

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-20955  
(P2014-20955A)

(43) 公開日 平成26年2月3日(2014. 2. 3)

| (51) Int.Cl.                    | F I                   | テーマコード (参考) |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|
| <b>GO 1 P 15/125 (2006.01)</b>  | GO 1 P 15/125 Z       | 4 M 1 1 2   |
| <b>GO 1 P 15/13 (2006.01)</b>   | GO 1 P 15/13 B        |             |
| <b>HO 1 L 29/84 (2006.01)</b>   | HO 1 L 29/84 Z        |             |
| <b>B 6 O R 21/013 (2006.01)</b> | B 6 O R 21/013        |             |
| <b>B 6 O R 21/00 (2006.01)</b>  | B 6 O R 21/00 6 1 O Z |             |

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2012-160548 (P2012-160548)  
(22) 出願日 平成24年7月19日 (2012. 7. 19)

(71) 出願人 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
(74) 代理人 110001195  
特許業務法人深見特許事務所  
(72) 発明者 平田 善明  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72) 発明者 伊藤 恭彦  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
菱電機株式会社内  
Fターム(参考) 4M112 AA02 BA07 CA21 CA22 CA24  
CA26 CA31 CA34 DA03 DA15  
EA03 EA04 EA06 EA07 EA13  
FA01 FA03 FA20 GA03

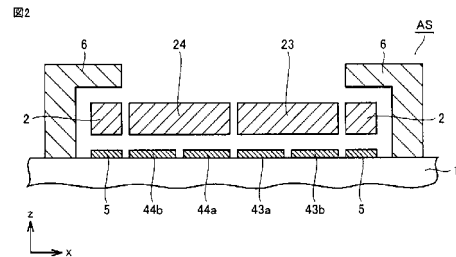
(54) 【発明の名称】 加速度センサ

(57) 【要約】

【課題】 プラス側への変位とマイナス側への変位に対して検出感度の差がなく、広い周波数範囲に対して測定が可能で、安価な加速度センサを提供する。

【解決手段】 加速度センサASでは、シリコン基板1上にポリシリコンの慣性質量体2が形成されている。慣性質量体2は、4枚の検出プレート23、24等と接続されている。検出プレート23、24等の下方には、検出プレート23、24等の変位を検出する検出電極43a、43b、44a、44b等が設けられている。慣性質量体2の下方には、アクチュエーション電極5が設けられている。慣性質量体2を挟んで、そのアクチュエーション電極5と対向するように、固定電極6が配置されている。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
前記基板の表面と交差する方向に変位する慣性質量体と、  
前記慣性質量体の変位を差動容量の変化として検出するように配置された検出プレートおよび検出電極と、  
前記慣性質量体を上下方向から挟み込む態様で、前記慣性質量体から下方と上方とに、前記慣性質量体が静止した状態でそれぞれ第 1 間隔をもって隔てられるように配置され、前記慣性質量体のダンピングを調整する 1 対のダンピング調整部とを備えた、加速度センサ。

10

## 【請求項 2】

前記 1 対のダンピング調整部は、  
前記 1 対のダンピング調整部の一方のダンピング調整部としての、前記慣性質量体の下方に配置される第 1 電極と、  
前記 1 対のダンピング調整部の他方のダンピング調整部としての、前記慣性質量体の上方に配置される第 2 電極と  
を含む、請求項 1 記載の加速度センサ。

## 【請求項 3】

前記慣性質量体は導電性であり、  
前記慣性質量体と前記第 1 電極との間および前記慣性質量体と前記第 2 電極との間にそれぞれ所定の電位を印加することにより生じる静電引力によって、前記慣性質量体を、静止状態の前記慣性質量体の位置に制御するサーボ機能を備えた、請求項 2 記載の加速度センサ。

20

## 【請求項 4】

前記検出プレートは前記慣性質量体に接続され、  
前記検出電極は、前記慣性質量体が静止した状態で前記検出プレートとは第 2 間隔をもって隔てられて、前記検出プレートと対向するように配置され、  
前記第 1 間隔は前記第 2 間隔よりも狭く設定された、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の加速度センサ。

## 【請求項 5】

前記検出プレートは前記慣性質量体に接続され、  
前記検出電極は、前記慣性質量体が静止した状態で前記検出プレートとは第 2 間隔をもって隔てられて、前記検出プレートと対向するように配置され、  
前記第 1 間隔は前記第 2 間隔よりも広く設定された、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の加速度センサ。

30

## 【請求項 6】

前記第 1 電極および前記第 2 電極はポリシリコンから形成された、請求項 2 記載の加速度センサ。

## 【請求項 7】

前記第 1 間隔は、前記第 1 間隔に相当する厚みの犠牲膜を除去することによって確保された、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の加速度センサ。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は加速度センサに関し、たとえば、自動車のエアバックシステム等に搭載される加速度センサに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来 of 加速度センサの一例（特許文献 1）について説明する。基板の面外方向の加速度

50

を検出する加速度センサにおいて、シリコン基板上に形成されたポリシリコンの慣性質量体は、リンク梁によって4枚の検出プレートに接続されている。その4枚の検出プレートは、ネジレ梁によって支持され、さらに、アンカーによって基板に接続されている。

【0003】

検出プレート下方の基板には、検出プレートの変位を検出する検出電極が設けられている。基板面外方向に加速度が加わると、慣性質量体が面外方向に変位する。慣性質量体の面外変位は、ネジレ梁を中心とした検出プレートの回転変位にメカニカルに変換される。この回転変位によって、検出プレートと検出電極との距離が変化することで、検出プレートと検出電極間の静電容量が変化する。

【0004】

検出電極は、ネジレ梁に対して対称になるように検出プレート下方に配置されている。このため、ネジレ梁を挟んで一方の静電容量が増加すると、他方の静電容量は減少して、差動容量が形成される。静電容量は、容量-電圧変換回路によって加速度に比例する電圧に変換されて、加速度として検出される。慣性質量体下方の基板には、静電引力によって慣性質量体を変位させて、センサ故障を診断するアクチュエーション電極が設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第2009/125510号(図19)

【特許文献2】特開2010-66231号公報(図2)

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Y.Hirata, N.Konno, T.Tokunaga, M.Tsugai and H.Fukumoto "A new z-axis capacitive accelerometer with high impact durability", Digest of Technical Papers Transducers'99, Denver, pp.1158-1161, June 21-25, 2009.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来の加速度センサでは、慣性質量体とアクチュエーション電極の距離は非常に狭い。このため、慣性質量体が基板側に変位する場合は、基板と慣性質量体間のダンピング(エアードンピング)により抗力を受けることになる。一方、慣性質量体が基板と反対側に変位する場合は、エアードンピングによる抗力が小さくなる。

【0008】

このため、基板に作用する入力加速度と検出されるセンサ出力加速度との関係では、基板に対して上向きの加速度が作用する場合(プラス側)には、センサ出力加速度が入力加速度よりも小さくなる。一方、基板に対して下向きの加速度が作用する場合(マイナス側)には、センサ出力加速度は入力加速度と同じである。したがって、従来の加速度センサでは、特に、エアードンピングによる抗力が大きくなる高周波、高加速度領域において、慣性質量体の変位がプラス側とマイナス側とで異なり、加速度を正確に測定することができないという問題点がある。

【0009】

これに対して、特許文献2では、狭ギャップを有するキャップ構造が提案されているが、このキャップ構造では、検出プレートに作用するエアードンピングによる抗力が過剰となり、検出できる周波数範囲が狭くなるという問題点がある。

【0010】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、プラス側への変位とマイナス側への変位に対して検出感度の差がなく、広い周波数範囲に対して測定が可能で、安価な加速度センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 1 】

本発明に係る加速度センサは、基板と慣性質量体と検出プレートおよび検出電極と1対のダンピング調整部とを備えている。慣性質量体は基板の表面と交差する方向に変位する。検出プレートおよび検出電極は、慣性質量体の変位を差動容量の変化として検出するように配置されている。1対のダンピング調整部は、慣性質量体を上下方向から挟み込む態様で、慣性質量体から下方と上方とに、慣性質量体が静止した状態でそれぞれ第1間隔をもって隔てられるように配置され、慣性質量体のダンピングを調整する。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 2 】

本発明によれば、検出精度が高く、検出できる周波数範囲の広い加速度センサを得ることができる。

10

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 3 】

【 図 1 】本発明の実施の形態1に係る加速度センサの平面図である。

【 図 2 】同実施の形態において、図1に示す断面線I I - I Iにおける断面図である。

【 図 3 】同実施の形態において、加速度センサの動作を説明するための第1の状態を示す断面図である。

【 図 4 】同実施の形態において、加速度センサの動作を説明するための第2の状態を示す断面図である。

【 図 5 】比較例に係る加速度センサの平面図である。

20

【 図 6 】図5に示す断面線V I - V Iにおける断面図である。

【 図 7 】同実施の形態において、理想的な加速度センサの感度と入力加速度周波数との関係を示す図である。

【 図 8 】比較例に係る加速度センサにおける、入力加速度および加速度センサの出力と時間との関係を示す図である。

【 図 9 】比較例に係る加速度センサにおける、加速度センサの感度と入力加速度周波数との関係を示す図である。

【 図 1 0 】同実施の形態において、同実施の形態に係る加速度センサの感度と入力加速度周波数との関係を、比較例に係る加速度センサの感度と入力加速度周波数との関係とともに示す図である。

30

【 図 1 1 】同実施の形態において、サーボ制御を示すブロック図である。

【 図 1 2 】同実施の形態において、加速度センサの動作を説明するための第1の図である。

【 図 1 3 】同実施の形態において、加速度センサの動作を説明するための第2の図である。

【 図 1 4 】同実施の形態において、加速度センサのサーボ制御を示す図である。

【 図 1 5 】同実施の形態において、加速度センサの製造方法の一工程を示す断面図である。

【 図 1 6 】同実施の形態において、図15に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

40

【 図 1 7 】同実施の形態において、図16に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【 図 1 8 】同実施の形態において、図17に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【 図 1 9 】同実施の形態において、図18に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【 図 2 0 】同実施の形態において、図19に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【 図 2 1 】同実施の形態において、図20に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

50

【図 2 2】本発明の実施の形態 2 に係る加速度センサの断面図である。

【図 2 3】本発明の実施の形態 3 に係る加速度センサの断面図である。

【図 2 4】同実施の形態において、加速度センサの製造方法の一工程を示す断面図である。

【図 2 5】同実施の形態において、図 2 4 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 2 6】同実施の形態において、図 2 5 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 2 7】同実施の形態において、図 2 6 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 2 8】同実施の形態において、図 2 7 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 2 9】同実施の形態において、図 2 8 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 3 0】本発明の実施の形態 4 に係る加速度センサの断面図である。

【図 3 1】同実施の形態において、加速度センサの製造方法の一工程を示す断面図である。

【図 3 2】同実施の形態において、図 3 1 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 3 3】同実施の形態において、図 3 2 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 3 4】同実施の形態において、図 3 3 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 3 5】同実施の形態において、図 3 4 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【図 3 6】同実施の形態において、図 3 5 に示す工程の後に行われる工程を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

実施の形態 1

実施の形態 1 に係る加速度センサについて説明する。図 1 および図 2 に示すように、加速度センサ A S では、シリコン基板 1 上にポリシリコンの慣性質量体 2 が形成されている。慣性質量体 2 は、リンク梁 3 1、3 2、3 3、3 4 によって、4 枚の検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 と接続されている。その 4 枚の検出プレート 2 1 ~ 2 4 は、ネジレ梁 1 1、1 2、1 3、1 4 によって支持され、アンカー 9 1、9 2、9 3、9 4 によって基板に接続されている。

【0015】

検出プレート 2 1 ~ 2 4 の下方のシリコン基板 1 上には、検出プレート 2 2 ~ 2 4 の変位を検出する検出電極が設けられている。検出プレート 2 1 の下方には、検出電極 4 1 a、4 1 b が設けられ、検出プレート 2 2 の下方には、検出電極 4 2 a、4 2 b が設けられている。また、検出プレート 2 3 の下方には、検出電極 4 3 a、4 3 b が設けられ、検出プレート 2 4 の下方には、検出電極 4 4 a、4 4 b が設けられている。

【0016】

また、慣性質量体 2 の下方のシリコン基板 1 上には、静電引力によって慣性質量体 2 を変位させセンサ故障を診断するアクチュエーション電極 5 が設けられている。慣性質量体 2 を挟んで、そのアクチュエーション電極 5 と対向するように、固定電極 6 が配置されている。固定電極 6 は、慣性質量体 2 の外周部分に沿ってその外周部分を覆うように配置されている。

【0017】

上述した加速度センサ A S では、シリコン基板 1 の面外方向に加速度が加わると、慣性

10

20

30

40

50

質量体 2 が面外方向 ( X Y 面と交差する方向、たとえば Z 軸方向 ) に変位する。慣性質量体 2 の面外変位はネジレ梁 1 1、1 2、1 3、1 4 を中心とした検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 の回転変位にメカニカルに変換される。この回転変位により、検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 と検出電極 4 1 a、4 1 b、4 2 a、4 2 b、4 3 a、4 3 b、4 4 a、4 4 b との距離が変化するので、検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 と検出電極 4 1 a、4 1 b、4 2 a、4 2 b、4 3 a、4 3 b、4 4 a、4 4 b と間の静電容量が変化する。

【 0 0 1 8 】

なお、検出ユニット 1 0 と検出ユニット 2 0 とが Y 軸方向に対して対称に配置され、検出ユニット 3 0 と検出ユニット 4 0 とが Y 軸方向に対して対称に配置されていることで、検出対象でない方向の加速度に対する感度が抑えられて、角速度や角加速度などの慣性力の影響を受けにくくなる。

10

【 0 0 1 9 】

また、ネジレ梁 3 1 は、アンカー 9 1 およびアンカー 9 3 を通る線分を挟んで一方の側に配置され、ネジレ梁 3 3 は、その線分を挟んで他方の側に配置されている。ネジレ梁 3 2 は、アンカー 9 2 およびアンカー 9 4 を通る線分を挟んで一方の側に配置され、ネジレ梁 3 4 は、その線分を挟んで他方の側に配置されている。これにより、シリコン基板 1 反りなどによって、検出プレートのゼロ点位置が平行位置より回転変位した場合に、検出容量の変化は打ち消し合って一定値となるため、ゼロ点出力変動を抑え、精度良く加速度を検出できる。

20

【 0 0 2 0 】

静電容量の変化による加速度の検出について、もう少し詳しく説明する。検出電極 4 1 a、4 1 b は、ネジレ梁 1 1 に対して対称に配置され、検出電極 4 2 a、4 2 b は、ネジレ梁 1 2 に対して対称に配置されている。また、検出電極 4 3 a、4 3 b は、ネジレ梁 1 3 に対して対称に配置され、検出電極 4 4 a、4 4 b は、ネジレ梁 1 4 に対して対称に配置されている。

【 0 0 2 1 】

これにより、たとえば、ネジレ梁 1 1、1 2、1 3、1 4 に対して、一方の側に位置する検出電極 4 1 a、4 2 a、4 3 a、4 4 a のそれぞれと対応する検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 との間の静電容量が増加すると、他方の側に位置する検出電極 4 1 b、4 2 b、4 3 b、4 4 b のそれぞれと対応する検出プレート 2 1、2 2、2 3、2 4 との間の静電容量が減少して、差動容量が形成されることになる。

30

【 0 0 2 2 】

図 3 に示すように、シリコン基板 1 に上向きの加速度 ( 矢印 Y 1 ) が作用した場合には、たとえば、検出プレート 2 3 と検出電極 4 3 a との間の静電容量 C 2 および検出プレート 2 4 と検出電極 4 4 a との間の静電容量 C 2 が増加する一方、検出プレート 2 3 と検出電極 4 3 b との間の静電容量 C 1 および検出プレート 2 4 と検出電極 4 4 b との間の静電容量 C 1 が減少する。

【 0 0 2 3 】

図 4 に示すように、シリコン基板 1 に下向きの加速度 ( 矢印 Y 2 ) が作用した場合には、たとえば、検出プレート 2 3 と検出電極 4 3 a との間の静電容量 C 2 および検出プレート 2 4 と検出電極 4 4 a との間の静電容量 C 2 が減少する一方、検出プレート 2 3 と検出電極 4 3 b との間の静電容量 C 1 および検出プレート 2 4 と検出電極 4 4 b との間の静電容量 C 1 が増加する。静電容量の変化は、容量 - 電圧変換回路によって加速度に比例する電圧に変換され加速度として検出される。

40

【 0 0 2 4 】

上述した加速度センサ A S では、慣性質量体 2 を上下方向から挟み込む態様で、アクチュエーション電極 5 と固定電極 6 とが配置されている。これにより、慣性質量体 2 の上下方向の変位に対してエアダンピング効果が得られる。このことについて、比較例を交えて説明する。

50

## 【0025】

図5および図6に示すように、比較例に係る加速度センサでは、固定電極6が形成されていない点を除いて、図1および図2に示す加速度センサの構成と同様である。このため、同一部材については参照番号を100番台として付し、必要である場合を除いてその説明を繰り返さないこととする。

## 【0026】

比較例に係る加速度センサの共振周波数を15kHzとし、検出周波数の上限が10kHzの検出周波数範囲を有しているとする。まず、理想的な感度周波数特性を図7に示す。図7に示すように、感度(検出感度)は、検出周波数範囲において一定であり、検出周波数範囲を超えると、高周波領域では速やかに減衰することが望ましい。

10

## 【0027】

比較例に係る加速度センサでは、慣性質量体102とアクチュエーション電極105(シリコン基板101)との間の距離が狭い。このため、慣性質量体102がシリコン基板101側に変位する場合には、シリコン基板101と慣性質量体102との間のエアードンピングによる抗力を受けることになる。一方、慣性質量体102がシリコン基板101側とは反対側に変位する場合には、エアードンピングによる抗力は相対的に小さい。

## 【0028】

この場合における、入力加速度(作用する加速度)とセンサ出力加速度との関係を図8に示す。図8において、縦軸のプラス側は、シリコン基板に上向きの加速度が作用する場合である。このとき、慣性質量体102はシリコン基板101側に変位する。一方、縦軸のマイナス側は、シリコン基板に下向きの加速度が作用する場合である。このとき、慣性質量体102はシリコン基板101側とは反対の側に変位する。

20

## 【0029】

図8に示すように、シリコン基板に上向きの加速度が作用する場合には、センサ出力加速度が入力加速度よりも小さくなる。シリコン基板に下向きの加速度が作用する場合には、センサ出力加速度と入力加速度とは同じである。したがって、特に、エアードンピングによる抗力が大きくなる、高周波領域または高加速度領域において、慣性質量体の変位がプラス側に変位する場合とマイナス側に変位する場合とで異なり、加速度を精度よく検出することができないことがある。

## 【0030】

発明者らは、シリコン基板101と慣性質量体102との間のエアードンピングによる抗力をなくそうとして、慣性質量体102に空気が通過する穴を設けた加速度センサを製作して、入力加速度周波数と感度との関係の評価した。その結果を図9に示す。図9に示すように、エアードンピングによる抗力をなくすと、慣性質量体102自体の弾性変形共振周波数(慣性質量体の共振周波数)においてピークが認められ、感度が一定である検出周波数範囲が狭くなってしまうことが判明した。また、慣性質量体の共振周波数付近では、慣性質量体102の変位が大きくなって、慣性質量体102がシリコン基板101に衝突してしまうという不具合が発生することが判明した。

30

## 【0031】

比較例に対して実施の形態に係る加速度センサでは、慣性質量体2の上方に固定電極6が配置される一方、慣性質量体2の下方にアクチュエーション電極5が配置されている。慣性質量体2の下方側では、慣性質量体2とシリコン基板1との間のエアードンピングによる抗力を受け、慣性質量体2の上方側では、慣性質量体2とシリコン基板1との間のエアードンピングによる抗力を受けることになる。これにより、図9に示されるような、慣性質量体の共振が発生することがなくなり、図7に示される、理想的な入力加速度周波数と感度との関係が得られる。

40

## 【0032】

固定電極が配置されている加速度センサと固定電極が配置されていない加速度センサについて、入力加速度周波数と感度との関係を解析した結果を図10に示す。図10に示すように、固定電極が配置されていない加速度センサでは、慣性質量体の共振周波数付近

50

においてピークが求められるのに対して、固定電極が配置されている、実施の形態に係る加速度センサでは、慣性質量体の共振によるピークは、ダンピング効果によって抑えられていることがわかる。

【0033】

また、実施の形態に係る加速度センサでは、センサ出力に応じて検出プレートが、加速度センサに加速度が作用していない状態における検出プレートの静止位置（ゼロ点）になるように、サーボ制御が可能である。すなわち、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間および慣性質量体2と固定電極6との間にそれぞれ所定の電位を印加することによって、それぞれの間に静電引力を発生させて、検出プレートの位置がゼロ点になるように制御することができ、検出精度を上げることができる。このことについて、加速度センサの動作を交えて説明する。

10

【0034】

まず、サーボ制御のブロック図を図11に示す。加速度センサ（センサ素子SE）では、上述したように、加速度は検出プレートと検出電極との間の静電容量の変化（差動容量）に基づいて求められる。ここで、図12および図13に示すように、検出プレート21～24（図1参照）を検出プレートDPで代表させ、検出電極41a、41b～44a、44b（図1参照）を検出電極DE1、DE2で代表させる。

【0035】

検出プレートDPの位置がゼロ点の場合の検出プレートDPと検出電極DE1、DE2との間の間隔（ギャップ）をdとする。そして、シリコン基板1に上向きの加速度が作用した場合の慣性質量体の下方への変位をuとする。このときの検出プレートDPと検出電極DE1との間の容量を静電容量C1とし、検出プレートDPと検出電極DE2との間の容量を静電容量C2とすると、静電容量C1と静電容量C2とは、以下の式1および式2によって表わされる。

20

【0036】

$$C1 = \epsilon \cdot S / u \cdot \log \{ d / (d - u) \} \quad (\text{式1})$$

$$C2 = \epsilon \cdot S / u \cdot \log \{ (d + u) / d \} \quad (\text{式2})$$

ここで、Sは検出電極DE1、DE2の面積であり、 $\epsilon$ は誘電率である。

【0037】

図11に示される静電容量の変化は、静電容量C1および静電容量C2の容量変化であり、差動静電容量の変化は、回路基板CBにおける容量電圧変換回路により、以下の式3によって変位uに比例する電圧Voutに変換される。

30

【0038】

$$Vout = C1 / (C1 + C2) \cdot Vs \\ Vs / 2 + \{ Vs / (4 \cdot d) \} \cdot u \quad (\text{式3})$$

検出プレートDPの変位uは加速度に比例する。図14に示すように、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間と、慣性質量体2と固定電極6との間に、それぞれ所定のサーボ電圧8を印加して静電引力によって、変位uが変動しないように制御される。すなわち、Voutが変動しないように制御される。また、サーボ電圧は、加速度の関数となる。このため、印加したサーボ電圧は加速度に変換されて、検出された加速度の数値が出力される（図11参照）。

40

【0039】

次に、上述した加速度センサの製造方法の一例について説明する。まず、図15に示すように、シリコン基板1の表面を覆うように、シリコン酸化膜またはシリコン窒化膜等の絶縁膜50が形成される。次に、絶縁膜50を覆うように、ポリシリコン膜80が形成される。次に、そのポリシリコン膜80をパターニングすることによって、ポリシリコン膜80からなるアクチュエーション電極5、検出電極43a、43b、44a、44b等が形成される。

【0040】

次に、アクチュエーション電極5、検出電極43a、43b、44a、44b等を覆う

50



ように、たとえば、リン酸ガラス等の第1の犠牲膜51(図16参照)が形成される。次に、固定電極が配置される領域に位置する第1の犠牲膜51の部分に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、図16に示すように、絶縁膜50の表面を露出する開口51aが形成される。

#### 【0041】

次に、開口51aを埋め込む態様で第1の犠牲膜51を覆うように、導電性のポリシリコン膜81(図17参照)が形成される。次に、その導電性のポリシリコン膜81に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことにより、図17に示すように、慣性質量体2、検出プレート23、24等が形成される。また、開口51aでは、固定電極の一部となるポリシリコン膜81がパターニングされる。

10

#### 【0042】

次に、慣性質量体2、検出プレート23、24等を覆うように、リン酸ガラス等の第2の犠牲膜52(図18参照)が形成される。次に、固定電極が配置される領域に位置する第2の犠牲膜52の部分に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、図18に示すように、ポリシリコン膜81の表面を露出させる。次に、図19に示すように、第2の犠牲膜52を覆うように導電性のポリシリコン膜82が形成される。

#### 【0043】

次に、その導電性のポリシリコン膜82をパターニングすることによって、図20に示すように、固定電極6が形成される。固定電極6は、導電性のポリシリコン膜81、82によって形成されている。次に、図21に示すように、所定のエッチング条件のもとで、第2の犠牲膜52および第1の犠牲膜51が選択的に除去される。こうして、加速度センサの主要部分が完成する。

20

#### 【0044】

上述した加速度センサの製造方法では、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔(間隔A)は、第1の犠牲膜51の膜厚によって調整される。また、慣性質量体2と固定電極6との間隔(間隔B)は、第2の犠牲膜52の膜厚によって調整される。これにより、間隔Aおよび間隔Bを、精度よく合わせる(揃える)ことができる。また、加速度センサを製造するための製造装置としては、特殊な製造装置は不要であり、既存の製造装置を用いて製造することができ、精度が高く、検出周波数範囲の広い加速度センサを安価に製造することができる。

30

#### 【0045】

##### 実施の形態2

実施の形態2に係る加速度センサについて説明する。図22に示すように、加速度センサASには、慣性質量体2および検出プレート23、24等を封止する態様で、上部キャップ7が設けられている。上部キャップ7は、ガラスまたは絶縁膜付きのシリコン基板から形成されている。慣性質量体2の上方の、慣性質量体2と対向する上部キャップ7の部分に固定電極6が配置されている。固定電極6は、慣性質量体2の外周部分に沿ってその外周部分を覆うように配置されている。

#### 【0046】

慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔(距離)と、慣性質量体2と固定電極6との間隔(距離)とは、同じ間隔に設定されている。また、検出プレート23、24と上部キャップ7との間隔(距離)は、慣性質量体2と上部キャップの部分(固定電極6が配置されている部分)との間隔(距離)よりも長い間隔が確保されている。これにより、検出プレート23、24と上部キャップ7とのエアダンピング効果が抑えられることになる。なお、これ以外の構成については、図1および図2に示す加速度センサと同様なので、同一部材には同一符号を付しその説明を繰り返さないこととする。

40

#### 【0047】

上述した加速度センサでは、慣性質量体2の上方に固定電極6が配置される一方、慣性質量体2の下方にアクチュエーション電極5が配置されている。これにより、実施の形態1において説明したように、慣性質量体の共振が発生することがなくなり、理想的な入力

50

加速度周波数と感度（検出感度）との関係が得られる（図7参照）。

【0048】

また、実施の形態1において説明した加速度センサと同様に、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間と、慣性質量体2と固定電極6との間に、それぞれ所定のサーボ電圧8を印加してサーボ制御することで、検出精度と周波数範囲を拡大させることができる。

【0049】

さらに、上述した加速度センサは、実施の形態1において説明した製造方法において、固定電極のためのポリシリコン膜を形成する工程を、上部キャップを加工する工程に替えて製造することができ、比較的安価に製造することができる。

10

【0050】

実施の形態3

実施の形態3に係る加速度センサについて説明する。図23に示すように、加速度センサASでは、慣性質量体2が静止した状態で、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔と、慣性質量体2と固定電極6との間隔が、同じ間隔Lに設定されている。また、慣性質量体2（検出プレート）が静止している状態で、検出プレート23、24等と検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔が間隔Dに設定されている。この加速度センサでは、間隔Lは間隔Dよりも狭く設定されている。なお、これ以外の構成については、図1および図2に示す加速度センサと同様なので、同一部材には同一符号を付しその説明を繰り返さないこととする。

20

【0051】

上述した加速度センサでは、間隔Lが間隔Dよりも狭く設定されていることで、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間のダンピング効果および慣性質量体2と固定電極6との間のダンピング効果が、間隔Lと間隔Dとが同じ場合のダンピング効果に比べて高められて、検出周波数範囲のより広い加速度センサを得ることができる。

【0052】

また、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間と、慣性質量体2と固定電極6との間に、それぞれ所定のサーボ電圧を印加し静電引力によってサーボ制御させる場合には、間隔Lが狭い分、同じ静電引力をより低い電圧をもって発生させることができ、低電圧で動作させることができる。これにより、高電圧に耐える制御回路が不要になり、安価なサーボ制御可能な加速度センサを得ることができる。

30

【0053】

次に、上述した加速度センサの製造方法の一例について説明する。まず、前述した図15に示す工程の後、アクチュエーション電極5、検出電極43a、43b、44a、44b等を覆うように、たとえば、リン酸ガラス等の第1の犠牲膜51（図24参照）が形成される。第1の犠牲膜51の膜厚は、検出プレート23、24等と対応する検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔D（図23参照）に相当する。

【0054】

次に、固定電極が配置される領域に位置する第1の犠牲膜51の部分と、慣性質量体が配置される領域に位置する第1の犠牲膜51の部分とに、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、図24に示すように、絶縁膜50の表面を露出する開口51aが形成され、アクチュエーション電極5を露出する開口51bが形成される。

40

【0055】

次に、第1の犠牲膜51を覆うように、第1の犠牲膜51よりも薄い犠牲膜53（図25参照）が形成される。犠牲膜53の膜厚は、アクチュエーション電極5と慣性質量体2との間隔L（図23参照）に相当する。次に、図25に示すように、開口51b内に位置する犠牲膜53を残して、他の領域に位置する犠牲膜の部分が除去される。

【0056】

次に、開口51a、51bを埋め込む態様で第1の犠牲膜51を覆うように、導電性のポリシリコン膜81（図26参照）が形成される。次に、その導電性のポリシリコン膜8

50

1に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことにより、図26に示すように、慣性質量体2、検出プレート23、24等が形成される。また、開口51aでは、固定電極の一部となるポリシリコン膜81がパターニングされる。

【0057】

次に、慣性質量体2、検出プレート23、24等を覆うように、リン酸ガラス等の第2の犠牲膜52（図27参照）が形成される。次に、固定電極が配置される領域に位置する第2の犠牲膜52の部分に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、図27に示すように、ポリシリコン膜81の表面を露出させる。次に、第2の犠牲膜52を覆うように導電性のポリシリコン膜82（図28参照）が形成される。

【0058】

次に、その導電性のポリシリコン膜82をパターニングすることによって、図28に示すように、固定電極6が形成される。固定電極6は、導電性のポリシリコン膜81、82によって形成されている。次に、図29に示すように、所定のエッチング条件のもとで、第2の犠牲膜52、犠牲膜53および第1の犠牲膜51が選択的に除去される。こうして、加速度センサの主要部分が完成する。

【0059】

上述した加速度センサの製造方法では、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔Lは、犠牲膜53の膜厚によって決定される。また、検出プレート23、24等と対応する検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔Dは、第1の犠牲膜51の膜厚によって決定される。これにより、間隔Lおよび間隔Dを、容易に精度よく形成することができる。さらに、実施の形態1において述べたように、検出周波数範囲が広く精度の高い加速度センサを、既存の製造装置を用いて安価に製造することができる。

【0060】

実施の形態4

実施の形態4に係る加速度センサについて説明する。図30に示すように、加速度センサASでは、慣性質量体2が静止した状態で、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔と、慣性質量体2と固定電極6との間隔が、同じ間隔Lに設定されている。また、慣性質量体2（検出プレート）が静止している状態で、検出プレート23、24等と検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔が間隔Dに設定されている。この加速度センサASでは、間隔Lは間隔Dよりも広く設定されている。なお、これ以外の構成については、図1および図2に示す加速度センサと同様なので、同一部材には同一符号を付しその説明を繰り返さないこととする。

【0061】

上述した加速度センサでは、間隔Lが間隔Dよりも広く設定されている。これにより、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間と、慣性質量体2と固定電極6との間に、それぞれ所定のサーボ電圧を印加し静電引力によってサーボ制御させる場合に、印加するサーボ電圧の範囲を、間隔Lと間隔Dとが同じ場合や間隔Lが間隔Dよりも狭く設定されている場合に比べて、より広く設定することができる。その結果、検出精度の高い加速度センサを得ることができる。

【0062】

次に、上述した加速度センサの製造方法の一例について説明する。まず、前述した図15に示す工程の後、アクチュエーション電極5、検出電極43a、43b、44a、44b等を覆うように、たとえば、リン酸ガラス等の第1の犠牲膜51（図31参照）が形成される。第1の犠牲膜51の膜厚は、検出プレート23、24等と対応する検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔D（図30参照）に相当する。

【0063】

次に、固定電極が配置される領域に位置する第1の犠牲膜51の部分と、慣性質量体が配置される領域に位置する第1の犠牲膜51の部分とに、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、図31に示すように、絶縁膜50の表面を露出する開口51aが形成され、アクチュエーション電極5を露出する開口51bが形成される。

10

20

30

40

50

## 【0064】

次に、第1の犠牲膜51を覆うように、第1の犠牲膜51よりも厚い犠牲膜53（図32参照）が形成される。犠牲膜53の膜厚は、アクチュエーション電極5と慣性質量体2との間隔L（図30参照）に相当する。次に、図32に示すように、開口51bから突出する犠牲膜53を残して、他の領域に位置する犠牲膜の部分が除去される。

## 【0065】

次に、開口51a、51bを埋め込む態様で第1の犠牲膜51を覆うように、導電性のポリシリコン膜81（図33参照）が形成される。次に、その導電性のポリシリコン膜81に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことにより、図33に示すように、慣性質量体2、検出プレート23、24等が形成される。また、開口51aでは、固定電極の一部となるポリシリコン膜81がパターンニングされる。

10

## 【0066】

次に、慣性質量体2、検出プレート23、24等を覆うように、リン酸ガラス等の第2の犠牲膜52（図34参照）が形成される。次に、図34に示すように、固定電極が配置される領域に位置する第2の犠牲膜52の部分に、たとえばドライエッチング等の処理を施すことによって、ポリシリコン膜81の表面を露出させる。次に、第2の犠牲膜52を覆うように導電性のポリシリコン膜82（図35参照）が形成される。

## 【0067】

次に、その導電性のポリシリコン膜82をパターンニングすることによって、図35に示すように、固定電極6が形成される。固定電極6は、導電性のポリシリコン膜81、82によって形成されている。次に、図36に示すように、所定のエッチング条件のもとで、第2の犠牲膜52、犠牲膜53および第1の犠牲膜51が選択的に除去される。こうして、加速度センサの主要部分が完成する。

20

## 【0068】

上述した加速度センサの製造方法では、慣性質量体2とアクチュエーション電極5との間隔Lは、犠牲膜53の膜厚によって決定される。また、検出プレート23、24等と対応する検出電極43a、43b、44a、44b等との間隔Dは、第1の犠牲膜51の膜厚によって決定される。これにより、間隔Lおよび間隔Dを、容易に精度よく形成することができる。さらに、実施の形態1において述べたように、検出周波数範囲が広く精度の高い加速度センサを、既存の製造装置を用いて安価に製造することができる。

30

## 【0069】

なお、上述した各実施の形態では、1対のダンピング調整部として、サーボ制御に使用するためのアクチュエーション電極5および固定電極6を例に挙げて説明した。1対のダンピング調整部としては、慣性質量体2の上下方向のダンピング効果を得ることができれば、アクチュエーション電極5および固定電極6のような導電性の部材に限られるものではない。

## 【0070】

今回開示された実施の形態は例示であってこれに制限されるものではない。本発明は上記で説明した範囲ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲でのすべての変更が含まれることが意図される。

40

## 【産業上の利用可能性】

## 【0071】

本発明は、自動車のエアバックシステム等をはじめ、加速度を検出するのに有効に利用される。

## 【符号の説明】

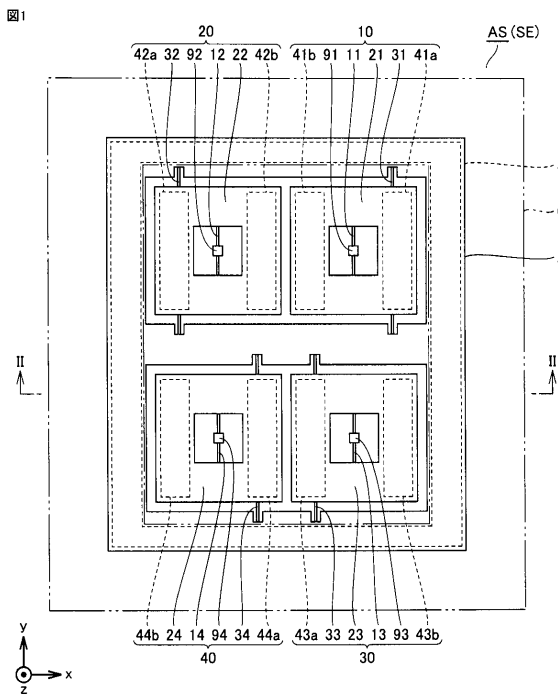
## 【0072】

1 基板、2 慣性質量体、5 アクチュエーション電極、6 固定電極、7 上部キャップ、8 サーボ電位、8a サーボ電位、8b サーボ電位、10 第1の検出ユニット、11 第1ネジレ梁、12 第2ネジレ梁、13 第3ネジレ梁、14 第4ネジレ梁、15 絶縁膜、20 第2の検出ユニット、21、22、23、24 検出プレー

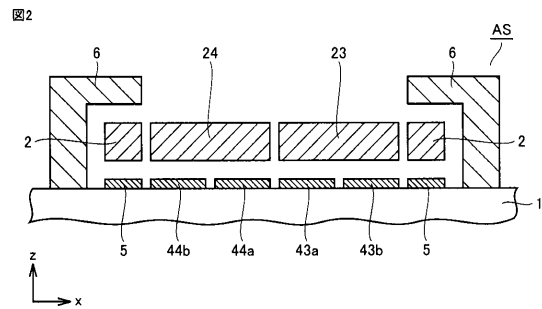
50

ト、30 第3の検出ユニット、31、32、33、34 リンク梁、40 第4の検出ユニット、41a、41b 検出電極、42a、42b 検出電極、43a、43b 検出電極、44a、44b 検出電極、50 絶縁膜、51 第1の犠牲層、51a 開口、51b 開口、52 第2の犠牲層、53 犠牲層、80 ポリシリコン配線、81 ポリシリコン膜、82 ポリシリコン膜、91~94 アンカー、AS 加速度センサ、SE センサ素子、CB 制御回路部、DE1 検出電極、DE2 検出電極、DP 検出プレート、Y1、Y2 矢印。

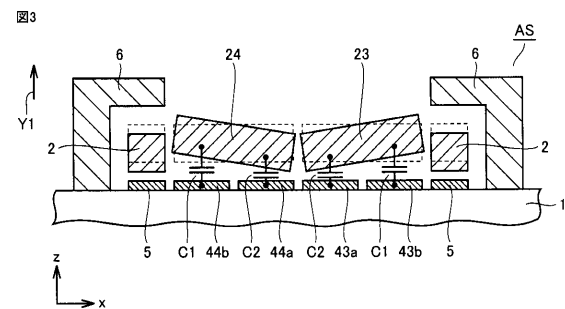
【図1】



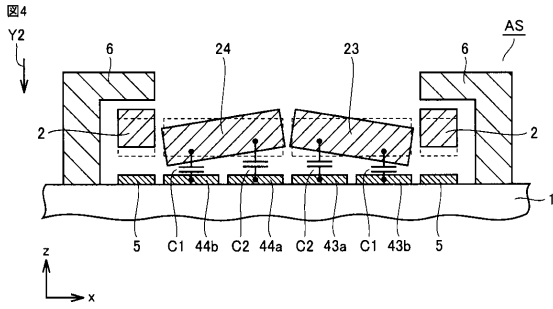
【図2】



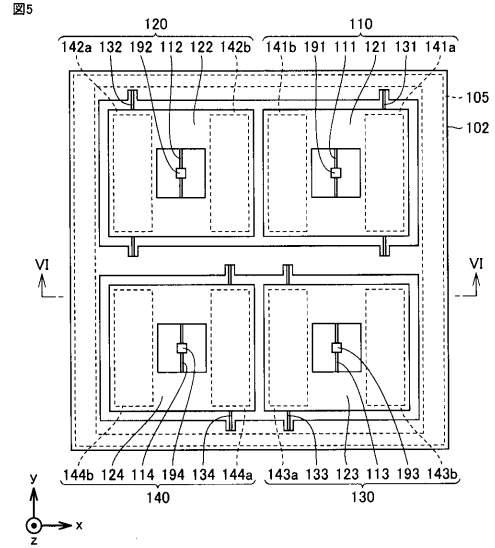
【図3】



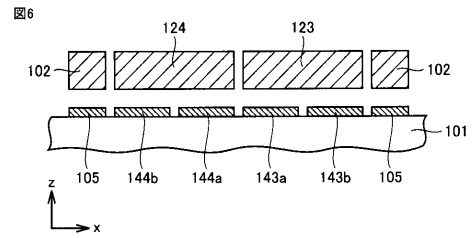
【 図 4 】



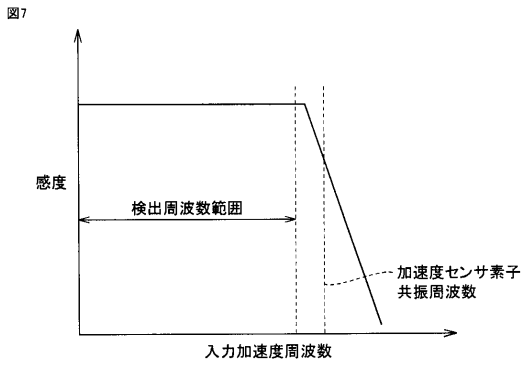
【 図 5 】



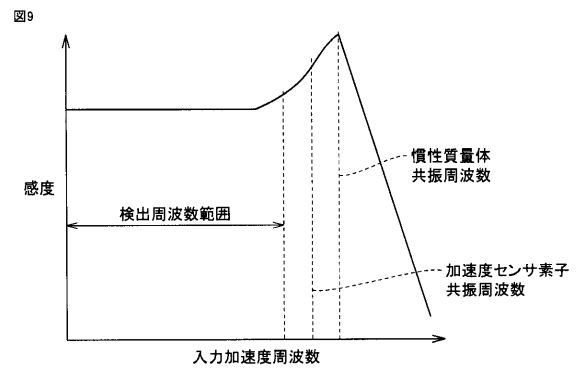
【 図 6 】



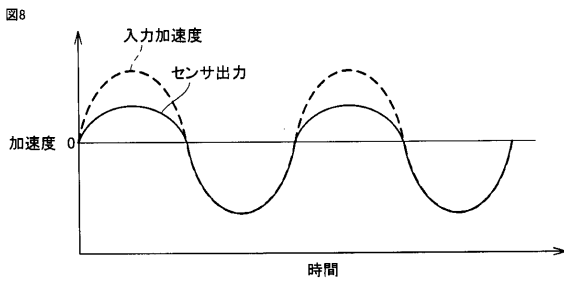
【 図 7 】



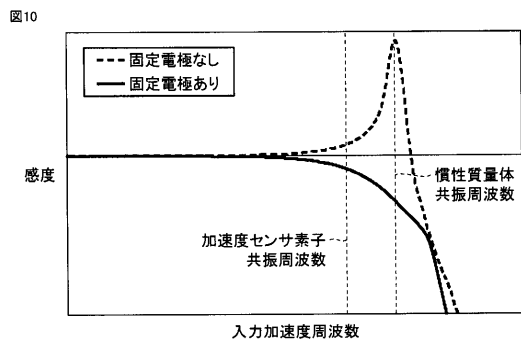
【 図 9 】



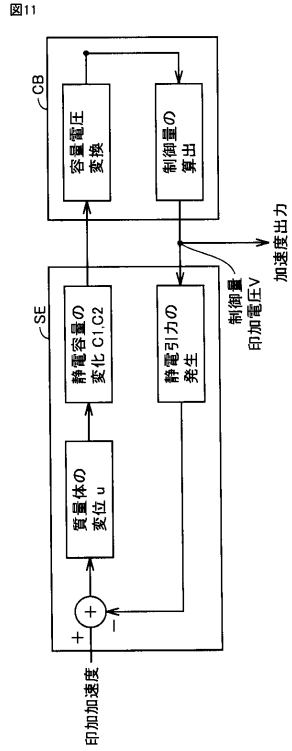
【 図 8 】



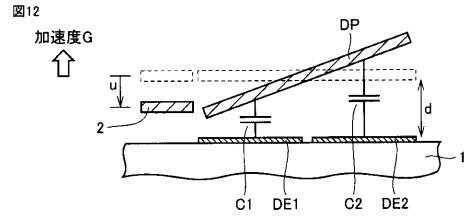
【 図 10 】



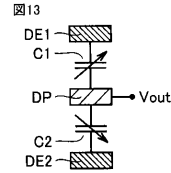
【 図 1 1 】



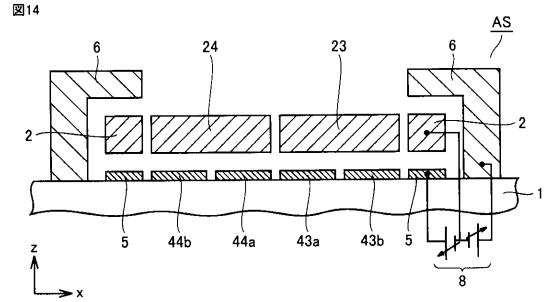
【 図 1 2 】



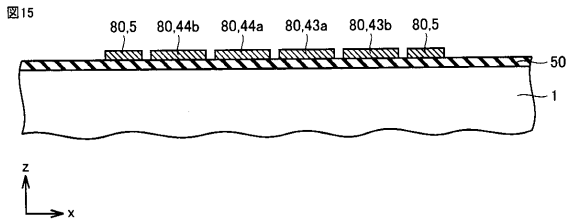
【 図 1 3 】



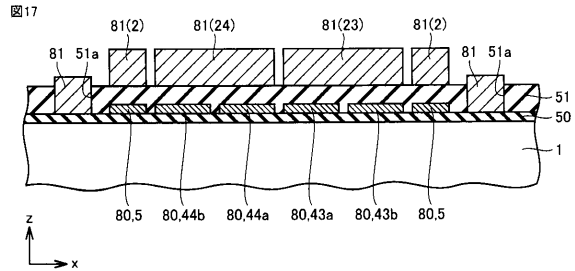
【 図 1 4 】



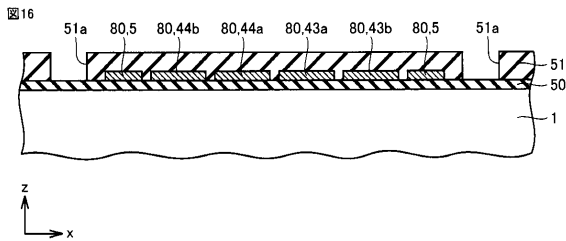
【 図 1 5 】



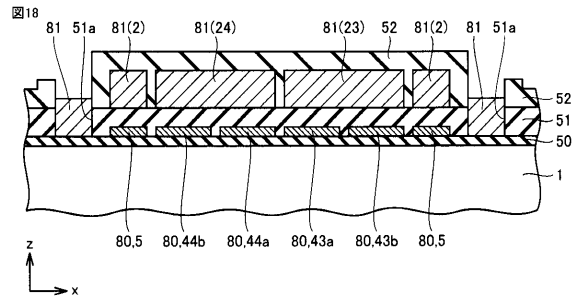
【 図 1 7 】



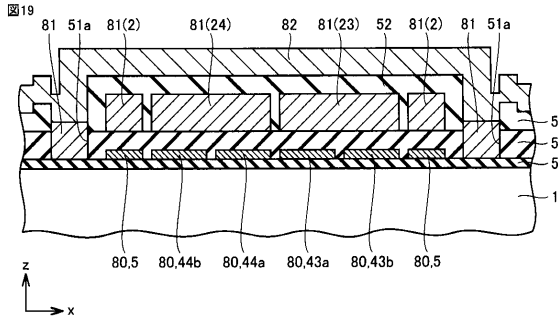
【 図 1 6 】



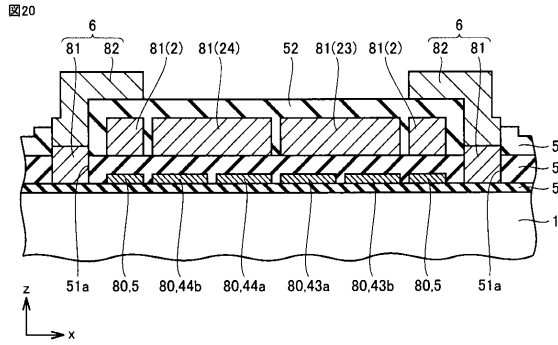
【 図 1 8 】



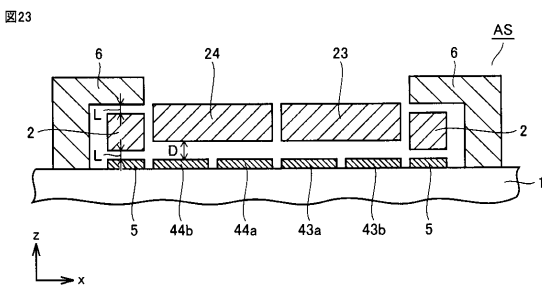
【 図 19 】



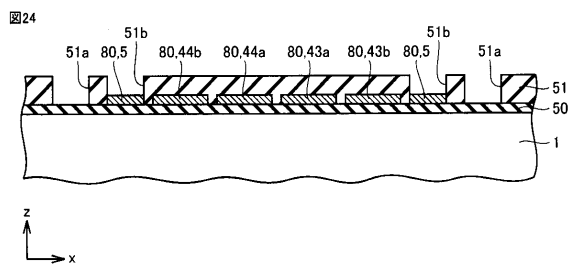
【 図 20 】



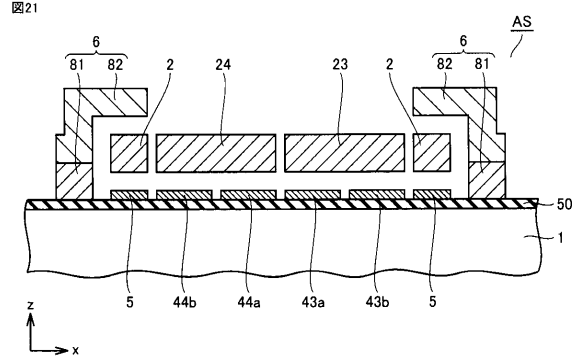
【 図 23 】



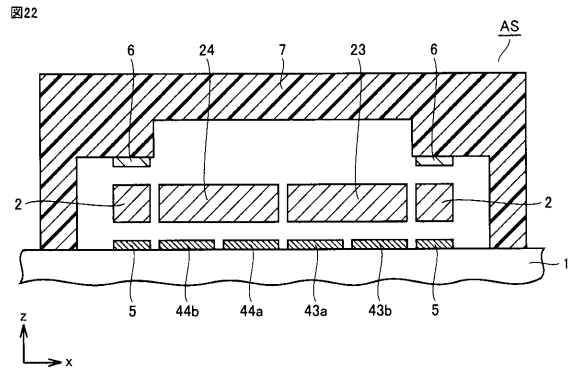
【 図 24 】



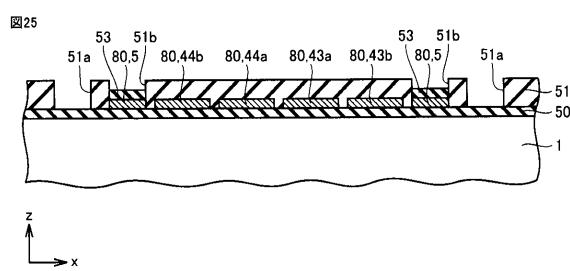
【 図 21 】



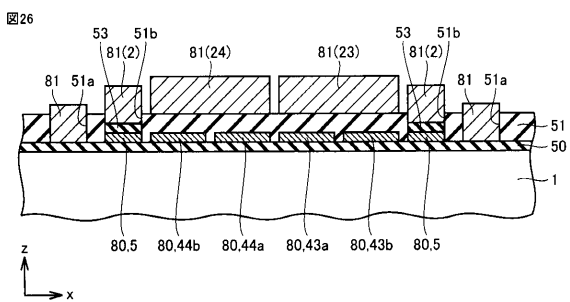
【 図 22 】



【 図 25 】

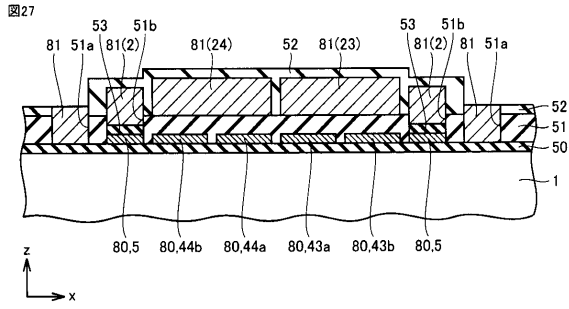


【 図 26 】

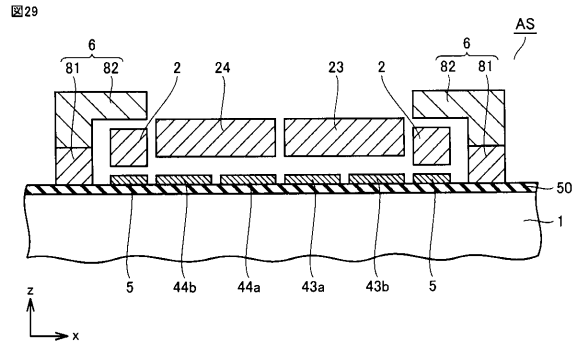




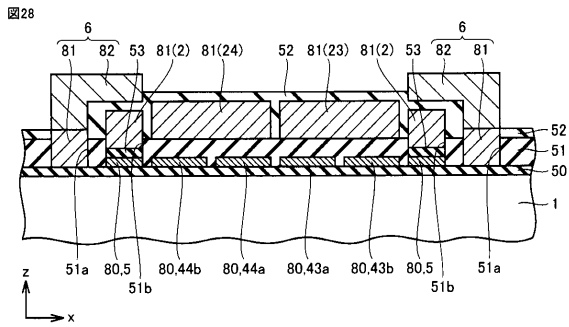
【 図 2 7 】



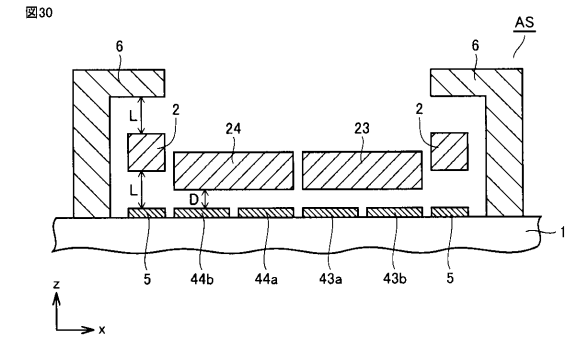
【 図 2 9 】



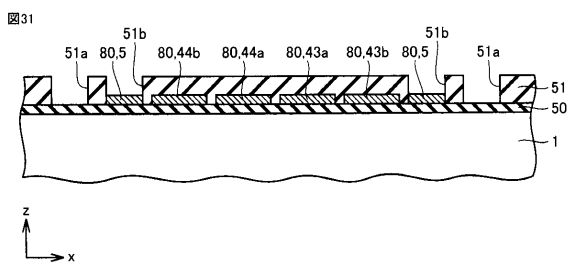
【 図 2 8 】



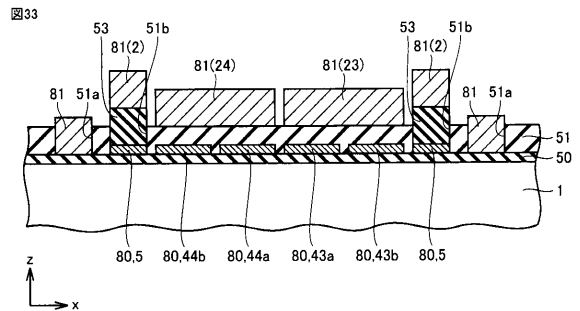
【 図 3 0 】



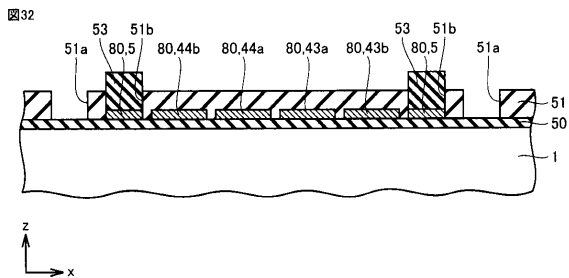
【 図 3 1 】



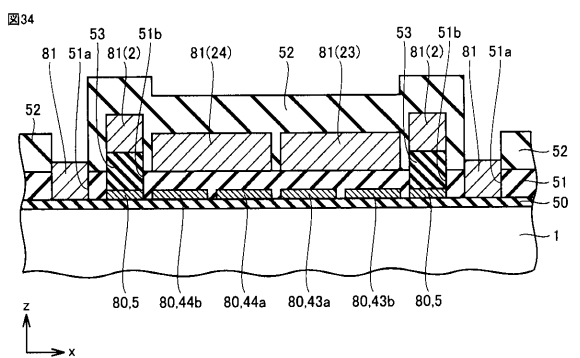
【 図 3 3 】



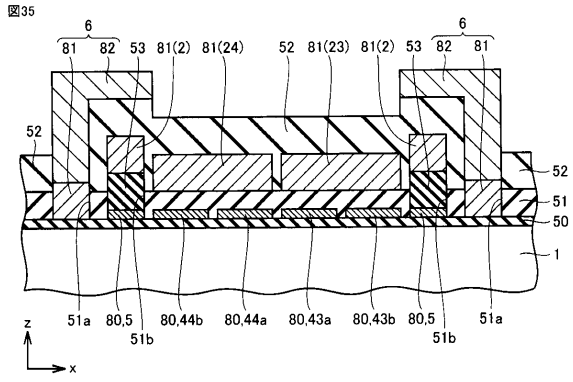
【 図 3 2 】



【 図 3 4 】



【 図 3 5 】



【 図 3 6 】

