

(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2004-354105
(P2004-354105A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int. Cl.⁷

GO1L 9/12
GO1L 19/06

F I

GO1L 9/12
GO1L 19/06

テーマコード(参考)

2F055

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-149709(P2003-149709)
(22) 出願日 平成15年5月27日(2003.5.27)

(71) 出願人 000006666
株式会社山武
東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号
(74) 代理人 100064621
弁理士 山川 政樹
(72) 発明者 石倉 義之
東京都渋谷区渋谷2丁目12番19号 株式会社山武内
Fターム(参考) 2F055 AA39 BB01 CC02 DD09 EE25
FF11 FF38 GG11 HH09

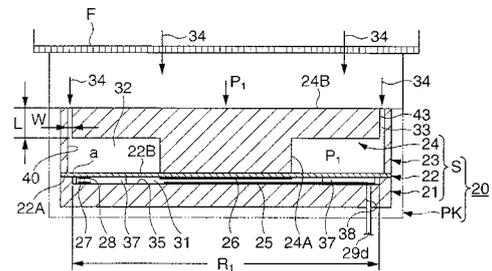
(54) 【発明の名称】 静電容量式圧力センサ

(57) 【要約】

【課題】 目の粗いフィルタを使用しても測定媒体中に含まれている微小な物質がダイヤフラムの起歪部に付着、堆積する量を低減することができ、静電容量式圧力センサの温度特性と圧力応答性を向上させる。

【解決手段】 固定電極25が形成された第1の基板21と、ダイヤフラム22を接合してこれら両部材間に真空の容量室31を形成する。ダイヤフラム22の起歪部22Bの内面中央には可動電極26が固定電極25に対応して形成され、起歪部22Bの外周部には可動体24の接合固定部24Aが接合されている。可動体24は、ダイヤフラム22の起歪部22Bの上方を覆う覆い部24Bを一体に有し、この覆い部24Bの外周面と第2の基板23の内壁面40との間に微小な隙間33を形成し、微小な物質が第2の基板23の内部空間32に浸入しないようにする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被測定圧力の変化を静電容量の変化として検出するダイアフラム構造の静電容量式圧力センサにおいて、

固定電極が設けられた基板と、接合部と起歪部とを有して前記接合部が前記基板に接合されることにより前記基板とともに容量室を形成し、前記起歪部に前記固定電極に対応して可動電極が設けられたダイアフラムと、このダイアフラムの前記起歪部を覆い被測定圧力により前記起歪部と一体に変位する可動体とを備え、

前記可動体を、前記ダイアフラムの起歪部の外面中央に接合された接合固定部と、この接合固定部に一体に形成され前記ダイアフラムの起歪部を覆う覆い部とで構成し、この覆い部と前記起歪部との間に微小な隙間を形成したことを特徴とする静電容量式圧力センサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の静電容量式圧力センサにおいて、

基板、ダイアフラムおよび可動体を同一材料によってそれぞれ形成し、これらを直接接合によって一体的に接合したことを特徴とする静電容量式圧力センサ。

【請求項 3】

被測定圧力の変化を静電容量の変化として検出するダイアフラム構造の静電容量式圧力センサにおいて、

固定電極が設けられた第 1 の基板と、接合部と起歪部とを有して前記接合部が前記基板に接合されることにより前記基板とともに容量室を形成し、前記起歪部に前記固定電極に対応して可動電極が設けられたダイアフラムと、このダイアフラムの前記接合部上に接合され前記起歪部を取り囲む第 2 の基板と、この第 2 の基板内に位置し被測定圧力により前記ダイアフラムと一体に変位する可動体とを備え、

20

前記可動体を、前記ダイアフラムの起歪部の外面中央に接合された接合固定部と、この接合固定部に一体に形成され前記ダイアフラムの起歪部を覆う覆い部とで構成し、この覆い部と前記第 2 の基板との間に微小な隙間を形成したことを特徴とする静電容量式圧力センサ。

【請求項 4】

請求項 3 記載の静電容量式圧力センサにおいて、

微小な隙間は、第 2 の基板の内壁面と可動体の覆い部の外周面との間に形成され、第 1 の基板に接合されるダイアフラムの接合部の内側縁は、前記第 2 の基板の内壁面より略前記微小な隙間だけ内側に位置していることを特徴とする静電容量式圧力センサ。

30

【請求項 5】

請求項 3 または 4 記載の静電容量式圧力センサにおいて、

第 1 の基板、ダイアフラム、第 2 の基板および可動体を同一材料によってそれぞれ形成し、これらを直接接合によって一体的に接合したことを特徴とする静電容量式圧力センサ。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、被測定圧力の変化を静電容量の変化として検出するダイアフラム構造の静電容量式圧力センサに関し、特に半導体のエッチング工程等に用いて好適な静電容量式圧力センサに関する。

40

【0002】**【従来の技術】**

従来から、圧力計等に用いられる静電容量式圧力センサとしては種々のものが知られている（例えば、特許文献 1, 2, 3 参照）。

【0003】**【特許文献 1】**

特開平 9 - 1 2 6 9 2 9 号公報

【特許文献 2】

50

特開平 1 1 - 3 5 1 9 7 8 号公報

【特許文献 3】

特開平 6 - 2 6 5 4 2 8 号公報

なお、出願人は本明細書に記載した先行技術文献情報で特定される先行技術文献以外には、本発明に密接に関連する先行技術文献を出願時までに見出すには至らなかった。

【0004】

その一つに絶対圧測定用の静電容量式圧力センサ（以下、このようなセンサを絶対圧センサともいう）がある。この絶対圧センサは、被測定圧力の変化により容量値が変化するコンデンサ電極間のギャップを大気から隔絶するとともに、内部を真空にしたもので、通常図 16 に示すように構成されている。これを概略説明すると、絶対圧センサ 1 は、積層され陽極接合（静電接合）されたシリコン基板 2 とガラス基板 3 とを備え、これら両基板間に形成した密閉空間を容量室（真空室）4 としている。シリコン基板 2 は、厚肉の外周縁部がガラス基板 3 との接合部 2 A を形成し、中央部が被測定圧力 P_1 を受けると弾性変形する薄肉の起歪部 2 B を形成することによりダイアフラムを構成している。前記起歪部 2 B の外面側には可動電極 5 が設けられており、この可動電極 5 はガラス基板 3 の外面に設けた容量検出用 IC チップ 6 にリード線 7 を介して電氣的に接続されている。一方、ガラス基板 3 のダイアフラムと対向する裏面には固定電極 8 が前記可動電極 5 と近接して対向するように設けられている。

10

【0005】

このような構造からなる絶対圧センサ 1 において、ダイアフラム 2 の起歪部 2 B 側に被測定圧力 P_1 が印加されると、起歪部 2 B がその圧力に応じて弾性変形し、可動電極 5 と固定電極 8 との間の微小な間隙 G を変化させる。このため、可動電極 5 と固定電極 8 とで構成されるコンデンサの静電容量が変化し、これを電気信号として取り出して信号処理することにより、被測定圧力 P_1 を検出することができる。

20

【0006】

このような従来の絶対圧センサ 1 を、例えば半導体製造装置のエッチング工程、CVD による成膜工程等を使用して圧力測定を行う場合、測定媒体中に含まれている微小な物質、例えば反応性ガスのプラズマを生成して Si , Si_3N_4 , Al などのエッチングを行うと、エッチングガス中にはガス化した材料や反応生成物などの微小な物質が含まれていることにより、これらの微小な物質が汚染物質としてダイアフラム 2 の起歪部 2 B に付着して堆積する。このような物質の堆積が生じると、絶対圧センサ 1 の温度特性が変化してしまい、センサ出力の温度補償を無効化する。すなわち、起歪部 2 B に付着し堆積した微小な物質と起歪部 2 B の材料物性（特に熱膨張係数）が異なるため、堆積物とのいわゆるバイメタル効果により温度が変化した時に起歪部 2 B にたわみを生じることとなる。このたわみ量は、堆積物の種類と量に依存するため、センサ使用開始時に実施された温度補償は無効となってしまう。また、起歪部 2 B のコンプライアンス（=容積変化 / 圧力変化）も減少するため、微小な圧力変化を高精度に測定することができなくなるという問題があった。

30

【0007】

そこで、このような問題を解決するために、測定媒体中に含まれている微小な物質をフィルタによって捕捉することにより、起歪部に微小な物質が付着し堆積しないようにした圧力センサが従来から提案されている（例えば、特許文献 4 参照）。

40

【0008】

【特許文献 4】

米国特許第 5 8 1 1 6 8 5 号

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した米国特許第 5 8 1 1 6 8 5 号に記載された従来の圧力センサは、測定媒体中に含まれている微小な物質の付着、堆積を少なくするためにメッシュ番手の大きい（目の細かい）フィルタを使用すると、測定媒体が通過し難くなるため、圧力の変化

50

をダイアフラムに迅速に伝達することができず、センサの圧力応答性が低下する。反対にメッシュ番手の小さい(目の粗い)フィルタを使用して圧力応答性を高めようとする、測定媒体中に含まれている微小な物質が容易に通過して起歪部に付着、堆積する量が増加するため、センサの温度特性が変化し測定誤差が大きくなるという問題があった。このため、従来はフィルタを使用する限りにおいて、測定精度と圧力応答性の双方を同時に満足させることができるセンサを設計、製作することができなかつた。

【0010】

本発明は上記した従来の問題を解決するためになされたもので、その目的とするところは、目の粗いフィルタを使用しても測定媒体中に含まれている微小な物質がダイアフラムの起歪部に付着、堆積する量を低減することができ、温度特性と圧力応答性の双方を同時に向上させることができるようにした静電容量式圧力センサを提供することにある。

10

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために第1の発明は、被測定圧力の変化を静電容量の変化として検出するダイアフラム構造の静電容量式圧力センサにおいて、固定電極が設けられた基板と、接合部と起歪部とを有して前記接合部が前記基板に接合されることにより前記基板とともに容量室を形成し、前記起歪部に前記固定電極に対応して可動電極が設けられたダイアフラムと、このダイアフラムの起歪部を覆い被測定圧力により前記起歪部と一体に変位する可動体とを備え、前記可動体を、前記ダイアフラムの起歪部の外面中央に接合された接合固定部と、この接合固定部に一体に形成され前記ダイアフラムの起歪部を覆う覆い部とで構成し、この覆い部と前記起歪部との間に微小な隙間を形成したものである。

20

【0012】

第1の発明においては、ダイアフラムの起歪部が測定媒体の圧力によって弾性変形すると、可動体も起歪部と一体に変位し、固定電極と可動電極の電極間距離を変化させる。可動体の覆い部はダイアフラムの起歪部を微小な隙間を保って覆っているため、この隙間に測定媒体中に含まれている微小な物質が侵入して起歪部に付着、堆積するのを防止する。ダイアフラムの圧力感度を主に決める部分は起歪部である。可動体の接合固定部を剛体とみなすと、この可動体の接合固定部が接合されている起歪部の中央部は弾性変形することができなくなり、この中央部より外側の起歪部分が弾性変形する。剛体からなる可動体の接合固定部および剛体を介して起歪部に接続されている覆い部に測定媒体中に含まれている微小な物質が仮に付着、堆積したとしても、ダイアフラムの圧力感度には殆ど影響を及ぼさないため、測定精度を長期にわたって安定した状態に維持することができる。また、本発明の実施の形態で述べるように、本構造であると圧力の過渡的变化に対する出力の応答性も良好となる。

30

【0013】

第2の発明は上記第1の発明において、基板、ダイアフラムおよび可動体を同一材料によってそれぞれ形成し、これらを直接接合によって一体的に接合したものである。

【0014】

第2の発明においては、基板とダイアフラムが直接接合されているため、所望の電極間距離をもったセンサを得ることができる。すなわち、接合材を用いて接合する方法は、接合後における接合材自体の厚みのばらつきによって電極間距離にばらつきが生じる。一方、直接接合は、接合部材の接合面を鏡面仕上げして互いに密着させるだけで接合する方法であるため、接合材を全く用いる必要がなく、そのため接合材の厚みのばらつきによる電極間距離のばらつきが生じることがなく、高精度な電極間距離を得ることができる。

40

直接接合に際しては、基本的には2つの接合部材の接合面を鏡面仕上げして互いに積層するだけでよいが、より確実な接合を得るためには適宜な圧力と温度(例えば、200~1300°C程度)で加圧、加熱することが好ましい。

また、基板、ダイアフラムおよび可動体は同一材料で形成されているため、これら部材間に熱膨張係数の相違による応力の発生が生じない。

【0015】

50

第3の発明は、被測定圧力の変化を静電容量の変化として検出するダイアフラム構造の静電容量式圧力センサにおいて、固定電極が設けられた第1の基板と、接合部と起歪部とを有して前記接合部が前記基板に接合されることにより前記基板とともに容量室を形成し、前記起歪部に前記固定電極に対応して可動電極が設けられたダイアフラムと、このダイアフラムの前記接合部上に接合され前記起歪部を取り囲む第2の基板と、この第2の基板内に位置し被測定圧力により前記ダイアフラムと一体に変位する可動体とを備え、前記可動体を、前記ダイアフラムの起歪部の外面中央に接合された接合部と、この接合部に一体に形成され前記ダイアフラムの起歪部を覆う覆い部とで構成し、この覆い部と前記第2の基板との間に微小な隙間を形成したものである。

【0016】

第3の発明においては、微小な隙間を通して第2の基板内に侵入した測定媒体中に含まれている微小な物質の量が少なく、ダイアフラムの起歪部に付着、堆積するのを防止する。

【0017】

第4の発明は上記第3の発明において、微小な隙間が第2の基板の内壁面と可動体の覆い部の外周面との間に形成され、第1の基板に接合されるダイアフラムの接合部の内側縁が前記第2の基板の内壁面より略前記微小な隙間だけ内側に位置しているものである。

【0018】

第4の発明においては、第1の基板に接合されるダイアフラムの接合部の表面の一部が第2の基板の内壁面より内側に位置して微小な隙間と対向しているため、この隙間を通して第2の基板内に侵入した測定媒体中に含まれている微小な物質は主として前記接合部の前記隙間と対向する部分に付着して堆積し、起歪部には付着、堆積する量が少ない。

【0019】

第5の発明は上記第3または第4の発明において、第1の基板、ダイアフラム、第2の基板および可動体を同一材料によってそれぞれ形成し、これらを直接接合によって一体的に接合したものである。

【0020】

第5の発明においては、直接接合によるため所望の電極間距離をもったセンサを得ることができる。また、第1、第2の基板、ダイアフラムおよび可動体の間に熱膨張係数の相違による応力の発生が生じない。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面に示す実施の形態に基づいて詳細に説明する。

図1は本発明に係る静電容量式圧力センサの第1の実施の形態を示す外観斜視図、図2は図1のI I - I I線断面図、図3は第1の基板の平面図、図4はダイアフラムの底面図である。本実施の形態は、シリコンウエハを物理的・化学的にドライエッチングする半導体製造装置の圧力測定に用いた例を示す。なお、以下に示す図は、いずれも説明の便宜上、厚み方向の寸法を極端に誇張して描いている。

【0022】

これらの図において、全体を符号20で示す絶対圧センサは、センサ素子Sと、このセンサ素子Sを収納するパッケージPKとで構成され、半導体製造装置のエッチング室内に配設されている。

【0023】

半導体製造装置は、内部の真空度が数Pa程度であり、絶対圧センサ20の前方にはフィルタFが配設されている。フィルタFとしては、絶対圧センサ20の圧力応答性に影響を与えないように比較的目の粗いものが用いられ、測定媒体(エッチングガス)34の通過を容易にしている。

【0024】

さらに、前記センサ素子Sの各構成部材等について詳述すると、このセンサ素子Sは、第1の基板21、ダイアフラム22、第2の基板23、可動体24、固定電極25、可動電極26、リファレンス電極27、28および4本の電極取出し用ピン29a~29d等で

10

20

30

40

50

構成されている。第1の基板21、ダイアフラム22、第2の基板23および可動体24は、同一材料、例えばサファイア基板(Al_2O_3)または石英基板によって形成され、互いに中心を一致させて順次積層され、直接接合によって一体的に接合されている。

【0025】

直接接合とは、接合材等を一切用いず接合部材どうしの物理化学的な結合力のみによって接合する方法であり、2つの接合部材の接合面を鏡面仕上げして互いに密着させることにより接合する方法である。接合に際しては、特に圧力を加える必要がなく、単に重ね合わせるだけでよいが、好ましくは200~1300程度に加熱して接合するとより一層確実な接合が得られる。

【0026】

第1の基板21、ダイアフラム22、第2の基板23、可動体24の接合方法としては、直接接合に限らず、これら部材の基板素材としてシリコンの単結晶基板を用いた場合は、拡散接合によって接合すればよい。また、基板素材としてシリコンとガラスを用いた場合は陽極接合すればよい。このような接合方法は、いずれも上記した直接接合同様に、基板どうしの界面に接合材を介在させないで接合する方法である。

【0027】

前記第1の基板21とダイアフラム22とによって囲まれた密閉空間は、容量室31を形成している。また、この容量室31は、真空排気されることにより所定の真空度からなる真空室を形成している。

【0028】

一方、前記第2の基板23の内部空間、言い換えればダイアフラム22と第2の基板23および可動体24とによって形成された空間32は、前記第2の基板23と可動体24との間に形成した環状の微小な隙間33によって半導体製造装置の内部と連通しており、測定媒体34がフィルタFを通して導かれる。

【0029】

前記第1の基板21は、一辺の長さが9mm程度、厚さが数百 μm 程度の正方形の薄板状に形成され、ダイアフラムが接合される面(ダイアフラム接合面または接合面という)の中央には前記容量室31を形成する凹陥部35が形成されている。凹陥部35は、図3に示すように第1の基板21より若干小さい矩形の凹部からなり、底面に前記固定電極25と一方のリファレンス電極27が形成されている。また、凹陥部35の底面四隅部には、前記各電極取出し用ピン29a~29dが貫通するピン用孔36a~36dと、保護壁37がそれぞれ形成され、さらに一側寄りには真空排気用孔38が形成されている。

【0030】

前記固定電極25は、円形のパターンで凹陥部35の底面中央に形成されており、導電膜39aによって電極取出し用ピン29aに接続されている。リファレンス電極27は、一箇所が開放したC字形パターンに形成されて前記固定電極25の周囲を取り囲み、導電膜39bによって電極取出し用ピン29bに接続されている。前記保護壁37は、前記導電膜39a, 39bを溶射によって形成するとき、熔融状態の金属材料(白金等)が周囲に飛散するのを防止するためのもので、平面視略正三角形の突条体からなり凹陥部35の各隅角部にそれぞれ突設されている。前記真空排気用孔38は、前記リファレンス電極27の開放部に位置して形成され、前記容量室31を真空ポンプによって真空排気した後封止される。

【0031】

前記ダイアフラム22は、厚さが数十 μm 程度の薄膜状に形成された四角形の板からなり、外周縁部が前記第1の基板21の接合面に直接接合されることにより接合部22Aを形成し、この接合部22Aより内側部分が被測定圧力 P_1 によって弾性変形する起歪部22Bを形成している。起歪部22Bは円形で、外面(可動体側の面)の中央部に前記可動体24が直接接合されている。この場合、可動体24は剛体と見なされるので、実際の製品となった後のダイアフラム22における弾性変形可能な起歪部分は、前記可動体24が接合されている中央部と前記接合部22Aとの間の環状部分である。

10

20

30

40

50

【0032】

図4において、前記ダイヤフラム22の起歪部22Bの前記第1の基板21に接合される裏面側には、前記可動電極26と他方のリファレンス電極28が前記固定電極25と一方のリファレンス電極27に対応して形成されている。前記可動電極26は、前記固定電極25と略同径の円形パターンで、起歪部22Bの裏面の中央に形成されることにより、固定電極25と所定の電極間距離(数 μm 程度)を保って対向し、導電膜41aによって電極取出し用パッド42aに接続されている。前記リファレンス電極28は、前記一方のリファレンス電極27と略同一の大きさからなるC字状パターンに形成されて前記可動電極26の周囲を取り囲み、導電膜41bによって電極取出し用パッド42bに接続されている。また、このリファレンス電極28も前記リファレンス電極27と所定の電極間距離(数 μm 程度)を保って対向していることはいうまでもない。なお、固定電極25、可動電極26、リファレンス電極27、28は、蒸着またはスパッタリングによって形成される。

10

【0033】

前記第2の基板23は、厚さが1mm程度、外側の形状が前記第1の基板21、ダイヤフラム22と同一の大きさの角形で、内側の形状が円形からなる枠状体に形成され、前記ダイヤフラム22の接合部22Aの外面上に直接接合によって接合されることにより、前記起歪部22Bと前記可動体24の周囲を取り囲んでいる。

【0034】

前記可動体24は、前記ダイヤフラム22の起歪部22Bの外周中央に接合される接合固定部24Aと、この接合固定部24Aの先端に一体に形成され前記起歪部22Bの上方を覆う覆い部24Bとで剛体を構成しており、前記第2の基板23内に位置している。接合固定部24Aは、前記固定電極25、可動電極26と略同径の円板状に形成されている。同じく覆い部24Bも前記ダイヤフラム22の起歪部22Bと略同径の円板状で、外周面43と前記第2の基板23の内壁面40との間に前記隙間33が形成されている。

20

【0035】

この場合、ダイヤフラム22の接合部22Aの内径を R_1 、第3の基板23の内径を R_2 、可動体24の覆い部24Bの外径を R_3 とすると、 $R_1 < R_3 < R_2$ の条件を満たすように形成されており、図2に示すようにダイヤフラム22の接合部22Aの内側縁aが第2の基板23の内壁面40より少なくとも前記隙間33の幅Wだけ内側に位置している。隙間33の幅Wは、測定媒体34中に含まれている微小な物質が通過し難く、かつ測定媒体34の通過が容易で絶対圧センサ20の圧力応答性に影響を与えない範囲内で微小な幅、好ましくは長さLと幅Wとの比が $20\mu\text{m}$ 程度以上に設定されている。

30

【0036】

前記各電極取出用ピン29a~29dは、第1の基板21に形成した電極用孔36a~36dをそれぞれ貫通して裏面側に突出し、図示を省略したプリント基板の信号処理回路に接続されている。

【0037】

このような絶対圧センサ20において、測定時に測定媒体34がフィルタFを通過して絶対圧センサ20に導かれると、その圧力 P_1 によって可動体24を押し下げ、ダイヤフラム22の起歪部22Bを弾性変形させる。このため、固定電極25と可動電極26の電極間距離が変化し、これら両電極で構成されるコンデンサの静電容量が変化し、これを電気信号として取り出すことにより、被測定圧力 P_1 を検出することができる。

40

【0038】

絶対圧センサ20に導かれる測定媒体34の圧力が P_1 から P_2 に変化したとき、圧力 P_2 の測定媒体34がフィルタFを通過した後微小な隙間33を通過して第2の基板23内に入り内部空間32内の圧力を P_1 から P_2 に置換には所要の時間を要するので、過渡的に内部空間32内の圧力 P_1 と可動体24の覆い部24Bの外周面(パッケージPKの外部に露呈している面)に加わる圧力 P_2 との間に圧力差($|P_1 - P_2|$)が生じる。しかし、本構造において、可動電極26部を変位させるのは、圧力 P_2 と

50

前記容量室 3 1 内の圧力の差である（内部空間内の圧力は、起歪部 2 2 B と対向する覆い部 2 4 B に、可動電極 2 6 部が変位することを相殺するように逆方向に作用する）ため、第 2 の基板 2 3 と可動体 2 4 との間に形成された微小な隙間 3 3 によってはセンサの圧力応答性を低下させることがない。

【 0 0 3 9 】

また、第 2 の基板 2 3 の内壁面 4 0 と可動体 2 4 の覆い部 2 4 B の外周面との間の微小な隙間 3 3 は、測定媒体 3 4 中に含まれている微小な物質の侵入を阻止し、しかもたとえ隙間 3 3 を通過しても上記した $R_1 = R_3 < R_2$ の条件により主としてその真下に位置するダイヤフラム 2 2 の接合部 2 2 A の表面上に落下して付着、堆積するので、起歪部 2 2 B への付着、堆積量を少なくすることができる。したがって、温度変化による測定誤差が小さく、センサの温度特性を向上させることができる。

10

【 0 0 4 0 】

また、第 1 の基板 2 1、ダイヤフラム 2 2、第 2 の基板 2 3 および可動体 2 4 をサファイアまたは石英からなる同一材料で形成すると、異種材料で製作した場合に比べて製作時に接合部に生じる残留応力を少なくすることができる。この残留応力の経年変化は圧力計測の誤差要因となるため、できる限り少なくすることが望ましい。また、使用時に温度変化等があっても接合部に熱応力が生じることがなく、ダイヤフラム 2 2 の弾性変形に影響を与えない。

【 0 0 4 1 】

また、第 1 の基板 2 1、ダイヤフラム 2 2、第 2 の基板 2 3 および可動体 2 4 を直接接合によって一体的に接合しているので、高精度な電極間距離が得られる。すなわち、接合材を用いて接合する場合は、接合材の厚さのばらつきによって電極間距離にばらつきが生じるが、直接接合の場合は接合材を一切用いないため、接合材の厚さによるばらつきが生じることがなく、第 1 の基板 2 1 の凹陷部 3 5 のドライエッチング量と、固定電極 2 5、可動電極 2 6 の厚さのみによって電極間距離が決定される。したがって、設計値に略等しい電極間距離を得ることが可能で、きわめて高精度で信頼性の高い圧力計測が可能な絶対圧センサが得られる。

20

【 0 0 4 2 】

また、センサ素子 S の各構成部材を、特にサファイア基板で形成すると、サファイアは単結晶であり、アルミナ、セラミックスのような粒界が存在しないため、高い耐食性を有し、アルカリ性や酸性の液体など腐食性の高い測定媒体であっても直接接触させて圧力を測定することができる。したがって、センサ素子 S の表面を封入液で覆うなどして測定媒体 3 4 から隔離する必要がなく、センサの小型化を図ることができる。

30

【 0 0 4 3 】

さらに、サファイア基板は、半導体製造で使用されるパッチプロセスと同様な製造工程を採用することにより電極間隔などのセンサ素子間のばらつきが小さく、同一特性のセンサ素子を大量に製作することが可能であり、量産性に優れている。

【 0 0 4 4 】

次に、上記した絶対圧センサの製造方法を図 5 ~ 図 1 3 に基づいて概略説明する。

上記した絶対圧センサ 2 0 は、3 枚のプレート積層した三層構造からなる例えば厚さが 1 . 5 m m 程度の 4 インチ角のサファイア基板に多数のセンサ素子を製作し、その後ダイシングによって個々に独立したセンサ素子に切断分離してパッケージに収納することにより製作されるものであるが、説明の便宜上その中の 1 つのセンサ素子を用いて製作手順について説明する。

40

【 0 0 4 5 】

図 5 および図 6 は第 2 の基板と可動体の形成工程を説明するための平面図および断面図である。

まず、正方形のサファイア基板からなるプレート素材 1 0 0 を用意する。このプレート素材 1 0 0 は、第 2 の基板 2 3 と同一の大きさおよび厚さで、ダイヤフラム 2 2 との接合面が研磨加工によって鏡面仕上げされている。また、鏡面仕上げした後は、1 5 0 0 程度

50

に加熱し、歪みを取り除かれている（サファイアの融点：1800 程度）。

【0046】

次に、鏡面仕上げされたプレート素材100のダイアフラム接合面の外周寄りに、溝幅Wの第1の溝101を超音波加工、レーザー加工、プラスト加工等によって形成する（図5）。この第1の溝101は、第2の基板23と可動体24の覆い部24Bとの間に形成される微小な隙間33の一部となる溝で、外径が第2の基板23の内径 R_2 と等しく、内径が前記可動体24の覆い部24Bの外径 R_3 と等しく設定されている。

【0047】

次に、プレート素材100のダイアフラム接合面の所定箇所をマスク102によってマスクングし、第2の溝103をドライエッチング、プラスト加工等によって形成する（図6）。プレート素材100のダイアフラム接合面のうちマスク102によって覆われる部分は、前記第1の溝101より外側で可動体24の接合固定部24Aとなる部分と、接合固定部24Aとなる中央部分と、保護壁37となる部分である。第2の溝103は、前記第1の溝101と外径が等しく、内径が十分に小さく、第2の基板23の内部空間32となる部分である。所定深さの第2の溝103を形成すると、第1の溝101はそのまま掘り下げられて第2の溝103より下方に位置する。この結果、プレート素材100の内部中央には異径の円板部104a, 104bが2段に形成されたことになり、上方側の小径円板部104aが非エッチング部であって可動体24の接合固定部24Aとなる部分である。一方、下方側の大径円板部104bは、エッチングの残り部分であって可動体24の覆い部24Bとなる部分である。また、プレート素材100の前記第1、第2の溝101, 103より外側の枠壁部分105は、第2の基板23となる部分である。なお、第2の溝103の加工を行った後、マスク102はプレート素材100から除去される。

10

20

【0048】

図7(a)、(b)はプレート素材とダイアフラムの接合工程を説明するための平面図および断面図である。

サファイア基板を所定の薄膜状に形成してその表裏面を研磨加工によって鏡面仕上げすることにより、厚さが均一なダイアフラム22を製作する。次に、このダイアフラム22をプレート素材100のダイアフラム接合面に位置決めして載置し、裏面中央部と裏面外周縁部を前記小径円板部104aと枠壁部分105の表面にそれぞれ直接接合する。ダイアフラム22とプレート素材100を直接接合する場合は、1000程度に加熱して行うことが望ましい。

30

【0049】

図8(a)、(b)はダイアフラムに電極を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

ダイアフラム22の表面中央部と外周寄りではあるがプレート素材100の枠壁部分105より内側部分に導電性薄膜を成膜し、写刻技術によりパターンニングすることにより、所定形状の可動電極26とリファレンス電極28を形成する。導電性薄膜の成膜は、通常半導体プロセスで用いられているドライ成膜であるCVD、真空蒸着、スパッタリング法などにより形成することができる。また、導電膜41a, 41bとパッド42a~42dを同時に形成する。

40

【0050】

図9(a)、(b)は第1の基板にピン用孔と真空排気用孔を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

まず、正方形のサファイア基板からなる第1の基板21を用意する。この第1の基板21のダイアフラム22との接合面である表面を研磨加工によって鏡面仕上げし、さらにその後1500程度に加熱して歪みを取り除く。次に、第1の基板21の所定箇所にピン用孔36a~36dと真空排気用孔38をレーザー加工によってそれぞれ形成する。ピン用孔36a~36dは、図8に示した前記パッド42a~42dと対向するように形成される。

【0051】

50

図10(a)、(b)は第1の基板に容量室となる凹陥部を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

第1の基板21の表面所定箇所をマスク110で覆ってドライエッチングまたはブラスト加工により所定深さの凹陥部35を形成する。この凹陥部35は後工程でダイアフラム22の接合によって密閉空間となり、さらに真空排気されることにより容量室31となる部分である。凹陥部35を形成した後は、マスク110を取り除く。

【0052】

図11(a)、(b)は第1の基板に電極を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

第1の基板21の凹陥部35の底面に導電性薄膜を成膜し、写刻技術によりパターンニングすることにより、所定形状の固定電極25とリファレンス電極27を形成する。導電性薄膜の成膜は、上記した可動電極26、リファレンス電極28と同様に通常半導体プロセスで用いられているドライ成膜であるCVD、真空蒸着、スパッタリング法などにより形成することができる。この後、導電膜39a、39bを溶射等によって形成する。

【0053】

図12(a)、(b)は第1の基板とダイアフラムを接合する工程を説明するための平面図および断面図である。

第1の基板21の表面にダイアフラム22を位置決めして載置し、可動電極26とリファレンス電極28を固定電極25とリファレンス電極27に対してそれぞれ対向させる。そして、第1の基板21とダイアフラム22を直接接合する。第1の基板21とダイアフラム22の直接接合も、1000程度に加熱して行うことが望ましい。

【0054】

図13(a)、(b)はプレート素材を外側と内側に切断分離し第2の基板と可動体を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

プレート素材100のダイアフラム接合面とは反対側の面の外周部にリング状の第3の溝112をレーザー加工、ドライエッチング等によって形成し、第1の溝101と連通させる。第3の溝112は、第1の溝101と同一の大きさと溝幅を有している。これによって、プレート素材100は、第1の溝101と第3の溝112より外側部分と内側部分とに完全に切断分離され、外側部分が図1に示した枠状体からなる第2の基板23を形成し、内側部分が可動体24を形成し、第1の溝101と第3の溝112が溝幅Wの微小な隙間33を形成する。

【0055】

次に、第1の基板21の各ピン用孔36a~36dを通して、ダイアフラム22上のパッド42a~42d上に導電材料の溶射により半田ストッパ層を形成する。その後、各ピン用孔36a~36dに溶融半田を流し込んで電氣的に接続することにより、第1の基板21、ダイアフラム22、第2の基板23、可動体24等からなるセンサ素子Sが完成し、このセンサ素子SをパッケージPK(図2)に収納する。この際、センサ素子Sは、可動体24の覆い部24Bの外表面および内部空間32側と、容量室31側を分離するように、パッケージPKに封止接合される。

【0056】

しかる後、真空排気用孔38を図示しない真空ポンプに接続し、この真空ポンプによって第1の基板21とダイアフラム22とによって囲まれた容量室31内の空気を排気することにより、所定の真空度の真空室とする。しかる後、パッケージPKの真空真空排気用孔38を封止することにより、図1~図4に示した絶対圧センサ20の製造を終了する。

【0057】

このようにして製作される絶対圧センサ20にあっては、半導体プロセスと同様にサファイアからなる基板内に多数のセンサ素子Sを同時に製作することができるので、同じ品質のセンサ素子Sを大量生産することが可能となり、製造コストの低減にもつながる。

【0058】

図14は本発明の第2の実施の形態を示す断面図である。

10

20

30

40

50

この実施の形態は、第1の基板21、ダイヤフラム22、第2の基板23および可動体24でセンサ素子Sを構成し、可動体24の覆い部24Bによってダイヤフラム22の起歪部22Bと第2の基板23の上方を覆い、この第2の基板23の表面(上面)と覆い部24Bの内面との間に微小な隙間120を形成したものである。隙間120は微小な物質が通過し難く、測定媒体の通過が容易でセンサの圧力応答性に影響を与えない範囲内の隙間、例えば数 μm 程度とする。また、可動体24の覆い部24Bの外周面とパッケージPKの内周面との間には十分な隙間121が設定されている。その他の構造は上記した第1の実施の形態と略同様である。また、製造方法も略同様である。

【0059】

このような構造においても、第2の基板23の表面と可動体24の覆い部24Bの内面外周部との間に微小な隙間120を形成しているため、上記した実施の形態と同様に第2の基板23の内部空間32に測定媒体中に含まれている微小な物質が侵入しダイヤフラム22の起歪部22Bに付着し堆積するのを防止することができる。

【0060】

また、絶対圧センサ20に導かれる測定媒体34の圧力が P_1 から P_2 に変化したとき、圧力 P_2 の測定媒体34がフィルタFを通過した後微小な隙間121を通過して第2の基板23内に入り内部空間32内の圧力を P_1 から P_2 に置換するには所要の時間を要するので、過渡的に内部空間32内の圧力 P_1 と可動体24の覆い部24Bの外周面(パッケージPKの外部に露呈している面)に加わる圧力 P_2 との間に圧力差($|P_1 - P_2|$)が生じる。しかし、本構造においては、上記圧力差による影響を受ける部分を、可動体24の覆い部24Bの第2の基板23を覆っている部分に限定出来るため、応答性の悪化はほとんどない。

【0061】

図15は本発明の第3の実施の形態を示す断面図である。

この実施の形態は、請求項1に記載の発明に対応するもので、基板21、ダイヤフラム22および可動体24の3部材でセンサ素子Sを構成し、このセンサ素子SをパッケージPKに収納して絶対圧センサ130としたものである。すなわち、本実施の形態は、上記した第2の基板23を省略したものである。

【0062】

前記可動体24は、微小な高さの接合固定部24Aと、ダイヤフラム22の外周全体を覆う覆い部24Bとで構成され、覆い部24Bの内面とダイヤフラム22の起歪部22B外周面との間に微小な隙間122を形成している。また、製造方法は上記実施例と略同様である。隙間122としては、微小な物質が通過し隙間、例えば数 μm 程度に設定されている。

【0063】

このような構造においては、可動体24の外周を取り囲む第2の基板23を必要としないため、センサ素子Sの簡素化と製造コストの低減を図ることができる。

【0064】

なお、上記した実施の形態においては、いずれも絶対圧センサの形状を正方形とした場合について説明したが、本発明はこれに何ら特定されるものではなく、多角形、円形あるいは楕円形などの各種の形状のものであってもよい。

また、固定電極25と可動電極26の面積を大きくするために容量室31とダイヤフラム22の起歪部22Bを円形に形成した例を示したが、これに限らず角形に形成したものであってもよい。

【0065】

また、可動電極26を可動体24の接合固定部24Aに対応するダイヤフラム22の裏面中央部にのみ形成してもよい。また、可動体24の覆い部24Bの表面に適宜個数の窪み部を設けておくと、可動体24の軽量化を実現でき、振動等の誤差影響を軽減することができる。

【0066】

また、上記した実施の形態では、いずれも第1の基板21、ダイアフラム22、第2の基板23および可動体24の素材としてサファイア基板または石英基板を用いた例を示したが、これに限らずシリコン基板やガラスを用いることも可能である。

【0067】

さらに、上記した実施の形態はいずれも絶対圧センサに適用した例を示したが、本発明はこれに何ら限定されるものではなく、大気圧を基準圧としたセンサにも適用することが可能である。

【0068】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る静電容量式圧力センサは、ダイアフラムに接合されこれと一体に変位する可動体を備え、この可動体をダイアフラムの起歪部に接合された接合部と、ダイアフラムの起歪部上方を覆う覆い部とで構成し、この覆い部と起歪部との間に微小な隙間を形成したので、この隙間に微小な物質が侵入して起歪部に付着し堆積するのを防止することができる。したがって、フィルタを用いた場合、その目が必要以上に細かいものを用いる必要がなく、センサの応答性を向上させることができる。

10

【0069】

また、ダイアフラムの起歪部に微小な物質が付着、堆積しなければ、センサの温度特性も変化せず、長期間にわたって安定した性能を維持することができる。

【0070】

また、本発明はダイアフラムの起歪部と可動体を取り囲む第2の基板を備え、この基板の内壁面と可動体の覆い部との間に微小な隙間を設けるとともに、ダイアフラムの接合部の内側縁を第2の基板の内壁面より略前記隙間分だけ内側に位置させたので、微小な物質が前記隙間を通して第2の基板内に侵入したとしてもその殆どが隙間の真下に位置するダイアフラムの接合部に付着、堆積して起歪部に付着、堆積する量が少なく、圧力応答性、温度特性に優れた静電容量式圧力センサを提供することができる。

20

【0071】

さらに、第1の基板、ダイアフラム、第2の基板および可動体を同一材料で製作しているので、温度変化によって接合部に熱応力が生じず、ダイアフラムの弾性変形に影響を与えず、測定精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【図1】本発明に係る静電容量式圧力センサの第1の実施の形態を示す外観斜視図である。

【図2】図1のII-II線断面図である。

【図3】第1の基板の平面図である。

【図4】ダイアフラムの底面図である。

【図5】(a)、(b)は第2の基板と可動体の形成工程を説明するための平面図および断面図である。

【図6】(a)、(b)は第2の基板と可動体の形成工程を説明するための平面図および断面図である。

【図7】(a)、(b)はプレート素材とダイアフラムの接合工程を説明するための平面図および断面図である。

40

【図8】(a)、(b)はダイアフラムに電極を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

【図9】(a)、(b)は第1の基板にピン用孔と真空排気用孔を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

【図10】(a)、(b)は第1の基板に容量室を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

【図11】(a)、(b)は第1の基板に電極を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

【図12】(a)、(b)は第1の基板とダイアフラムを接合する工程を説明するための

50

平面図および断面図である。

【図13】(a)、(b)はプレート素材を切断分離して第2の基板と可を形成する工程を説明するための平面図および断面図である。

【図14】本発明の第2の実施の形態を示す断面図である。

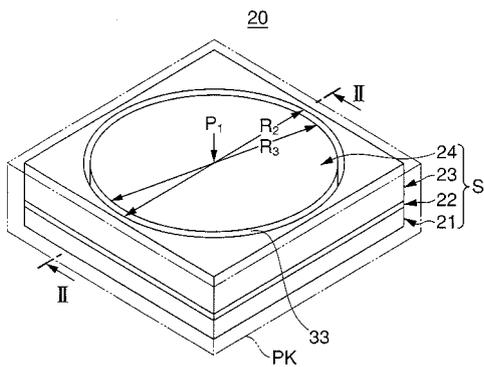
【図15】本発明の第3の実施の形態を示す断面図である。

【図16】従来の静電容量式圧力センサの断面図である。

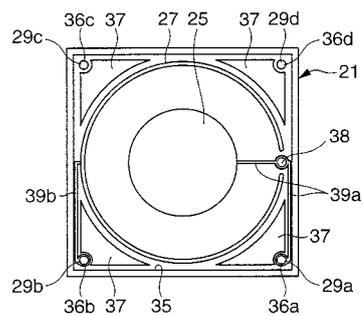
【符号の説明】

20...絶対圧センサ、21...第1の基板、22...ダイヤフラム、22A...接合部、22B...起歪部、23...第2の基板、24...可動体、24A...接合部、24B...覆い部、25...固定電極、26...可動電極、27, 28...リファレンス電極、31...容量室、32...内部空間、33...微小な隙間、F...フィルタ。

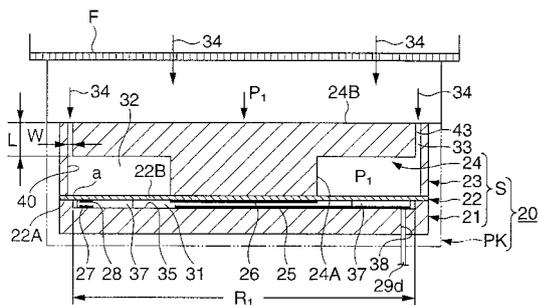
【図1】



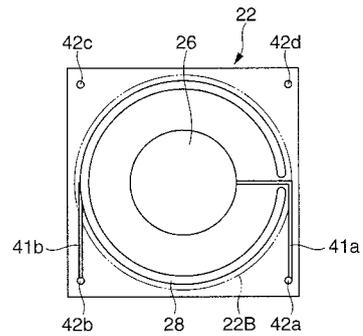
【図3】



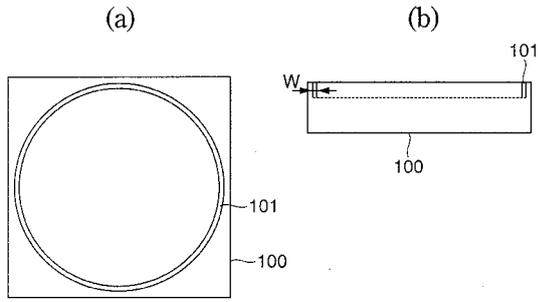
【図2】



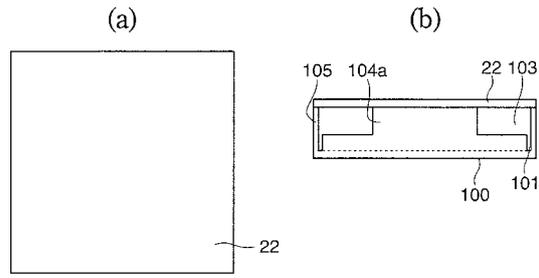
【図4】



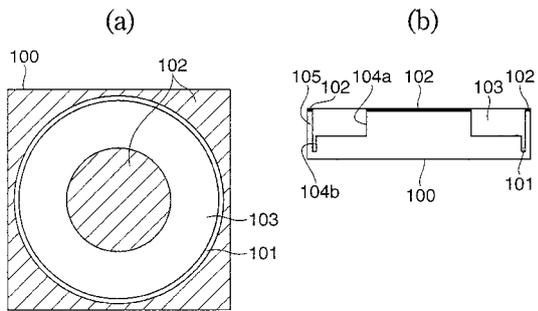
【 図 5 】



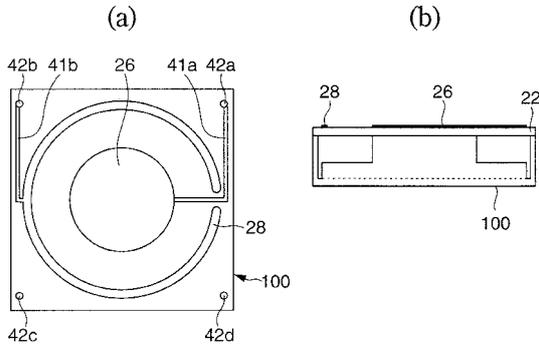
【 図 7 】



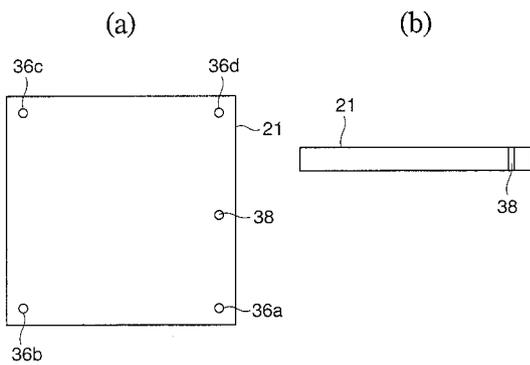
【 図 6 】



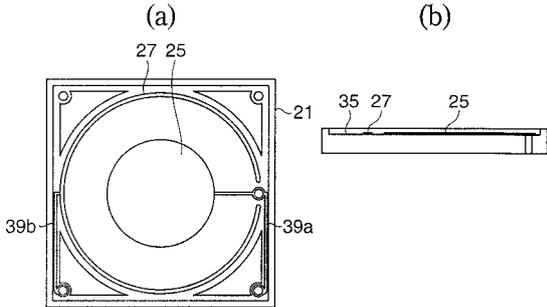
【 図 8 】



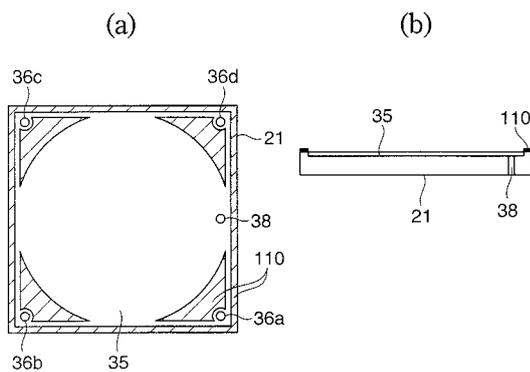
【 図 9 】



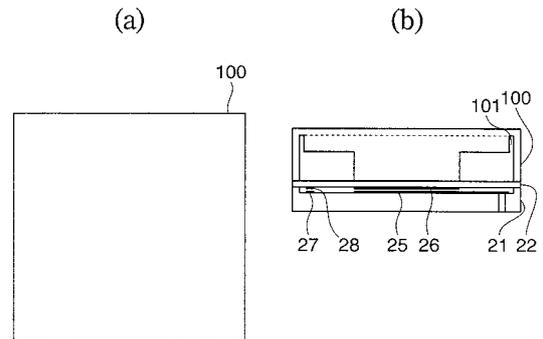
【 図 1 1 】



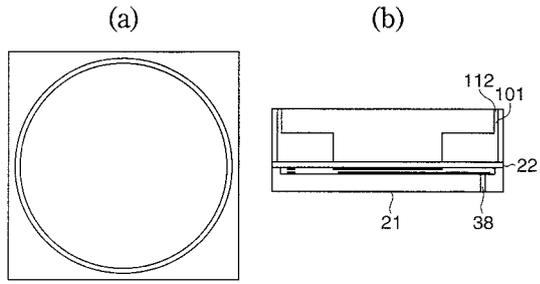
【 図 1 0 】



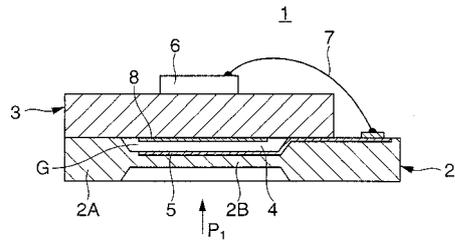
【 図 1 2 】



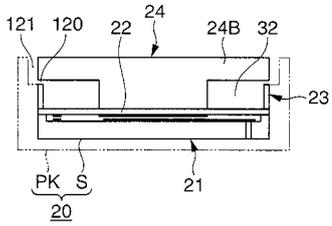
【 図 1 3 】



【 図 1 6 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】

