成され、ピエゾ抵抗素子形成面の反対面の作用部には錘板部、固定部には支持枠部が配された加速度センサであって、可撓部と隣接する錘板部および支持枠部に切り欠き部を設け、可撓部と錘板部および可撓部と支持枠部が接しない構造であることを特徴とした加速度センサ。

【請求項 2】

錘板部および支持枠部の切り欠き部寸法は、可撓部の長手方向には $1\ \mu\text{m}$ 以上 $100\ \mu\text{m}$ 以下、可撓部の幅方向は可撓部幅と同等以上、可撓部の厚み方向は $1\ \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の加速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

携帯端末機器、玩具等に用いられる加速度検出用の半導体加速度センサ。

【0002】

【従来技術】

加速度センサは加速度を検出する方式でピエゾ抵抗効果型や圧電効果型、静電容量型等に大別されている。いずれも、加速度が加わった状態で変形する可撓部を有し、可撓部の変位量をピエゾ抵抗や圧電素子、静電容量の変化を電気信号として得ているものである。加速度センサの用途は、自動車分野におけるエアバックや車両制御など、平面方向の検出が主であった。これら用途の加速度センサとしては、検出方向は 1 軸もしくは 2 軸で済み、また、高加速度値の検出であるために高分解能が要求されることは少なかった。

【0003】

近年、携帯端末機器等に加速度センサを搭載し、人間の手の微小な変位を検出してその動きで端末の操作をすると言った用途など、これまでに加速度センサが使用されていなかった分野への応用が考え出されている。このような用途では、空間の動きを検出するために 3 軸の検出が可能であること、検出する加速度の大きさは 2 G 程度までと低く微小な加速度を高精度で検出する必要があることから、検出の分解能が高い高感度品であることが要求される。3 軸方向の加速度検出は、1 軸または 2 軸の加速度センサを複数組み合わせることで可能であるが、携帯端末機器等に加速度センサを用いる場合には、実装スペースが狭いこともあることから、1 個の加速度センサで 3 軸検出が可能で小型、高感度であることが要求される。

【0004】

可撓部の変位量をピエゾ抵抗や、圧電素子、静電容量の変化を電気信号として得るため、可撓部の材質の選定が重要になってくる。シリコン単結晶は、格子欠陥が極めて少ないために弾性変形領域が広いという特徴がある。さらに、半導体プロセス技術を利用することができるため、加速度センサ素子を小型で安価に多数製造することが可能となる。これらことから、シリコン単結晶を母体として薄肉の可撓部を設け、この薄肉の可撓部に加わる応力をピエゾ抵抗効果素子によって電気信号に変換して出力とするピエゾ抵抗効果型加速度センサが特に注目され、開発、製造されている。

【0005】

従来のピエゾ抵抗効果型加速度センサの基本構造を、図 8 を使って説明する。一般的に加速度センサ 10 は、加速度センサ素子 1 をケース等に封止した構造となっている。図 8 a) は、加速度センサ 10 の分解斜視図を示す。保護ケース 2 に加速度センサ素子 1 が固着され、加速度センサ素子 1 の端子 3 と保護ケース 2 の端子 5 はワイヤー 4 で電気的に接続される。保護ケース 2 に保護ケース蓋 7 を接着した構造となっている。保護ケース 2 の外部端子 6 は端子 5 は保護ケース内で接続されている。図 8 b) は加速度センサ素子 1 の分解斜視図である。図 9 は図 8 b) の点線 k - k' で切ったベース基板と錘板部および支持

10

20

30

40

50

枠の接合界面の断面図である。加速度センサ素子1の基本構造は、田の字型に形成されたベース基板16の十字形に交差する部位に形成された作用部14、作用部以外の十字形領域の可撓部13、可撓部を囲む口字形の固定部15からなる。作用部14は図10の平面図に示すように十字形の交差する部分を中心として、交差領域より大きい構造でも良い。可撓部13の一方の面には、加速度によって可撓部に発生する応力を電気信号に変換するための複数個のピエゾ抵抗素子17が形成され、ピエゾ抵抗素子17と端子3は配線パターン9で接続されている。ピエゾ抵抗素子形成面の背面の作用部に錘板部11、固定部に支持枠部12が配されている。錘板部11の大きさは作用部14の大きさと同じでかつ同一部位になる様に製造されている。また、固定部15と支持枠部12も同様に構成されているため、可撓部に錘板部および支持枠部が接した構造となっている。作用部14と錘板部11、固定部15に支持枠部12が接着剤(図示せず)で固着されている。また、ピエゾ抵抗素子17は、応力集中が大きく変位の最も大きい作用部と可撓部および固定部と可撓部の接続部近傍に配置されている。図面を見易くするため、図8b)と図10は配線パターン9および端子3、図9では配線パターン9は図示していない。

10

【0006】

加速度センサ素子1に加速度が作用すると、作用部14が力を受け可撓部13が変形し、可撓部13に設けられたピエゾ抵抗素子17に応力が作用する。ピエゾ抵抗素子17が受けた応力に比例して抵抗が変化するため、この抵抗変化量から加速度を求めることが可能となる。ピエゾ抵抗素子17で発生する抵抗変化は微小なものであるため、1方向の加速度検出あたり作用部の両端にある可撓部上に各々2個ずつピエゾ抵抗素子を配置し、計4

20

【0007】

高感度な加速度センサを得る方法は、僅かな力で加速度センサ素子の可撓部13の変形が起り易くすることであり、可撓部13の長さを長くする、幅を狭くする、または厚みを薄くするもしくは、作用部14と錘板部11の重量を重くする事が上げられる。当然であるが可撓部の機械的強度は低下するため、大きな加速度が加速度センサに加わると可撓部が壊れてしまうため、使用できる加速度範囲は限られてしまう。高感度型の加速度センサを携帯端末機器等に組込んで使用すると、機器の落下等で使用加速度範囲を大きく超えるような衝撃が加わることがある。携帯端末機器が地面に落下すると携帯端末機器内に組込まれた加速度センサには、1000から3000Gに達する急激な加速度、すなわち衝撃力が加わってしまう。高感度型の加速度センサは、小さな加速度を測定するため加速度センサ素子の可撓部が変形しやすく出来ていることから機械的強度が低く、応力集中の最も大きい作用部14と可撓部13の接続部や固定部15と可撓部13の接続部で破壊してしまい、加速度センサとしての機能を失いひいては、携帯端末機器の機能に障害を及ぼすことになる。高感度化と耐衝撃性は相反するものであった。

30

【0008】

高感度型の加速度センサの耐衝撃性を上げる方策として、特開平4-274005号と特開平8-233851号公報に開示されている。図11に示す。加速度センサ素子に硬質プラスチック球を含有する接着剤19で、ストッパー18を加速度センサ素子の上下に付加した構造となっている。硬質プラスチックの球径が加速度センサ素子とストッパー18の間隔gを規制しているものである。使用範囲の加速度が加わって可撓部が変形しても作用部14の上面と錘板部11の底面はストッパー18には接触しない様な間隔gが設定されている。可撓部13が破壊する様な衝撃が加速度センサに加わると、作用部14の上面もしくは錘板部11の底面、可撓部13の一部がストッパー18と接触し、可撓部13の変形を規制するものである。加速度センサ素子下側のストッパーは、保護ケースの内底を利用した構造としても良い。ストッパーを設け作用部と錘板部の動きを規制することで耐衝撃性を上げているが、これだけでは高感度型の加速度センサの耐衝撃対策としては未だ不十分であり、より高い耐衝撃性を有する加速度センサが求められている。

40

【0009】

50

【発明の解決しようとする課題】

より高い耐衝撃性を得るにはストッパーを用いる方法に加え、加速度センサ素子自体の耐衝撃性上げることが必要である。加速度センサ素子の耐衝撃性を上げるには、可撓部の強度を増加させるか作用部と錘板部の重量を下げることである。可撓部の長さを短く幅を広く厚みを厚くすることが必要となる。しかしながら、これらは加速度センサの感度を低下させることにつながってしまう。また、作用部と錘板部の重量を軽くすることも同様に加速度センサの感度を低下させるものである。すなわち、高感度と高耐衝撃性とは相反するものであり、従来技術では相反するこの2つの項目を両立させることができず、高感度で高耐衝撃性を備えた加速度センサを作ることに難しかった。

【0010】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、加速度センサ素子自体の耐衝撃性を向上させ、小型で高感度な加速度センサを安価に提供することを目的とする。

【0011】**【課題を解決するための手段】**

本発明の加速度センサは、田の字型に形成されたベース基板の十字形に交差する部位に形成された作用部、作用部以外の十字形領域の可撓部、十字形を囲む口字形の固定部からなり、可撓部の一方の面には複数のピエゾ抵抗素子が形成され、ピエゾ抵抗素子形成面の反対面の作用部には錘板部、固定部には支持枠部が配された加速度センサであって、可撓部と隣接する錘板部および支持枠部に切り欠き部を設け、可撓部と錘板部および可撓部と支持枠部が接しない構造としたことを特徴とする。

【0012】

加速度センサ素子の作用部の形状は、十字形の交差する部分で形成される正方形、または交差部分を中心として大きな相似形であっても良い。前記正方形より大きな相似形の四隅部に不定形状の出っ張りを設けても良い。しかし、付加された出っ張り部は可撓部や固定部と物理的に離れているだけでなく、加速度が加わり可撓部が変形しても出っ張り部が可撓部や固定部に接触しないことが重要である。接触してしまうと出力信号にノイズとして現れるため加速度センサの性能を低下させたり、可撓部の破損を助長することになる。

【0013】

錘板部の可撓部と隣接する部分に設ける切り欠き部は、可撓部の長手方向への切り欠き長さ L 、可撓部の幅方向への切り欠き長さ W 、可撓部の厚み方向への切り欠き長さ T によって定義される。可撓部と隣接する作用部と錘板部の接合部位に $L \times W \times T$ の空間領域が形成される。同様に、支持枠部の可撓部と隣接する部分に設ける切り欠き部は、可撓部の長手方向への切り欠き長さ L' 、可撓部の幅方向への切り欠き長さ W' 、可撓部の厚み方向への切り欠き長さ T' によって定義される。可撓部と隣接する固定部と支持枠部の接合部位に $L' \times W' \times T'$ の空間領域が形成される。これらの空間領域で可撓部と錘板部および可撓部と支持枠部の稜は接することがなくなり加速度センサ素子の耐衝撃性を上げることができる。

【0014】

シリコン基板をフォトリソ、エッチング技術等を用い、可撓部および作用部、固定部を形成した後、切り欠き部を有する錘板部および支持枠部を接着剤で接合することで加速度センサ素子が得られる。錘板部および支持枠部はシリコンもしくは他の材質を用いることができる。シリコンとの熱膨張係数が離れすぎると加速度センサ素子の温度が上がった時、可撓部および作用部、固定部の変形が起こり加速度が加わっていないにも係わらずピエゾ抵抗素子の抵抗変化が起こりノイズの原因となる。特に支持枠部の材質の熱膨張率の影響は大きいので、錘板部の材質より選定に注意が必要である。出来得る限り、同じシリコンを使用することが好ましい。錘板部および支持枠部は、複数枚接合することもできる。シリコン基板に酸化層を有するSOI (silicon on insulator) 基板を使用することで錘板部、支持枠部を一体で作ることもできる。SOIはシリコン層 - シリコン酸化層 - シリコン板で構成されている。シリコン層に可撓部および作用部、固定部を形成し、シリコン板に支持枠部および錘板部を位置を合わせて形成する。シリコン酸化

10

20

30

40

50

層は弗酸等でエッチング除去する。SOI基板に形成された加速度センサ素子パターンを砥石等で切断し、加速度センサ素子を得ることができる。SOI基板を用いた加速度センサ素子では、シリコン酸化層は作用部と錘板部および固定部と支持枠部の接着剤の役目をするものである。

【0015】

3軸加速度センサ素子においては、可撓部が4本あるため錘板部および支持枠部に設けられる切り欠き部は、各々4箇所となる。これら各々4箇所の切り欠き部寸法は、出来得る限り同一とすることが好ましい。特に錘板部に設けられる切り欠き部の寸法で、前記L、Wのばらつきは、オフセット電圧のばらつきを発生させることと、検出電圧の精度に影響するためばらつきをなくすために重要である。厚み方向の切り欠き寸法TはL、Wに比べオフセット電圧等に与える影響が小さいため、少々ばらつきは許容されるものである。支持枠部の切り欠き寸法でばらつきがあっても、オフセット電圧等への影響は殆ど無視できるため、錘板部ほどL'、W'、T'のばらつきを厳密に形成する必要はない。大きな衝撃力が加わっても、錘板部および支持枠部に設けた切り欠き部で、可撓部と作用部、可撓部と固定部の接続部位の応力を分散させることができ、加速度センサ素子の耐衝撃性を上げることができるものである。

10

【0016】

本発明の加速度センサは、錘板部および支持枠部の切り欠き部寸法は、可撓部の長手方向には1 μ m以上100 μ m以下、可撓部の幅方向は可撓部幅と同等以上、可撓部の厚み方向は1 μ m以上であることが望ましい。

20

【0017】

錘板部および支持枠部に設ける切り欠き部の可撓部の長手方向の長さL、L'は1 μ m以上100 μ m以下が好ましい。L、L'の長さが1 μ m以上あれば、加速度センサに衝撃力が作用した場合にも十分な応力緩和の効果が得られ、作用部と可撓部の接続部分および固定部と可撓部の接続部分が破壊し難くなり、耐衝撃性が向上する。錘板部に設ける切り欠き部のLの長さを100 μ m以上とすると、錘板部の質量が減少し、加速度センサの感度の低下が生じる。支持枠部に設ける切り欠き部L'は100 μ m以上でも錘板部のような感度低下は発生しない。しかし、支持枠部は加速度センサ素子に機械的強度を与えるものであり、L'を大きくすると強度が低下してしまう。また、強度を維持するため固定部の寸法を大きくすることは加速度センサ素子の小型化に反するだけでなく、シリコン基板から採れる加速度センサ素子数の減少につながりコストの上昇を招くことになる。

30

【0018】

錘板部および支持枠部の可撓部の幅方向への切り欠き長さWおよびW'は、可撓部幅と同等以上あれば良いものである。作用部および固定部の辺全域に渡って錘板部および支持枠部に切り欠き部を設けても良いが、錘板部の質量の低下や支持枠部の強度低下を起こすため、幅方向は出来る限り小さいほうが好ましい。

【0019】

錘板部および支持枠部の可撓部の厚み方向への切り欠き長さT、T'は、1 μ m以上であることが好ましい。T、T'の長さが1 μ m以上あれば、加速度センサに衝撃力が作用した場合にも十分な応力緩和の効果が得られ、作用部と可撓部の接続部分および固定部と可撓部の接続部分が破壊し難くなり、耐衝撃性が向上する。T、T'を錘板部と支持枠部の高さ方向全域に渡って設けても良いが、錘板部の質量の低下や支持枠部の強度低下を起こすため、1 μ mから30 μ m程度とすることがより好ましいものである。

40

【0020】

シリコン基板をフォトリソ、エッチング技術等を用い、可撓部および作用部、固定部を形成した後、切り欠き部を有する錘板部および支持枠部を接着剤で接合する加速度センサ素子の場合、接着剤のはみ出しが起こる場合がある。この場合ははみ出し固化した接着剤は錘板部および支持枠部の一部として作用するため、切り欠き部寸法L、W、TおよびL'、W'、T'は固化した接着剤から測定した値と規定されるものである。接着剤のはみ出しを制御することは難しい作業であるので、SOI基板を用いて接着剤を用いない加速度

50

センサ素子を作製することが、コスト的に有利であると言える。SOI基板を用いた場合は、シリコン酸化層が接着剤として作用するため、シリコン酸化層は錘板部および支持枠部の一部として扱うものである。

【0021】

作用部と錘板部および固定部と支持枠部を接着する接着剤を、錘板部および支持枠部の端面から引っ込めて固着することで、錘板部および支持枠部に切り欠き部を設けたと同じ効果を奏することができるものである。また、シリコン酸化層をオーバーエッチングして錘板部および支持枠部の端面から引っ込めることで、錘板部および支持枠部に切り欠き部を設けたと同じ効果を奏することができるものである。錘板部および支持枠部の切り欠きと接着剤を引っ込めることを併用することも可能であることは言うまでもない。

10

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について図を用いて詳細に説明する。判り易くするため同一の部位には同じ符号を用いている。図1a)は本発明の加速度センサ10の分解斜視図、図1b)は本発明の加速度センサ素子1の分解斜視図である。図1a)の保護ケース2に加速度センサ素子1を $10\mu\text{m}$ の硬質プラスチック球を含有した接着剤(図示せず)で固着した。加速度センサ素子1の錘板部51の底面とストッパーとして機能する保護ケース2の内底との間隔gは、硬質プラスチック球径の $10\mu\text{m}$ とした。加速度センサ素子1の端子3と保護ケース2の端子5はワイヤ-4で接続した。ワイヤ-4は $25\mu\text{m}$ の金裸線を超音波ボンディングで端子に熔接した。加速度センサ素子の上に $10\mu\text{m}$ の硬質プラスチック球を含有した接着剤(図示せず)でストッパー18を固着した。ストッパー18には、厚さ 0.3mm の青板ガラスを用いた。保護ケース蓋7を保護ケース2にエポキシ系の樹脂で固着して加速度センサ10を得た。図1b)に示す加速度センサ素子1は、田の字型したベース基板16の十字形に交差する部位に形成した作用部14、作用部以外の十字形領域の可撓部13、可撓部を囲む固定部15からなり、可撓部13の一方の面には複数個のピエゾ抵抗素子17を形成した。配線パターン9および端子3の図示は省略した。ピエゾ抵抗素子形成面の背面側の作用部に切り欠き部を有する錘板部51、固定部15に切り欠き部を有する支持枠部52を接着剤で固着して加速度センサ素子1を得た。図2に図1b)のj-j'断面図を示す。田の字型ベース基板16の作用部14に切り欠き部54を有する錘板部51、固定部15に切り欠き部55を有する支持枠部52が付加され、作用部14と可撓部13の接合部c点と錘板部のd点、固定部15と可撓部13の接合部e点と支持枠部のf点は切り欠き部54、55により所定の距離を有する構造となっている。

20

30

【0023】

実施した加速度センサ素子の主要部の寸法を説明する。高感度な加速度センサを得るため、可撓部の寸法は長さ $700\mu\text{m}$ 、幅 $110\mu\text{m}$ 、厚み $6\mu\text{m}$ と非常に薄く平板なものとなっている。錘板部は、一辺の長さを $1000\mu\text{m}$ 、支持枠部の幅は $450\mu\text{m}$ とし、加速度センサ素子外観形状は 3.3mm 角厚み約 0.6mm とし、図10a)に示す形状とした。錘板部の切り欠き54の寸法は可撓部の長手方向L、可撓部の幅方向W、可撓部の厚み方向T、および支持枠部の切り欠き55のL'、W'、T'をそれぞれ0から $150\mu\text{m}$ 、0から錘板部外辺長および0から支持枠部内辺長まで、0から錘板部厚みまで変化させて製作した。製作した加速度センサの感度、耐衝撃性を測定した。これら加速度センサ素子を作るのに、所定の切り欠き部寸法を得るため2種類の製造方法を併用した。一つの基材から田の字型のベース基板と錘板部、支持枠部を形成する一体型と、田の字型のベース基板に別工程で製作された錘板部、支持枠部を接着する複合型である。以下、製造方法について説明する。

40

【0024】

一体型の加速度センサ素子の製造方法を図3を用いて説明する。 $600\mu\text{m}$ 厚のシリコン板61に1から $10\mu\text{m}$ のシリコン酸化層と $6\mu\text{m}$ のシリコン層を有するSOIウェファ-を使用した。フォトレジストでパターンニングを行いシリコン層にボロンを $1\sim 3\times 10^{18}$ 原子/cm³打ち込みピエゾ抵抗素子を作製したのち、ピエゾ抵抗素子を外部のイオ

50

ンから保護するためと、シリコンと配線パターン、電極の絶縁を確保するため $0.2 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 厚に保護膜を形成した(ステップ1)。ピエゾ抵抗素子に接続する配線パターンと電極を、金属スパッタ、ドライエッチング装置を用いて形成した(ステップ2)。配線パターンの図示は省略している。シリコン層に可撓部と作用部、固定部をフォトリソとドライエッチング装置を用いて形成した(ステップ3)。シリコン酸化層がエッチングストッパーとなるため、エッチングされるのはシリコン層のみである。ピエゾ素子面を下にしてSOIウェファァーをダミー基板に、熱伝導の高い金属粉末を樹脂に混練したもの等を用いて接着した。SOIウェファァーのシリコン板の約 $600 \mu\text{m}$ をドライエッチングするには、 SF_6 と酸素を導入したプラズマ内で行うため、被加工物の冷却が重要である。(ステップ4)ドライエッチングされるのはシリコン板のみで、シリコン酸化層63は残っている。ステップ4'にステップ4のq-q'断面図を示す。ダミー基板に付けたまま弗酸溶液に浸け、シリコン酸化層を化学エッチング除去した(ステップ5)。化学エッチング時間を長くして、作用部と錘板部の間および固定部と支持枠部の間にあるシリコン酸化層が、へっこんだ状態を作った。へっこんだ量が切り欠き部のL、L'に相当するものである。シリコン酸化層厚が切り欠き部T、T'に相当する。マスク材を用いず化学エッチングを行うため切り欠き部W、W'は、錘板部の外辺、支持枠部の内辺の長さとなる。可撓部と作用部、固定部、錘板部、支持枠部が形成されたSOIウェファァーがダミー基板に接着された状態で、SOIウェファァーを切断機でチップに分離したのち、溶剤を用い接着樹脂を溶かし加速度センサ素子をダミー基板から取り外した加速度センサ素子1を得た(ステップ6)。化学エッチングの時間を変えることでLおよびL'を変更した。また、シリコン酸化層厚の異なるSOI基板を用いることで、TおよびT'を変更した。勿論、シリコン板のドライエッチング時に用いるマスクの寸法をかえることでも、L、L'、W、W'、T、T'を変えることも出るので、この様な方法も用いて加速度センサ素子を製作した。

10

20

30

40

50

【0025】

複合型の製造方法を説明する。複合型は一体型では出来ない切り欠き部形状や異形状、異材質を有する錘板部や支持枠部を有する加速度センサ素子の製作に適した製造方法である。図6a)からd)に複合型に適した切り欠き部の形状を示す。図6a)はL、L'方向に曲面を有する切り欠き部、b)はT、T'方向に傾斜を有する切り欠き部、c)はL、L'方向で略台形形状を有する切り欠き部、d)はL、L'方向に不定形な切り欠き部である。a)~d)いずれもW、W'方向は可撓部の幅以上で錘板部の外辺、支持枠部の内辺の長さ以下である。図7a) b)は錘板部および支持枠部の厚み方向に角度を有する、c) d)は錘板部および支持枠部の厚み方向に曲面を有する構造である。図6a)~d)と図7a)~d)の組み合わせも可能である。製造方法は、田の字型したベース基板16の十字形に交差する部位に形成した作用部14、作用部以外の十字形領域の可撓部13、可撓部を囲む口字形の固定部15からなり、可撓部13の一方の面には複数個のピエゾ抵抗素子17を形成するまでは図3ステップ1からステップ3までと同じである。使用するウェファァーがシリコンだけで出来ている点異なるだけである。ベース基板とは別個に製作した錘板部と支持枠部を接着剤を用い接着したのち、ウェファァーを切断して加速度センサ素子を得た。ベース基板に切断した後、錘板部と支持枠部を接着剤で接着しても良い。固化した接着剤は、錘板部と支持枠部の一部として機能するので、切り欠き部寸法は樹脂の面から測定した。感度に影響するため、錘板部の重量は $\pm 3\%$ 以内になる様に調整した。

【0026】

可撓部の寸法は幅 $110 \mu\text{m}$ 、長さ $700 \mu\text{m}$ 、厚み $6 \mu\text{m}$ 一定として、錘板部、一辺の長さを $1000 \mu\text{m}$ 、支持枠部の幅は $450 \mu\text{m}$ とし、加速度センサ素子外観形状は 3.3mm 角厚み約 0.6mm とした。以下、断りのない限り上記寸法値を用いている。錘板部および支持枠部に設ける切り欠き部の可撓部の長手方向への長さL、L'を0から $150 \mu\text{m}$ まで変化させた加速度センサを製作した。この場合の錘板部および支持枠部に設ける切り欠き部の可撓部の幅方向への長さW、W'は $200 \mu\text{m}$ 、可撓部の厚み方向への長

さ T 、 T' は $2\mu\text{m}$ とした。 L および L' が $0\mu\text{m}$ は比較のため入れた従来の加速度センサ素子である。

【0027】

前記加速度センサ素子を用い加速度センサを組立たのち、感度と耐衝撃性の測定を行った。感度は加速度センサに $2G$ の加速度を与えて出力電圧を測定した。耐衝撃性は加速度センサを 100mm の板上に自然落下させた後、出力の有無で評価した。自然落下する高さ
と衝撃力の相関を事前に求めておき、自然落下させる高さを変えて耐衝撃性を求めた。図
4 a)に感度、図5 a)に耐衝撃性の結果を示す。 L 、 L' が $0\mu\text{m}$ の従来の加速度セン
サ素子の感度との比で表している。 L 、 L' が $0\mu\text{m}$ から $150\mu\text{m}$ の間では感度の低下
は見られなかった。耐衝撃性は図5 a)に示すように L 、 L' が $1\mu\text{m}$ 以上で一定となり
、その値は $0\mu\text{m}$ の従来品と比較して約2倍となった。しかし、 L が $100\mu\text{m}$ 以上とな
ると、錘板部と作用部の接着面積が小さくなるためか、可撓部の破損だけでなく錘板部が
作用部から剥がれるものが出てきた。したがって、感度を維持し耐衝撃性を向上させる
 L および L' の長さは $1\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下が好ましいことが判った。

10

【0028】

錘板部および支持枠部に設ける切り欠き部の可撓部の厚み方向への長さ T 、 T' を0から
錘板部および支持枠部長 n まで変化させた加速度センサ素子用い加速度センサを製作した
。 W 、 W' は錘板部の外辺および支持枠部の内辺全域とした。可撓部の長手方向への長さ
 L は $5\mu\text{m}$ とした。加速度センサ素子の作りやすさから、 T および T' が $0\sim 10\mu\text{m}$ は
一体型、 $10\mu\text{m}$ 以上は複合型とした。図4 b)に感度、図5 b)に耐衝撃性の結果を示
す。感度はほとんど変化しなかった。耐衝撃性では、 T および T' が $1\mu\text{m}$ 以上で値がほ
ぼ一定となり、従来品に比べ耐衝撃性はほぼ2倍の値を得た。

20

【0029】

錘板部および支持枠部に設ける切り欠き部の可撓部の幅方向への長さ W および W' を、0
から錘板部および支持枠部長 m まで変化させた加速度センサ素子用い加速度センサを製作
した。ここで、 W 、 W' が $0\mu\text{m}$ とは切り欠き部幅と可撓部幅が同一であるものである。
 T 、 T' は $1\mu\text{m}$ 、 L 、 L' は $10\mu\text{m}$ とした。図4 c)に感度、図5 c)に耐衝撃性の
結果を示す。感度はほとんど変化しなかった。耐衝撃性では切り欠き部のない従来品に対
しほぼ2倍の値を得た。つまり、幅方向は可撓部と同等以上の長さを有すれば良いことが
言える。この結果から、可撓部の下部辺と錘板部の上部辺が接していなければ耐衝撃性は
向上すると言える。

30

【0030】

切り欠き部の効果を確かめるため、一体型および複合型で各々 1000 個の加速度センサ
を製作した。加速度センサ素子は可撓部の寸法は長さ $700\mu\text{m}$ 、幅 $110\mu\text{m}$ 、厚み $6\mu\text{m}$
とした。錘板部は、一辺の長さを $1000\mu\text{m}$ 、支持枠部の幅は $450\mu\text{m}$ とし、加
速度センサ素子外観形状は 3.3mm 角厚み約 0.6mm とした。ストッパーとの間隔 g
は $10\mu\text{m}$ とした。一体型の切り欠き部寸法は $L=10\mu\text{m}$ 、 W =作用部外辺全域、 T
 $=3\mu\text{m}$ とした。複合型も同様の仕様で製作した。錘板部および支持枠部は図2に示した形
状とした。比較のため、従来の切り欠き部を持たない加速度センサも 200 個製作し、感
度と耐衝撃性を測定した。

40

【0031】

感度は加速度センサに $2G$ の加速度を与えて出力電圧を測定した。耐衝撃性は加速度セン
サを 100mm の板上に 1m の高さから自然落下させた後、出力の有無で評価した。従来
品の 200 個と一体型 1000 個、複合型 1000 個は、同じ様な感度の値を示し問題な
いことを確認した。耐衝撃性試験で落下後出力の出ない加速度センサは、従来品が 113
個、一体品が 0 個、複合品が 2 個であった。複合品の 2 個を詳細に調査したところ、錘板
部の切り欠き部に樹脂がはみ出し可撓部と錘板部が接していたことが判った。はみ出した
樹脂が切り欠き部で固着し、切り欠き部を塞いだため切り欠き部の役目を果たさなかつた
ものと考えられる。これからも、可撓部の下部辺と錘板部の上部辺が接していなければ耐
衝撃性は向上することが確認できた。

50

【0032】

本発明の他の実施例として、図6および図7に記載の切り欠き部の形状、錘板部および支持枠部の形状を組み合わせ、加速度センサを製作し、感度と耐衝撃性を測定した。切り欠き部寸法等は他の実施例と同じとした。いずれの加速度センサにおいても自然落下試験後も出力が得られ、耐衝撃性の向上が確認された。感度においては、図7a)からc)は錘板部の重量が減ったため、5～10%程度感度低下を起こした。図7d)は錘板部の重量が増加する形状であるため、感度は50～70%上昇した。

【0033】

本発明の他の実施例として、図7b)の錘板部をシリコンより比重の高いチタンにしたものを製作した。錘板部がチタンの加速度センサ素子は複合型で製作し、錘板部がシリコンの加速度センサ素子は一体型で製作した。切り欠き部寸法等は他の実施例と同じとした。シリコンの比重は2.34であるがチタンの比重は4.54と約1.94倍の重さとなる。感度はシリコンに比べ約70%上昇した。いずれの加速度センサにおいても自然落下試験後も出力が得られ、耐衝撃性の向上が確認された。しかし、チタンの錘板部の製造コストと複合型を作るコストが、一体型に比べ高いため一体型に比べ約30%製造コストがアップした。

10

【0034】

【発明の効果】

錘板部および支持枠部に切り欠き部を設け、可撓部に錘板部および支持枠部が接しない構造とすることで、高感度を維持し、加速度センサを搭載した機器等が落下した際、加速度センサに異常な衝撃力が作用しても、加速度センサ素子の作用部と可撓部および固定部と可撓部の境界部分の耐破壊性を大きくすることができた。これにより、小型で高感度、高耐衝撃性の加速度センサを安価に提供することができた。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の加速度センサおよび加速度センサ素子の分解斜視図である。

【図2】本発明の加速度センサ素子の断面図である。

【図3】本発明の一体型加速度センサ素子の製造工程を示す図である。

【図4】切り欠き部寸法と感度の関係を示す図である。

【図5】切り欠き部寸法と耐衝撃性の関係を示す図である。

【図6】本発明の他の切り欠き部形状の図である。

30

【図7】本発明の他の錘板部および支持枠部形状の図である。

【図8】従来の加速度センサの分解斜視図である。

【図9】従来の加速度センサ素子の断面図である。

【図10】従来他の加速度センサ素子の平面図である。

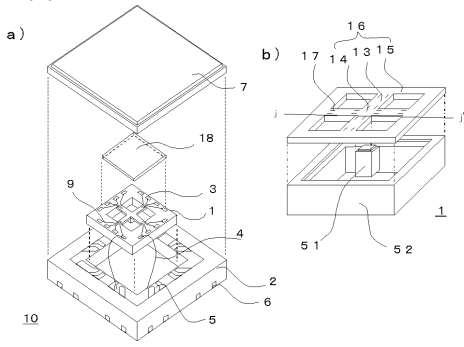
【図11】従来耐衝撃性向上方法例を示す図である。

【符号の説明】

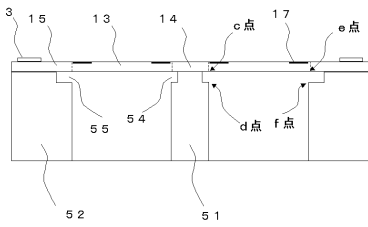
- 1 加速度センサ素子、2 保護ケース、3 端子、4 ワイヤー、
 5 端子、6 外部端子、7 保護ケース蓋、9 配線パターン、
 10 加速度センサ、11 錘板部、12 支持枠部、13 可撓部、
 14 作用部、15 固定部、16 ベース基板、17 ピエゾ抵抗素子、
 18 ストッパー、19 接着剤、51 錘板部、52 支持枠部、
 54, 55 切り欠き部、62 シリコン層、63 シリコン酸化層、
 64 シリコン板。

40

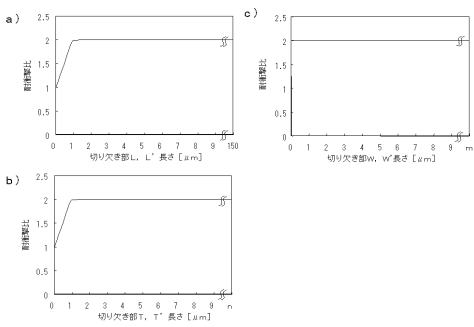
【図1】



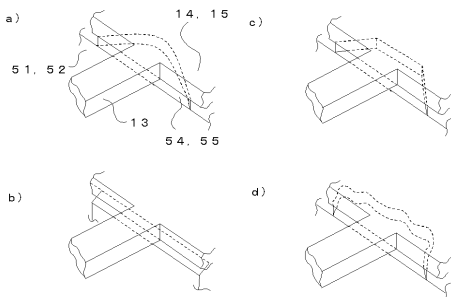
【図2】



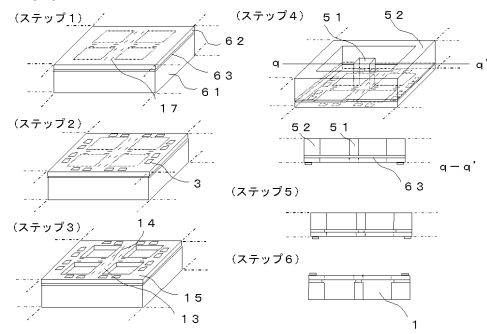
【図5】



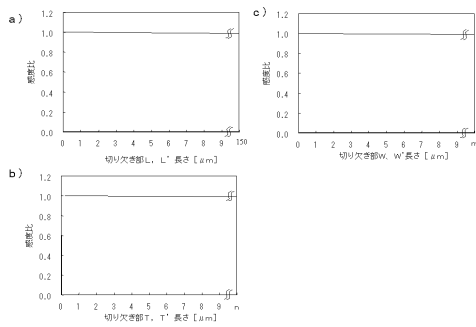
【図6】



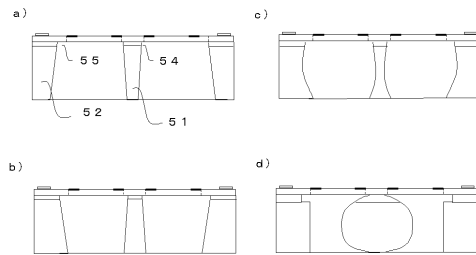
【図3】



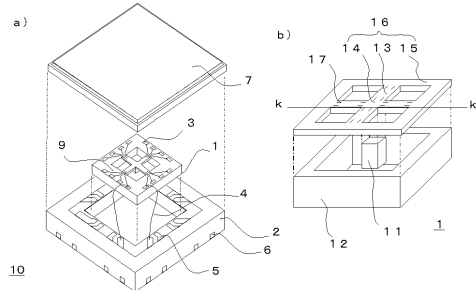
【図4】



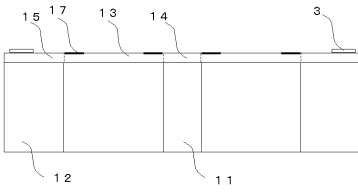
【図7】



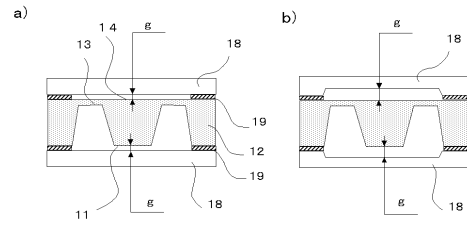
【図8】



【 9 】



【 11 】



【 10 】

