(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年3月28日(28.03.2019)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2019/059326 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 1/18 (2006.01)　*G01N 5/02* (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)　*H01L 29/84* (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号：　PCT/JP2018/034938

(22) 国際出願日：　2018年9月20日(20.09.2018)

(25) 国際出願の言語：　日本語

(26) 国際公開の言語：　日本語

(30) 優先権データ：
特願 2017-180132　2017年9月20日(20.09.2017)　JP
特願 2017-246442　2017年12月22日(22.12.2017)　JP
特願 2018-047234　2018年3月14日(14.03.2018)　JP
特願 2018-176538　2018年9月20日(20.09.2018)　JP

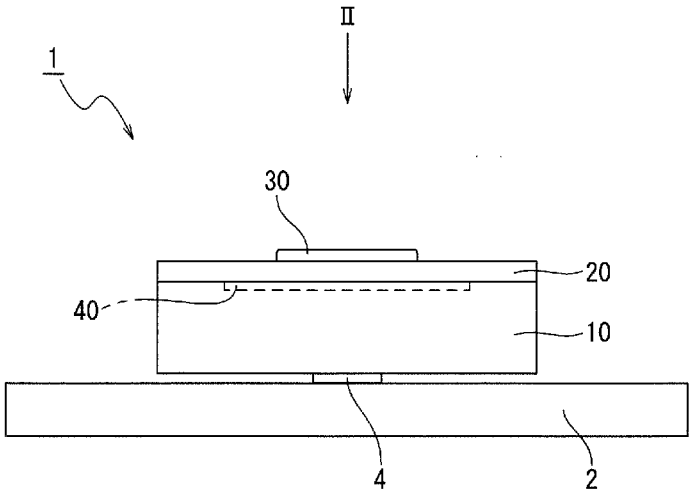
(71) 出願人: 旭化成株式会社 (**ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 村上 貴宣 (**MURAKAMI Takanori**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP). 望月 秀則 (**MOCHIZUKI Hidenori**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP). 平嶋 大樹 (**HIRASHIMA Daiki**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP). 加藤 静一 (**KATO Seiichi**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP). 小松 和磨 (**KOMATSU Kazuma**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 Tokyo (JP).

WO 2019/059326 A1

(54) **Title:** SURFACE STRESS SENSOR, HOLLOW STRUCTURAL ELEMENT, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称： 表面応力センサ、中空構造素子及びそれらの製造方法



(57) **Abstract:** Provided are a surface stress sensor with which a deterioration in measuring accuracy can be suppressed, and a method for manufacturing the same. A surface stress sensor (1) is provided with: a membrane (22) which deflects in response to an applied surface stress; a frame member (24) which encloses the membrane (22) with a gap therebetween when seen from the thickness direction of the membrane (22); at least one pair of coupling portions (26) which are disposed in positions sandwiching the membrane (22) when seen from the thickness direction of the membrane (22) and which couple the membrane (22) to the frame member (24); a flexible resistor (50) which is provided on at least one of the coupling portions (26) and which has a resistance value that varies in accordance with the deflection invoked in the coupling portion (26); and a supporting base (10) which is connected to the frame member (24) and overlaps the frame member (24) when seen from the thickness direction of the membrane (22); wherein a gap portion (40) is provided between the membrane (22) and the supporting base (10).

［続葉有］

(74) 代理人：田 中　秀 ▲ て つ ▼，外 (TANAKA Hidetetsu et al.)；〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目３番１号 城山トラストタワー３２階 特許業務法人日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：測定精度の劣化を抑制することが可能な、表面応力センサ及びその製造方法を提供する。印加された表面応力によって撓むメンブレン（２２）と、メンブレン（２２）の厚さ方向から見て隙間を空けてメンブレン（２２）を包囲する枠部材（２４）と、メンブレン（２２）の厚さ方向から見てメンブレン（２２）を挟む位置に配置されてメンブレン（２２）と枠部材（２４）とを連結する少なくとも一対の連結部（２６）と、連結部（２６）のうち少なくとも一つに備えられ、連結部（２６）に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗（５０）と、枠部材（２４）に接続され、且つメンブレン（２２）の厚さ方向から見て枠部材（２４）と重なる支持基材（１０）を備える表面応力センサ（１）であり、メンブレン（２２）と支持基材（１０）との間に空隙部（４０）が設けられている。

明　細　書

発明の名称 ：

表面応力センサ、中空構造素子及びそれらの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、表面応力センサ、特に、ピエゾ抵抗カンチレバー型センサと比較して高い感度を有する膜型の表面応力センサ（ＭＳＳ）及び中空構造素子と、表面応力センサの製造方法及び中空構造素子の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 人間の五感に相当する情報を収集するセンサ、特に、人間が化学物質を受容して感じる味覚や嗅覚のセンサに用いる技術として、例えば、特許文献１に開示されているピエゾ抵抗カンチレバー型センサがある。

特許文献１に開示されているピエゾ抵抗カンチレバー型センサは、膜型の表面応力センサであり、平坦部材に印可される表面応力を、平坦部材の周囲に配置した四つのピエゾ抵抗連結部分の、一軸性の応力として検出する構成である。そして、特許文献１に記載されている技術では、膜型の表面応力センサを各種のセンサとして実装する場合、平坦部材を、スペーサを介してパッケージ等の基板に固定するため、平坦部材が、印可された表面応力を受けるために、中空に浮いた構造となっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－４５６５７号公報

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、特許文献１に記載されている技術のように、平坦部材が中空に浮いた構造では、表面応力センサを固定する基板が、例えば、環境温度の変化によって変形すると、基板の変形が平坦部材に応力として印可されてしまう。

そして、基板の変形によって平坦部材に印可される応力は、化学物質を受容した場合に平坦部材へ印可される表面応力よりも大きな応力であるため、ピエゾ抵抗による電圧または電流の出力にオフセットを与えることとなる。

したがって、特許文献１に記載されている技術では、温度変化に応じてオフセットが変化することとなり、表面応力センサとしての測定精度が劣化するという問題点が発生する。

本発明は、従来の未解決の問題に着目してなされたものであり、測定精度の劣化を抑制することが可能な、表面応力センサ、中空構造素子及びそれらの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0005] 上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る表面応力センサは、メンブレンと、枠部材と、少なくとも一対の連結部と、可撓性抵抗と、支持基材と、を備え、メンブレン及び連結部と支持基材との間に空隙部が設けられていることを特徴としている。メンブレンは、印加された表面応力によって撓む。枠部材は、メンブレンの厚さ方向から見て当該メンブレンと離間し、且つメンブレンを包囲する。連結部は、厚さ方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する。可撓性抵抗は、連結部のうち少なくとも一つに備えられ、当該連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する。支持基材は、枠部材に接続され、且つ厚さ方向から見てメンブレン及び連結部と重なる。

[0006] また、本発明の他の態様に係る中空構造素子は、メンブレンと、枠部材と、少なくとも一対の連結部と、周辺膜部と、支持基材と、を備え、メンブレン、連結部及び周辺膜部と、支持基材と、の間には、空隙部が設けられている。メンブレンは、印加された表面応力によって撓む。枠部材は、メンブレンの厚さ方向から見てメンブレンと離間し、メンブレンを包囲する。連結部は、メンブレンの厚さ方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されており、メンブレンと枠部材とを連結する。周辺膜部は、枠部材に連結されており、メンブレンの厚さ方向から見て、メンブレンと、枠部材と、連結部に包囲

されている。支持基材は、枠部材に接続されており、メンブレンの厚さ方向から見て、メンブレン、連結部及び周辺膜部と重なる。そして、周辺膜部及び支持基材のうち少なくとも一方には、空隙部まで貫通する貫通部が形成されている。また、メンブレンの厚さ方向から見て、メンブレン及び連結部と、周辺膜部と、の間には、スリットが形成されている。さらに、スリットの幅は、貫通部の中心を挟んで対向する内壁面の最小距離よりも狭くなっている。

[0007] また、本発明の他の態様に係る表面応力センサの製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程と、除去工程と、を備えることを特徴としている。積層体形成工程は、支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、前記支持基材へ前記凹部を覆うように検出基材を貼り合わせることで、前記支持基材と前記検出基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する工程である。第一イオン注入工程は、前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する工程である。第二イオン注入工程は、前記検出基材の前記第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する工程である。熱処理工程は、前記第一のイオン及び前記第二のイオンを注入した前記積層体を熱処理することで、前記第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、前記第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する工程である。配線層形成工程は、前記可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する工程である。除去工程は、前記検出基材の中心を含む予め設定した領域の周囲であって前記低抵抗領域及び前記可撓性抵抗領域以外の領域を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、前記メンブレンの厚さ方向から見て隙間を空けてメンブレンを包囲する枠部材を形成する工程である。これに加え、除去工程は、前記厚さ方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部、及び前記連結部に起き

た撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗を形成する工程である。

ここで、「検出基材の中心を含む予め設定した領域」とは、後にメンブレンとなる領域をいう。また、「低抵抗領域及び可撓性抵抗領域」は、後に連結部となる領域をいう。

[0008] また、本発明の他の態様に係る表面応力センサの製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、領域設定工程と、エッチング工程と、配線層形成工程と、を備える。積層体形成工程は、支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、支持基材へ凹部を覆うように検出基材を貼り合わせることで、支持基材と検出基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する工程である。第一イオン注入工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する工程である。第二イオン注入工程は、検出基材の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する工程である。熱処理工程は、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する工程である。領域設定工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に、メンブレン形成領域と、枠部材形成領域と、連結部形成領域と、周辺膜部形成領域を設定する工程である。メンブレン形成領域は、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成する領域である。枠部材形成領域は、支持基材と検出基材とを積層した方向である積層方向から見てメンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する領域である。連結部形成領域は、積層方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する領域である。周辺膜部形成領域は、積層方向から見てメンブレン形成領域と枠部材形成領域と連結部形成領域とに包囲された領域である。

エッチング工程は、周辺膜部形成領域の空隙部と対向する面と反対側の面に

、空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成する工程である。これに加え、エッチング工程は、メンブレン形成領域及び連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、の間に、空隙部まで貫通するスリットを貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する工程である。そして、エッチング工程では、メンブレンをメンブレン形成領域に形成し、枠部材を枠部材形成領域に形成し、連結部を連結部形成領域に形成する。これに加え、エッチング工程では、枠部材に連結され、且つ積層方向から見て、メンブレンと、枠部材と、連結部と、に包囲された周辺膜部を周辺膜部形成領域に形成する。配線層形成工程は、連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する工程である。

[0009] また、本発明の他の態様に係る表面応力センサの製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、を備えることを特徴としている。これに加え、本発明の他の態様に係る表面応力センサの製造方法は、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、除去工程と、を備えることを特徴としている。積層体形成工程は、支持基材に犠牲層を積層し、さらに、犠牲層に検出基材を積層して積層体を形成する工程である。第一イオン注入工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に第一のイオンを注入する工程である。第二イオン注入工程は、検出基材の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する工程である。熱処理工程は、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する工程である。ホール形成工程は、検出基材の可撓性抵抗領域及び検出基材の中心を含む予め設定した領域に、犠牲層まで貫通するホールを形成する工程である。空隙部形成工程は、ホールを介したエッチングにより、検出基材の可撓性抵抗領域及び検出基材の中心を含む予め設定した領域と支持基材との間に配置された犠牲層を除去し

て、支持基材と検出基材との間に空隙部を設ける工程である。ホール封止工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成してホールを封止する工程である。配線層形成工程は、可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する工程である。除去工程は、検出基材の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域及び可撓性抵抗領域以外の領域を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、メンブレンの厚さ方向から見て隙間を空けてメンブレンを包囲する枠部材を形成する工程である。これに加え、除去工程は、厚さ方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部、及び連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗を形成する工程である。

[0010] また、本発明の他の態様に係る表面応力センサの製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、領域設定工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、エッチング工程と、配線層形成工程と、を備える。積層体形成工程は、支持基材の一方の面に犠牲層を積層し、さらに、犠牲層に検出基材を積層して積層体を形成する工程である。第一イオン注入工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する工程である。第二イオン注入工程は、検出基材の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する工程である。熱処理工程は、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する工程である。領域設定工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に、メンブレン形成領域と、枠部材形成領域と、連結部形成領域と、周辺膜部形成領域を設定する工程である。メンブレン形成領域は、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成する領域である。枠部材形成領域は、支持基材と検出基材とを積層した方向であ

る積層方向から見てメンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する領域である。連結部形成領域は、積層方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する領域である。周辺膜部形成領域は、積層方向から見てメンブレン形成領域と枠部材形成領域と連結部形成領域とに包囲された領域である。ホール形成工程は、メンブレン形成領域、連結部形成領域及び周辺膜部形成領域のうち少なくとも一つの領域に、犠牲層まで貫通するホールを形成する工程である。空隙部形成工程は、ホールを介したエッチングにより、メンブレン形成領域、連結部形成領域及び周辺膜部形成領域と、支持基材と、の間に配置された犠牲層を除去して、支持基材と検出基材との間に空隙部を設ける工程である。ホール封止工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成してホールを封止する工程である。エッチング工程は、周辺膜部形成領域の空隙部と対向する面と反対側の面に、空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成する工程である。これに加え、エッチング工程は、メンブレン形成領域及び連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、の間に、空隙部まで貫通するスリットを貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する工程である。そして、エッチング工程では、メンブレンをメンブレン形成領域に形成し、枠部材を枠部材形成領域に形成し、連結部を連結部形成領域に形成する。これに加え、エッチング工程では、枠部材に連結され、且つ積層方向から見て、メンブレンと、枠部材と、連結部と、に包囲された周辺膜部を周辺膜部形成領域に形成する。配線層形成工程は、連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する工程である。

[0011] また、本発明の他の態様に係る中空構造素子の製造方法は、積層体形成工程と、領域設定工程と、エッチング工程と、を備える。積層体形成工程は、支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、支持基材へ凹部を覆うように膜基材を貼り合わせることで、支持基材と膜基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する工程である。領域設定工程は、メンブレン形成領域と、

枠部材形成領域と、連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、を設定する工程である。メンブレン形成領域は、膜基材の支持基材と対向する面と反対側の面に、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成する領域である。枠部材形成領域は、支持基材と膜基材とを積層した方向である積層方向から見てメンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する領域である。連結部形成領域は、積層方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する領域である。周辺膜部形成領域は、積層方向から見てメンブレン形成領域と枠部材形成領域と連結部形成領域とに包囲された領域である。エッチング工程は、周辺膜部形成領域の空隙部と対向する面と反対側の面に空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成するとともに、メンブレン形成領域及び連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、の間に空隙部まで貫通するスリットを貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する工程である。これに加え、エッチング工程は、メンブレン形成領域及び連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、の間に、空隙部まで貫通するスリットを貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する工程である。そして、エッチング工程では、メンブレンをメンブレン形成領域に形成し、枠部材を枠部材形成領域に形成し、連結部を連結部形成領域に形成する。これに加え、エッチング工程では、枠部材に連結され、且つ積層方向から見て、メンブレンと、枠部材と、連結部と、に包囲された周辺膜部を周辺膜部形成領域に形成する。

[0012] また、本発明の他の態様に係る中空構造素子の製造方法は、積層体形成工程と、領域設定工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、エッチング工程と、配線層形成工程と、を備える。積層体形成工程は、支持基材の一方の面に犠牲層を積層し、さらに、犠牲層に検出基材を積層して積層体を形成する工程である。

領域設定工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に、メンブレン形成領域と、枠部材形成領域と、連結部形成領域と、周辺膜部形成領域

を設定する工程である。メンブレン形成領域は、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成する領域である。枠部材形成領域は、支持基材と検出基材とを積層した方向である積層方向から見てメンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する領域である。連結部形成領域は、積層方向から見てメンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する領域である。周辺膜部形成領域は、積層方向から見てメンブレン形成領域と枠部材形成領域と連結部形成領域とに包囲された領域である。ホール形成工程は、メンブレン形成領域、連結部形成領域及び周辺膜部形成領域のうち少なくとも一つの領域に、犠牲層まで貫通するホールを形成する工程である。空隙部形成工程は、ホールを介したエッチングにより、メンブレン形成領域、連結部形成領域及び周辺膜部形成領域と、支持基材と、の間に配置された犠牲層を除去して、支持基材と検出基材との間に空隙部を設ける工程である。ホール封止工程は、検出基材の支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成してホールを封止する工程である。エッチング工程は、周辺膜部形成領域の空隙部と対向する面と反対側の面に、空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成する工程である。これに加え、エッチング工程は、メンブレン形成領域及び連結部形成領域と、周辺膜部形成領域と、の間に、空隙部まで貫通するスリットを貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する工程である。そして、エッチング工程では、メンブレンをメンブレン形成領域に形成し、枠部材を枠部材形成領域に形成し、連結部を連結部形成領域に形成する。これに加え、エッチング工程では、枠部材に連結され、且つ積層方向から見て、メンブレンと、枠部材と、連結部と、に包囲された周辺膜部を周辺膜部形成領域に形成する。

発明の効果

[0013] 本発明の一態様によれば、表面応力センサを固定した基板の変形によってメンブレンに印加される応力を低減可能な、表面応力センサ及び中空構造素子、並びに表面応力センサ及び中空構造素子の製造方法を提供することが可

能となる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの構成を表す側面図である。

[図2]図１のＩＩ線矢視図である。

[図3]図２のＩＩＩ－ＩＩＩ線断面図である。

[図4]図２のＩＶ－ＩＶ線断面図である。

[図5]表面応力センサの検出基材の斜視図である。

[図6]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの積層体形成工程の一例を示す図である。

[図7]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの第一イオン注入工程及び第二イオン注入工程の一例を示す図である。

[図8]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図9]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図10]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図11]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図12]本発明の第一実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図13]従来の構成を備える表面応力センサの動作・作用を示す図である。

[図14]本発明の第一実施形態の表面応力センサの動作・作用を示す図である。

[図15]本発明の第二実施形態に係る表面応力センサの構成を表す側面図である。

[図16]本発明の第二実施形態に係る表面応力センサの積層体形成工程の一例

を示す図である。

[図17]本発明の第二実施形態に係る表面応力センサのホール形成工程の一例を示す図である。

[図18]本発明の第二実施形態に係る表面応力センサの空隙部形成工程の一例を示す図である。

[図19]本発明の第二実施形態に係る表面応力センサのホール封止工程の一例を示す図である。

[図20]本発明の第三実施形態に係る表面応力センサの構成を表す断面図である。

[図21]本発明の第三実施形態に係る表面応力センサの構成を表す平面図である。

[図22]本発明の第三実施形態に係る表面応力センサの積層体形成工程の一例を示す図である。

[図23]本発明の第三実施形態に係る表面応力センサの第一イオン注入工程及び第二イオン注入工程の一例を示す図である。

[図24]本発明の第四実施形態に係る表面応力センサのホール形成工程の他の例を示す図である。

[図25]本発明の第四実施形態に係る表面応力センサの空隙部形成工程の他の例を示す図である。

[図26]本発明の第四実施形態に係る表面応力センサのホール封止工程の他の例を示す図である。

[図27]本発明の第五実施形態に係る表面応力センサの構成を表す平面図である。

[図28]図２７のＶ－Ｖ線断面図である。

[図29]図２７中に円ＶＩで囲んだ範囲を含む拡大図である。

[図30]第五実施形態に係る膜基材の斜視図である。

[図31]本発明の第五実施形態に係る表面応力センサの領域設定工程の一例を示す図である。

[図32]本発明の第五実施形態に係る表面応力センサのエッチング工程の一例を示す図である。

[図33]本発明の第五実施形態の表面応力センサの動作・作用を示す図である。

[図34]本発明の第五実施形態の変形例を示す図である。

[図35]本発明の第七実施形態に係る表面応力センサの構成を表す側面図である。

[図36]図３５のＶＩＩ線矢視図である。

[図37]図３６のＶＩＩＩ－ＶＩＩＩ線断面図である。

[図38]図３６のＩＸ－ＩＸ線断面図である。

[図39]本発明の第七実施形態に係る表面応力センサの検出基材の斜視図である。

[図40]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図である。

[図41]図３５のＶＩＩ線矢視図であり、凹凸パターンの配置における変形例を示す図である。

[図42]図３５のＶＩＩ線矢視図であり、凹凸パターンの配置における変形例を示す図である。

[図43]図３５のＶＩＩ線矢視図であり、メンブレンの形状及び凹凸パターンの配置における変形例を示す図である。

[図44]メンブレンの外周近傍に形成された凹凸パターンの変形例を拡大して示す斜視図である。

[図45]メンブレンの外周近傍に形成された凹凸パターンの変形例を拡大して示す斜視図である。

[図46]メンブレンの外周近傍に形成された凹凸パターンの変形例を拡大して示す斜視図である。

[図47]メンブレンの外周近傍に形成された凹凸パターンの変形例を拡大して示す斜視図である。

[図48]メンブレンの外周近傍に形成された凹凸パターンの変形例を拡大して

示す斜視図である。

[図49]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図50]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図51]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図52]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図53]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図54]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図55]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図56]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図57]図３６のＸＩ－ＸＩ線断面図であり、凹凸パターンの変形例を示す図である。

[図58]本発明の第七実施形態に係る表面応力センサの配線層形成工程の一例を示す図である。

[図59]図３６のＹ－Ｙ断面図であり、凹凸パターン形成工程を示す図である。

[図60]従来の構成を備える表面応力センサの動作・作用を示す図である。

[図61]第七実施形態の表面応力センサの検出基材を示す図である。

[図62]第七実施形態の変形例を示す図である。

[図63]第七実施形態の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 図面を参照して、本発明の実施形態を以下において説明する。以下の説明で参照する図面の記載において、同一、または類似の部分には、同一、または類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、厚さと平面寸法との関係、厚さの比率等は、現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚さや寸法は、以下の説明を参酌して判断すべきものである。また、図面相互間においても、互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

さらに、以下に示す実施形態は、本発明の技術的思想を具体化するための構成を例示するものであって、本発明の技術的思想は、構成部品の材質や、それらの形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。本発明の技術的思想は、特許請求の範囲に記載された請求項が規定する技術的範囲内において、種々の変更を加えることが可能である。また、以下の説明における「左右」や「上下」の方向は、単に説明の便宜上の定義であって、本発明の技術的思想を限定するものではない。よって、例えば、紙面を９０度回転すれば「左右」と「上下」とは交換して読まれ、紙面を１８０度回転すれば「左」が「右」に、「右」が「左」になることは勿論である。

[0016] （第一実施形態）

以下、本発明の第一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

（構成）

図１から図５を用いて、第一実施形態の構成を説明する。

図１から図５中に表す表面応力センサ１は、例えば、味覚や嗅覚を検出するセンサに用いられており、パッケージ基板２と、接続部４と、支持基材１０と、検出基材２０を備える。

[0017] （パッケージ基板）

パッケージ基板２は、例えば、金属、ポリマー、セラミック材等を用いて形成されており、例えば、ミリメートルオーダーの厚さで形成されている。

（接続部）

接続部４は、パッケージ基板２の一方の面（図１中では、上側の面）に配

置されており、例えば、接着剤や半田等を用いて形成されている。

第一実施形態では、一例として、接続部４の形状を、円形に形成した場合について説明する。

[0018]（支持基材）

支持基材１０は、パッケージ基板２の一方の面に配置されており、接続部４を介して、パッケージ基板２に取り付けられている。

第一実施形態では、一例として、支持基材１０の中心が、接続部４を配置する位置と重なる場合について説明する。

支持基材１０の面積（図１中では、支持基材１０を上下方向から見た支持基材１０の面積）は、接続部４の面積よりも大きい。

[0019] 支持基材１０の厚さ（図１中では、支持基材１０の上下方向への長さ）は、８０［μｍ］以上に設定されている。なお、支持基材１０の厚さは、８０［μｍ］以上７５０［μｍ］以下の範囲内に設定してもよい。

支持基材１０を形成する材料としては、例えば、ケイ素（Ｓｉ：シリコン）、サファイア、ガリウムヒ素、ガラス、石英のうちいずれかを含む材料を用いることが可能である。また、支持基材１０は、表面に酸化膜等で構成されたＢＯＸ層が形成されていてもよい。

第一実施形態では、一例として、支持基材１０を形成する材料として、ケイ素を用いた場合について説明する。

これにより、第一実施形態では、支持基材１０の線膨張係数を、５．０×１０$^{-6}$／℃以下としている。

[0020] 以下に、支持基材１０を形成する材料として用いることが可能な材料の、線膨張係数を記載する。

ケイ素の線膨張係数は、常温以上１０００℃以下の環境下で、３．９×１０$^{-6}$／℃以下である。

サファイアの線膨張係数は、０℃以上１０００℃以下の環境下で、９．０×１０$^{-6}$／℃以下である。

ガリウムヒ素（ＧａＡｓ）の線膨張係数は、０Ｋ以上３００Ｋ以下の環境

下で、６．０×１０$^{-6}$／℃以下である。

ガラス（フロートガラス）の線膨張係数は、０℃以上３００℃以下の環境下で、８．５×１０$^{-6}$／℃以下～９．０×１０$^{-6}$／℃以下である。

石英の線膨張係数は、０℃以上３００℃以下の環境下で、０．５９×１０$^{-6}$／℃以下である。なお、石英の線膨張係数は、３００℃の近辺にピークが有る。

[0021]（検出基材）

検出基材２０は、支持基材１０の一方の面（図１中では、上側の面）に積層されており、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６とが一体となって形成されている。

第一実施形態では、一例として、検出基材２０を形成する材料に、ケイ素を用いた場合について説明する。

また、検出基材２０を形成する材料は、支持基材１０の線膨張係数と、検出基材２０の線膨張係数との差が、１．２×１０$^{-5}$／℃以下となる材料を用いる。

第一実施形態では、検出基材２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料とした場合について説明する。

[0022]（メンブレン）

メンブレン２２は、板状に形成されている。

第一実施形態では、一例として、メンブレン２２を、円板状に形成した場合について説明する。

また、メンブレン２２は、ｎ型半導体層である。

メンブレン２２の一方の面（図１中では、上側の面）には、受容体３０が例えば塗布により形成されている。

受容体３０（レセプター）は、例えば、ポリエチレンイミン（ＰＥＩ）溶液（以降の説明では、「ＰＥＩ溶液」と記載する場合がある）を用いて形成されており、ガスの分子が吸着することで歪みが発生する。

受容体３０にガスの分子が吸着して、受容体３０に歪みが発生すると、メ

ンブレン２２に表面応力が印加され、メンブレン２２が撓む。したがって、メンブレン２２は、受容体３０にガスの分子が吸着すると、印加された表面応力によって撓む。

なお、受容体３０の構成は、ガスの分子が吸着することで歪みが発生する構成に限定するものではなく、例えば、磁気によって歪みが発生する構成としてもよい。すなわち、受容体３０の構成は、表面応力センサ１の検出対象に応じて、適宜変更してもよい。

[0023]（枠部材）

枠部材２４は、井桁状に形成されており、メンブレン２２の厚さ方向から見て、隙間を空けてメンブレン２２を包囲している。

メンブレン２２の厚さ方向から見た視点とは、表面応力センサ１を上方から見た視点（図１では、矢印ＩＩの方向から見た視点）である。

メンブレン２２の厚さ方向から見て、枠部材２４の中心は、メンブレン２２の中心と重なっている。

また、枠部材２４は、接着等、各種の接合技術を用いて、支持基材１０のうち、パッケージ基板２と対向する面と反対側の面（図１中では、上側の面）に接続されている。

[0024] 第一実施形態では、一例として、枠部材２４及び支持基材１０の形状を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、支持基材１０の外周面と枠部材２４の外周面とが、面一である形状に形成した場合について説明する。

すなわち、枠部材２４と支持基材１０は、メンブレン２２の厚さ方向から見て、同じ形状の四辺形である。これは、例えば、枠部材２４と支持基材１０とを接続した後に、枠部材２４及び支持基材１０に対してダイシング加工を行うことで実現する。すなわち、メンブレン２２の厚さ方向から見て、枠部材２４の中心は、支持基材１０の中心と重なっている。

[0025] したがって、支持基材１０は、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２及び枠部材２４と重なっている。

さらに、接続部４は、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２

２の少なくとも一部と重なる位置に配置されている。

また、メンブレン２２の厚さ方向から見て、接続部４の面積は、メンブレン２２の面積よりも小さい。

また、パッケージ基板２は、支持基材１０のメンブレン２２と対向する面と反対側の面（図１中では、下側の面）に接続されている。

[0026]（連結部）

連結部２６は、メンブレン２２の厚さ方向から見て、帯状に形成されている。

また、連結部２６は、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２の中心を通過する仮想的な直線ＶＬ１及びＶＬ２と重なる位置に配置されており、メンブレン２２と枠部材２４とを連結している。

第一実施形態では、一例として、メンブレン２２と枠部材２４とが、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄで連結されている場合について説明する。

四つの連結部２６ａ～２６ｄは、直線ＶＬ１と重なる位置に配置されている一対の連結部２６ａ及び連結部２６ｂと、直線ＶＬ１と直交する直線ＶＬ２と重なる位置に配置されている一対の連結部２６ｃ及び連結部２６ｄを含む。

すなわち、一対の連結部２６ａ及び連結部２６ｂと、一対の連結部２６ｃ及び連結部２６ｄは、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２を挟む位置に配置されており、メンブレン２２と枠部材２４とを連結する。

[0027] 第一実施形態では、一例として、連結部２６ａ及び連結部２６ｂの幅が、連結部２６ｃ及び連結部２６ｄの幅よりも狭い場合について説明する。

メンブレン２２及び四つの連結部２６ａ～２６ｄと、支持基材１０との間には、空隙部４０が設けられている。

なお、表面応力センサ１を溶液中で使用する場合には、空隙部４０が溶液で満たされてもよい。

空隙部４０は、検出基材２０の加工途中においてメンブレン２２が支持基

材１０の側へ撓む際に、メンブレン２２が支持基材１０に張り付くことを防ぐ空間として機能する。

四つの連結部２６ａ～２６ｄには、それぞれ、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが備えられている。

[0028]（可撓性抵抗）

各可撓性抵抗５０は、連結部２６に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する。

第一実施形態では、一例として、可撓性抵抗５０を、ピエゾ抵抗で形成した場合について説明する。

ピエゾ抵抗は、例えば、連結部２６へのイオンの注入によって形成されており、メンブレン２２が撓むことで連結部２６に起きた撓みに応じて変化する抵抗値を有している。

また、可撓性抵抗５０は、ｐ型半導体層である。

四つの可撓性抵抗５０ａ～５０ｄは、例えば、図５中に示すように、互いに隣接する可撓性抵抗５０（連結部２６ａと連結部２６ｃ及び連結部２６ｄ、連結部２６ｂと連結部２６ｃ及び連結部２６ｄ）が接続されている。これにより、四つの可撓性抵抗５０ａ～５０ｄは、図５に示すフルホイートストンブリッジを形成している。

[0029]（ピエゾ抵抗）

以下、ピエゾ抵抗の詳細な構成について説明する。

ピエゾ抵抗の抵抗値（Ｒ）と、ピエゾ抵抗の抵抗値の相対抵抗変化（ΔＲ／Ｒ）は、以下の式（１）から（３）で与えられる。

[0030] [数1]

$$R = \rho \frac{l}{wt} \quad \cdots (1)$$

[0031] [数2]

$$\Delta R = \frac{\partial R}{\partial \rho}\Delta\rho + \frac{\partial R}{\partial l}\Delta l + \frac{\partial R}{\partial w}\Delta w + \frac{\partial R}{\partial t}\Delta t \quad \cdots (2)$$

[0032] [数3]

$$\frac{\Delta R}{R}=\frac{\Delta\rho}{\rho}+\frac{\Delta l}{l}-\frac{\Delta w}{w}-\frac{\Delta t}{t}=(\pi_x\sigma_x+\pi_y\sigma_y+\pi_z\sigma_z)+\varepsilon_x-\varepsilon_y-\varepsilon_z \quad \cdots (3)$$

[0033] 式（１）から式（３）において、ρはピエゾ抵抗の抵抗率、ｌはピエゾ抵抗の長さ、ｗはピエゾ抵抗の幅、ｔはピエゾ抵抗の厚さであり、σはピエゾ抵抗に誘起される応力、εはピエゾ抵抗に誘起される歪、πはピエゾ抵抗定数である。

また、式（１）から式（３）において、ｘはカンチレバーの長手方向、ｙはカンチレバーの横方向、ｚはカンチレバーの法線方向に対応する。

歪と応力の関係は、一般化されたＨｏｏｋｅの法則から導くことが可能である。

[0034] [数4]

$$\varepsilon_x=\frac{l}{E}\left[\sigma_x-\nu(\sigma_y+\sigma_z)\right] \quad \cdots (4)$$

[0035] [数5]

$$\varepsilon_y=\frac{l}{E}\left[\sigma_y-\nu(\sigma_x+\sigma_z)\right] \quad \cdots (5)$$

[0036] [数6]

$$\varepsilon_z=\frac{l}{E}\left[\sigma_z-\nu(\sigma_x+\sigma_y)\right] \quad \cdots (6)$$

[0037] 式（４）から式（６）において、ＥはカンチレバーのＹｏｕｎｇ率であり、νはカンチレバーのＰｏｉｓｓｏｎ比である。したがって、平面応力である（すなわちσｚ＝０）と仮定すれば、相対抵抗変化は、以下の式（７）で記述することが可能である。

[0038] [数7]

$$\frac{\Delta R}{R}=\sigma_x\left(\frac{1+2\nu}{E}+\pi_x\right)+\sigma_y\left(-\frac{1}{E}+\pi_y\right) \quad \cdots (7)$$

[0039] ここで、大きな信号を獲得し、シリコンが有する高いピエゾ係数を最大限

利用するために、単結晶Ｓｉ（１００）を用いて形成されることで、ｐ型半導体層を形成するピエゾ抵抗を検討する。ピエゾ抵抗係数は、以下の式（８）及び式（９）で示す関係によって決定される。

[0040] [数8]

$$\pi_x = \frac{1}{2}\left(\pi_{11} + \pi_{12} + \pi_{44}\right) \quad \cdots (8)$$

[0041] [数9]

$$\pi_y = \frac{1}{2}\left(\pi_{11} + \pi_{12} - \pi_{44}\right) \quad \cdots (9)$$

[0042] 式（８）及び式（９）において、π１１、π１２及びπ４４は、結晶の基本ピエゾ抵抗係数である。ｘ方向が［１１０］に整列したｐ型Ｓｉ（１００）であり、ｙ方向が［１－１０］に整列したｐ型Ｓｉ（１００）である場合は、π１１が、１０－１１Ｐａ－１を単位として＋６．６である。これに加え、π１２が、１０－１１Ｐａ－１を単位として－１．１であり、π４４が、１０－１１Ｐａ－１を単位として＋１３８．１である。

したがって、ピエゾ抵抗係数πｘは、７１．８×１０－１１Ｐａ－１と計算され、ピエゾ抵抗係数πｙは、－６６．３×１０－１１Ｐａ－１と計算される。また、Ｅは１．７０×１０１１Ｐａであり、νは０．２８である。そして、πｘ＞＞（１＋２ν）／Ｅであり、πｙ＞＞－１／Ｅであり、πｘ≒－πｙ≒π４４／２であるので、式（７）は、以下の式（１０）で示すように近似することが可能である。

[0043] [数10]

$$\frac{\Delta R}{R} \approx \frac{1}{2}\pi_{44}\left(\sigma_x - \sigma_y\right) \quad \cdots (10)$$

したがって、ピエゾ抵抗の信号（すなわち、ΔＲ／Ｒ）は、主にσｘとσｙの差によって決まる。

[0044] （表面応力センサの製造方法）

図１から図５を参照しつつ、図６から図１２を用いて、表面応力センサ１

の製造方法を説明する。なお、図６から図１２は、図５のＸ－Ｘ線断面の位置に対応する断面図である。

表面応力センサ１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。

[0045]（積層体形成工程）

積層体形成工程では、まず、図６（ａ）に示すように、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０の一方の面に、リソグラフィー及びエッチング技術を用いて凹部６２（トレンチ）を形成する。凹部６２の深さは、例えば、７［μｍ］に設定する。

次に、凹部６２を形成した第一シリコン基板６０に対し、検出基材２０の材料となる第二シリコン基板６４を、接着等、各種の接合技術を用いて貼り合わせることで、図６（ｂ）に示すように、積層体６６（Ｃａｖｉｔｙウェーハ）を形成する。

[0046] 上記のように、積層体形成工程を行うことで、積層体６６の所定の位置には、上下左右をシリコン（第一シリコン基板６０、第二シリコン基板６４）によって囲まれた空隙部４０が形成される。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、さらに、支持基材１０へ凹部６２を覆うように検出基材２０を貼り合わせることで、支持基材１０と検出基材２０との間に空隙部４０が設けられた積層体６６を形成する。

[0047]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、まず、図７に示すように、第二シリコン基板６４の上側の面を酸化させて第一のシリコン酸化膜６８ａを形成し、フォトレジストのパターン（図示せず）を用いて、可撓性抵抗領域７０に対し、選択的に第一のイオンを注入する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材２０の中心を含む予め設定した領域

よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0048]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程では、第一イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一イオン注入工程で用いたものとは異なるフォトレジストのパターン（図示せず）を形成し、図７中に示すように、低抵抗領域７２に第二のイオンを注入する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材２０の第一のイオンを注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二のイオンを注入する。

[0049]（熱処理工程）

熱処理工程では、第二イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一のイオン及び第二のイオンの活性化を目的として、積層体６６に熱処理（アニール処理）を施す。積層体６６に熱処理を施した後は、第一のシリコン酸化膜６８ａを除去する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。

[0050]（配線層形成工程）

配線層形成工程では、図８（ａ）に示すように、第二シリコン基板６４の上側の面に対し、シリコン窒化膜７４と第二のシリコン酸化膜６８ｂとを順に積層する。そして、通常のリソグラフィー及び酸化膜エッチングにより、図８（ｂ）に示すように、第二のシリコン酸化膜６８ｂへ、ホール７６を形成する。

次に、図９（ａ）に示すように、第二のシリコン酸化膜６８ｂの上へ、Ｔｉ及びＴｉＮで形成した積層膜７８をスパッタリングによって形成し、熱処理を施す。積層膜７８は、ＡＩ等の金属膜がＳｉへ異常拡散することを防止

する役割を持つ、いわゆるバリアメタルであり、熱処理を施すことによって、ホール７６の底部に存在するＳｉとＴｉの界面がシリサイド化して、低抵抗な接続を形成することが可能となる。

さらに、図９（ｂ）に示すように、積層膜７８の上へ、スパッタリングによって、ＡｌＩ等の金属膜８０を積層する。

[0051] 次に、フォトリソグラフィー及びエッチング技術を用いて金属膜８０をパターニングすることにより、図１０（ａ）に示すような配線層８２を形成する。さらに、図１０（ｂ）に示すように、絶縁層として第三のシリコン酸化膜６８ｃを積層する。

その後、図１１（ａ）に示すように、可撓性抵抗領域７０及び検出基材の中心を含む予め設定した領域（後にメンブレンとなる領域）であるメンブレン設定領域８４以外を覆うようなフォトレジストのパターン（図示せず）を形成する。さらに、エッチング技術によって、可撓性抵抗領域７０及びメンブレン設定領域８４に形成されている第二のシリコン酸化膜６８ｂを除去する。そして、メンブレン設定領域８４以外を覆うようなフォトレジストのパターン（図示せず）を形成して、図１１（ｂ）に示すように、メンブレン設定領域８４のシリコン窒化膜７４を除去する。

次に、図１２に示すように、可撓性抵抗５０からの出力を得るためのＰＡＤ８６を、通常のフォトリソグラフィー及びエッチング技術によって形成する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0052] （除去工程）

除去工程では、メンブレン設定領域８４の一部をエッチングにて切り取ることで、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄをパターニングする。

したがって、除去工程では、メンブレン設定領域８４の周囲であって、低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０（後に連結部２６となる領域）以外の領域を除去することで、メンブレン２２、枠部材２４、連結部２６、可撓性

抵抗５０を形成する。

[0053]（動作・作用）

図１から図１２を参照しつつ、図１３及び図１４を用いて、第一実施形態の動作と作用を説明する。

表面応力センサ１を、例えば、嗅覚センサとして用いる際には、臭い成分を含んだガスの雰囲気中に受容体３０を配置し、ガスが含む臭い成分を、受容体３０に吸着させる。

受容体３０にガスの分子が吸着して、受容体３０に歪みが発生すると、メンブレン２２に表面応力が印加され、メンブレン２２が撓む。

枠部材２４は井桁状に形成されてメンブレン２２を包囲しており、連結部２６は、メンブレン２２と枠部材２４を両端部で連結している。このため、連結部２６のうち、メンブレン２２に連結している端部は自由端となっており、枠部材２４に連結している端部は固定端となっている。

[0054] したがって、メンブレン２２が撓むと、連結部２６に、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みが起きる。そして、連結部２６に起きた撓みに応じて、可撓性抵抗５０が有する抵抗値が変化し、抵抗値の変化に応じた電圧の変化がＰＡＤ８６から出力され、コンピュータ等におけるデータ検出に用いられる。

表面応力センサ１の使用時には、例えば、表面応力センサ１の使用環境に発生した温度変化等により、パッケージ基板２が変形（収縮、伸長、反り）する可能性がある。

[0055] 従来の構成を備える表面応力センサ１００の構造、すなわち、例えば、図１３（ａ）中に示すように、支持基材１０が筒状に形成されており、メンブレン２２が中空に浮いた構造では、以下の問題が発生する。すなわち、従来の構成を備える表面応力センサ１００では、図１３（ｂ）中に示すように、パッケージ基板２が変形（収縮）すると、パッケージ基板２の変形に伴って、支持基材１０も変形する。そして、メンブレン２２が中空に浮いており、メンブレン２２とパッケージ基板２との間には、空間のみが存在しているた

め、支持基材１０の変形が許容され、メンブレン２２が大きく撓むこととなる。すなわち、パッケージ基板２の変形が、メンブレン２２に応力として印可されることになる。これにより、可撓性抵抗５０による電圧または電流の出力にオフセットが与えられてしまい、温度変化に応じてオフセットが変化してしまうために、表面応力センサ１の精度が劣化することとなる。

[0056] したがって、従来の構成を備える表面応力センサ１００では、変形したパッケージ基板２から受ける応力の変化により、メンブレン２２が大きく変形して、表面応力センサ１００の特性が変化する。このため、表面応力センサ１００の検査時と実装時において、表面応力センサ１００の特性が変化してしまい、表面応力センサ１００の出荷時における検査や校正が困難となる。

[0057] これに対し、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、図１４（ａ）中に示すように、メンブレン２２とパッケージ基板２との間に支持基材１０が存在する。また、支持基材１０が柱状に形成されているため、従来の構成を備える表面応力センサ１００のように、支持基材１０が筒状に形成されている構成と比較して、高い剛性を有している。

このため、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、図１４（ｂ）中に示すように、パッケージ基板２が変形（収縮）した場合であっても、支持基材１０が高い剛性を有するため、支持基材１０の変形が抑制され、メンブレン２２の撓みが抑制されることとなる。

[0058] また、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、支持基材１０が高い剛性を有するため、温度変化等に起因するパッケージ基板２の応力変化に鈍感となり、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

また、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、支持基材１０が、温度変化等に起因するパッケージ基板２の応力変化に鈍感となり、パッケージ基板２の構成（強度、材料、厚さ等）の影響を受けにくい。このため、多種多様な構成のパッケージ基板２に対して用いることが可能となる。

さらに、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、支持基材１０の中心が、接続部４を配置する位置と重なっている。これに加え、支持基材１０の

面積が、接続部４の面積よりも大きい。

[0059] このため、接続部４を介して支持基材１０へ伝達される、パッケージ基板２の変形によって発生する応力は、パッケージ基板２の全体で発生する応力と比較して低減されるため、支持基材１０の変形が抑制され、メンブレン２２の撓みが抑制されることとなる。

したがって、第一実施形態の構成であれば、パッケージ基板２の変形によってメンブレン２２に印加される応力を低減させて、表面応力センサ１の測定精度が劣化することを抑制することが可能である。

[0060] また、技術開発やビジネスへの適用が可能なＩｏＴ関連の情報を収集する上で、人間の五感に相当する情報をセンシングする技術に対し、五感のうち、視覚、聴覚及び触覚と比較して、必ずしも一般的ではない味覚と嗅覚のセンサに適用することが可能となる。

なお、上述した第一実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第一実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0061]（第一実施形態の効果）

第一実施形態の表面応力センサ１であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）印加された表面応力によって撓むメンブレン２２と、メンブレン２２を包囲する枠部材２４と、メンブレン２２と枠部材２４とを連結する連結部２６と、連結部２６に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗５０を備える。さらに、枠部材２４に接続され、メンブレン２２の厚さ方向から見てメンブレン２２と重なる支持基材１０を備える。これに加え、メンブレン２２と支持基材１０との間に、空隙部４０が設けられている。

[0062] このため、支持基材１０が高い剛性を有する構成となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の応力変化に鈍感となり、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

その結果、パッケージ基板２の変形によってメンブレン２２に印加される応力を低減させて、測定精度の劣化を抑制することが可能な、表面応力センサ１を提供することが可能となる。

また、半導体プロセスによって作製した表面応力センサ１が、パッケージ等への組み立ての前後において特性が変化してしまうことを防止することが可能となる。さらに、表面応力センサ１自体の剛性を向上させることが可能であるため、ハンドリング時の破損等、取り扱いで発生する不具合を防止することが可能となる。

[0063] （２）可撓性抵抗５０が、メンブレン２２が撓むことで連結部２６に起きた撓みに応じて変化する抵抗値を有するピエゾ抵抗である。

その結果、ピエゾ抵抗に誘起されるＸ方向及びＹ方向への応力を用いて、ピエゾ抵抗の抵抗値の相対抵抗変化を検出することが可能となり、受容体３０に、対象とする分子が吸着したか否かを判定することが可能となる。

[0064] （３）メンブレン２２と枠部材２４とが、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄで連結されており、可撓性抵抗５０が、四つの連結部２６ａ～２６ｄのそれぞれに備えられ、四つの可撓性抵抗５０が、フルホイートストンブリッジを形成する。

Ｒ１とＲ３はＸ方向、Ｒ２とＲ４はＹ方向への撓みが大きいため、Ｒ１とＲ２、Ｒ３とＲ４ではそれぞれ相対抵抗変化が逆になる。印可電圧ＶＢをＲ１とＲ２で分割する出力端子Ｖｏｕｔの電圧は、増減が逆であるＲ１とＲ２の相乗効果を発揮して変化する。Ｒ３とＲ４での分割でも同じことが言える。両Ｖｏｕｔ電圧は変化の方向が逆であるので、結果として両Ｖｏｕｔ電圧は足し合わされ、４つのピエゾ抵抗の変化は全てプラスに貢献して感度を高めるという点で、フルホイートストンブリッジは有利である。

[0065] （４）メンブレン２２がｎ型半導体層であり、可撓性抵抗５０がｐ型半導体層である。

その結果、可撓性抵抗５０に流れる電流はメンブレン２２に流れることはなく、出力電圧にノイズが生じることはない。また、可撓性抵抗５０にｐ型

半導体を用いることで、ｎ型を用いるよりも高い感度を実現することが可能となる。

（５）検出基材２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とが、同一の材料である。

その結果、温度変化等に起因するパッケージ基板２の変形に応じた、検出基材２０の変形量と支持基材１０の変形量との差を減少させることが可能となり、メンブレン２２の撓みを抑制することが可能となる。

[0066] （６）支持基材１０の線膨張係数が、５．０×１０$^{-6}$／℃以下である。

その結果、支持基材１０の剛性を向上させることが可能となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の変形に対する、検出基材２０の変形量を減少させることが可能となる。

（７）支持基材１０の厚さが、８０μｍ以上である。

その結果、支持基材１０の剛性を向上させることが可能となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の変形に対する、検出基材２０の変形量を減少させることが可能となる。

[0067] （８）メンブレン２２の厚さ方向から見て、支持基材１０の外周面と、枠部材２４の外周面とが面一である。

その結果、通常の半導体製造で用いられるダイシング装置を使用して個片化することが可能となる。

（９）支持基材１０が、ケイ素、サファイア、ガリウムヒ素、ガラス、石英のうちいずれかを含む材料で形成されている。

その結果、表面応力センサ１に要求される導電率を確保することが容易となる。

[0068] （１０）支持基材１０のメンブレン２２と対向する面と反対側の面に接続されるパッケージ基板２をさらに備える。

その結果、表面応力センサ１の、各種のセンサへの実装が容易となる。

（１１）支持基材１０とパッケージ基板２とは、メンブレン２２の厚さ方向から見てメンブレン２２の少なくとも一部と重なる位置に配置された接続部

４によって接続されている。

その結果、ブラケット等を用いることなく、支持基材１０とパッケージ基板２を接続することが可能となり、構成の複雑化を抑制することが可能となる。

[0069] （１２）メンブレン２２の厚さ方向から見て、接続部４の面積がメンブレン２２の面積よりも小さい。

このため、接続部４を介して支持基材１０へ伝達される、パッケージ基板２の変形によって発生する応力を、パッケージ基板２の全体で発生する応力よりも低減することが可能となる。

その結果、支持基材１０の変形を抑制して、メンブレン２２の撓みが抑制することが可能となる。

また、第一実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

[0070] （１３）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程と、除去工程とを備える。積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、さらに、支持基材１０へ凹部６２を覆うように検出基材２０を貼り合わせることで、支持基材１０と検出基材２０との間に空隙部４０が設けられた積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材２０の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。除去工程では、検出基材２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の

領域を除去することで、メンブレン２２、枠部材２４、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。

[0071] このため、支持基材１０が高い剛性を有する構成となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の応力変化に鈍感となり、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

その結果、パッケージ基板２の変形によってメンブレン２２に印加される応力を低減させて、測定精度の劣化を抑制することが可能な、表面応力センサの製造方法を提供することが可能となる。

また、半導体プロセスによって作製した表面応力センサ１が、パッケージ等への組み立ての前後において特性が変化してしまうことを防止することが可能となる。さらに、表面応力センサ１自体の剛性を向上させることが可能であるため、ハンドリング時の破損等、取り扱いで発生する不具合を防止することが可能となる。

[0072] （第一実施形態の変形例）

（１）第一実施形態では、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０の一方の面に凹部６２を形成することで、メンブレン２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成したが、これに限定するものではない。すなわち、検出基材２０の材料となる第二シリコン基板６４の支持基材１０と対向する面に凹部を形成することで、メンブレン２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成してもよい。

（２）第一実施形態では、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄに、それぞれ、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが備えられている構成としたが、これに限定するものではない。すなわち、一対である二つの連結部２６に、それぞれ、可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

[0073] （３）第一実施形態では、四つの連結部２６ａ～２６ｄの全てに可撓性抵抗５０が備えられている構成としたが、これに限定するものではなく、少なくとも一つの連結部２６に可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

（４）第一実施形態では、接続部４の面積を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２の面積よりも小さい値としたが、これに限定するものではなく、接続部４の面積を、メンブレン２２の面積以上としてもよい。

（５）第一実施形態では、接続部４の形状を円形としたが、これに限定するものではなく、接続部４の形状を、例えば、方形としてもよい。また、接続部４を、複数形成してもよい。

[0074] （６）第一実施形態では、検出基材２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料としたが、これに限定するものではなく、検出基材２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、異なる材料としてもよい。

この場合、検出基材２０の線膨張係数と支持基材１０の線膨張係数との差を、１．２×１０$^{-5}$／℃以下することで、パッケージ基板２の変形に応じた、検出基材２０の変形量と支持基材１０の変形量との差を減少させることが可能となる。これにより、メンブレン２２の撓みを抑制することが可能となる。

[0075] （７）第一実施形態では、支持基材１０の線膨張係数が、５．０×１０$^{-6}$／℃以下としたが、これに限定するものではなく、支持基材１０の線膨張係数を、１．０×１０$^{-5}$／℃以下としてもよい。

この場合であっても、支持基材１０の剛性を向上させることが可能となり、温度変化等
に起因するパッケージ基板２の変形に対する、検出基材２０の変形量を減少させることが可能となる。

[0076] （第二実施形態）

以下、本発明の第二実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

（構成）

図１から図５を参照しつつ、図１５を用いて、第二実施形態の構成を説明する。

第二実施形態の構成は、図１５に示すように、枠部材２４が、接続層９０

を介して、支持基材１０のパッケージ基板２と対向する面と反対側の面（図１５中では、上側の面）に接続されている点を除き、上述した第一実施形態と同様である。

接続層９０は、二酸化ケイ素（SiO_2）等を用いて形成されている。

その他の構成は、上述した第一実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0077]（表面応力センサの製造方法）

図１から図１５を参照しつつ、図１６から図１９を用いて、表面応力センサ１の製造方法を説明する。なお、図１６から図１９の断面図は、図５のＸ－Ｘ線断面図に対応する。

表面応力センサ１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。

[0078]（積層体形成工程）

積層体形成工程では、まず、図１６に示すように、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０へ、シリコン酸化膜を用いて形成した犠牲層９２を積層する。さらに、犠牲層９２へ、検出基材２０の材料となる第二シリコン基板６４を積層する。なお、犠牲層９２としては、シリコン酸化膜の他に、シリコン窒化膜やアルミニウム、チタン、銅、タングステン等の金属膜を用いてもよい。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材２０を積層して積層体６６を形成する。

[0079]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、まず、図１６に示すように、第二シリコン基板６４を酸化することで、第二シリコン基板６４の上側の面を酸化させて第一のシリコン酸化膜６８ａを形成する。

次に、第一のシリコン酸化膜６８ａを形成した第二シリコン基板６４に対して、フォトレジストのパターン（図示せず）を形成し、可撓性抵抗領域７

０に対して、選択的に第一のイオンを注入する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0080]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程では、第一イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一イオン注入工程で用いたものとは異なるフォトレジストのパターン（図示せず）を形成し、低抵抗領域７２に第二のイオンを注入する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材２０の第一のイオンを注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二のイオンを注入する。

[0081]（熱処理工程）

熱処理工程では、第二イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一のイオン及び第二のイオンの活性化を目的として、積層体６６に熱処理（アニール処理）を施す。積層体６６に熱処理を施した後は、第一のシリコン酸化膜６８ａを除去する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。

[0082]（ホール形成工程）

ホール形成工程では、一般的なフォトリソグラフィーの技術により、第二シリコン基板６４の上側の面に、ホールのパターン（図示せず）を形成する。

次に、ホールのパターンをマスクとしてドライエッチングを施し、図１７に示すように、第二シリコン基板６４へホール７６を形成する。ホール７６

の直径は、例えば、０．２８［μｍ］に設定して、犠牲層９２に到達する深さに設定する。

以上により、ホール形成工程では、検出基材２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。

[0083]（空隙部形成工程）

空隙部形成工程では、ＨＦＶａｐｏｒを、ホール７６を通して第一シリコン基板６０の側に浸透させることで、犠牲層９２のみを選択的にエッチングし、図１８に示すように、第一シリコン基板６０と第二シリコン基板６４との間に、空隙部４０を形成する。

ここで、ＨＦのＷｅｔエッチングを使わない理由は、空隙部４０を形成した後の乾燥時に、純水等の表面張力で空隙部４０が潰れる不具合（スティクションとも呼称される）の発生を回避するためである。

以上により、空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２を除去して、支持基材１０と検出基材２０との間に空隙部４０を設ける。

[0084]（ホール封止工程）

ホール封止工程では、図１９に示すように、酸化膜９４によってホール７６を封止する。

ホール７６を封止する方法としては、例えば、熱酸化処理とＣＶＤ等を組み合わせることが有効であるが、ホール７６の直径が小さい場合には、ＣＶＤのみを用いることも可能である。

以上により、ホール封止工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に、酸化膜９４を形成してホール７６を封止する。

[0085]（配線層形成工程）

配線層形成工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された

配線層８２を形成する。

（除去工程）

除去工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

したがって、除去工程では、検出基材２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン２２、枠部材２４、連結部２６、可撓性抵抗５０を形成する。

[0086]（動作・作用）

第二実施形態の動作と作用は、上述した第一実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

なお、上述した第二実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第二実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0087]（第二実施形態の効果）

第二実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材２０を積層して積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材２０の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを

注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。ホール形成工程では、検出基材２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２を除去して、支持基材１０と検出基材２０との間に空隙部４０を設ける。ホール封止工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に酸化膜９４を形成して、ホール７６を封止する。配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。除去工程では、検出基材２０の中心を含む予め設定したメンブレン設定領域８４の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン２２、枠部材２４、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。

[0088] このため、支持基材１０が高い剛性を有する構成となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の応力変化に鈍感となり、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

その結果、パッケージ基板２の変形によってメンブレン２２に印加される応力を低減させて、測定精度の劣化を抑制することが可能な、表面応力センサの製造方法を提供することが可能となる。

また、半導体プロセスによって作製した表面応力センサ１が、パッケージ等への組み立ての前後において特性が変化してしまうことを防止することが可能となる。さらに、表面応力センサ１自体の剛性を向上させることが可能であるため、ハンドリング時の破損等、取り扱いで発生する不具合を防止することが可能となる。

[0089] （第三実施形態）

以下、本発明の第三実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

第一実施形態に係る表面応力センサ１において、支持基材１０の表面に、支持基材１０と検出基材２０との絶縁等を目的としてＢＯＸ（Buried Oxide

）層を設けることがある。ＢＯＸ層は、例えばＳｉ基板を熱酸化することにより形成される。Ｓｉの熱酸化は、Ｓｉ結晶中に応力を誘起するため、ＢＯＸ層は表面応力センサのメンブレンの撓みの原因となる場合がある。ＢＯＸ層の応力に起因するメンブレンの撓みは、表面応力センサにおいてはオフセットとなり、表面応力センサの検出精度の向上が抑制される。

本発明の第三実施形態に係る表面応力センサは、支持基材の表面にＢＯＸ層を設けた構成において、ＢＯＸ層に起因する表面応力センサの測定精度の低下を抑制することができる。

[0090]（構成）

図１から図５を参照しつつ、図２０及び図２１を用いて、第三実施形態の構成を説明する。図２０は、第三実施形態に係る表面応力センサ１０１の断面を示す断面図である。図２１は、図２０に示す表面応力センサ１０１の平面図である。なお、図２０及び図２１では、表面応力センサ１０１の上面に形成される配線層の図示を省略している。

[0091] 図２０に示すように、表面応力センサ１０１は、支持基材１０の表面にＢＯＸ層である接続層１１１を備えている、また、表面応力センサ１０１は、一枚の支持基材１０に、複数（例えば２つ）のセンサ部が設けられている。すなわち、表面応力センサ１０１は、支持基材１０に複数の空隙部４０（４１，４２）が設けられており、空隙部４１，４２上に受容体３０ａが設けられたメンブレン１２２ａと、上面に受容体３０ｂが設けられたメンブレン１２２ｂとがそれぞれ設けられている。これにより、表面応力センサ１０１は、受容体３０ａと受容体３０ｂとを異なる材料で形成して、異なる種類のガスの検出を行うことができるように構成されている。また、表面応力センサ１０１は、受容体３０ａと受容体３０ｂとを同じ材料で形成してもよい。メンブレン１２２ａ，１２２ｂは、第一実施形態のメンブレン２２に対応し、受容体３０ａ，３０ｂは、第一実施形態の受容体３０に対応し、空隙部４１，４２は第一実施形態の空隙部４０に対応するため、説明を省略する。

[0092]（接続層）

表面応力センサ１０１は、支持基材１０の検出基材１２０と対向する面に接続層１１１が設けられており、接続層１１１の一部が除去されて溝部１２５，１２７が形成されている。支持基材１０の検出基材１２０と対向する面の表面には、空隙部４０（４１，４２）となる２つのトレンチが形成されている。接続層１１１（１１１ａ，１１１ｂ，１１１ｃ）は、トレンチ形成後の支持基材１０の検出基材１２０と対向する面に、支持基材１０の表面及びトレンチの表面を覆うように形成されている。接続層１１１ａ，１１１ｂ，１１１ｃについては後述する。

なお、接続層１１１は、支持基材１０のパッケージ基板２と対向する面（図２０中では、下側の面）の表面に設けられていてもよい。

[0093]（溝部）

図２１に示すように、溝部１２５，１２７は、平面視で矩形状の空隙部４１，４２のそれぞれを取り囲む位置に設けられ、検出基材１２０の枠部材１２４及び接続層１１１を貫通するように形成されている。溝部１２５，１２７は、枠部材１２４及び接続層１１１のそれぞれの一部が除去されて形成されている。溝部１２５，１２７は、平面視で空隙部４１，４２の外形に対応した環状の形状を有しており、例えば平面視で外形が矩形状の角環形状に形成されている。溝部１２５，１２７は、例えば、平面視で空隙部４１，４２周辺の可撓性抵抗５０ａ～５０ｄの外側領域にそれぞれ設けられている。

[0094] 図２０に示すように、接続層１１１は、溝部１２５により、平面視で溝部１２５内側（メンブレン１２２ａ形成側領域）に位置する接続層１１１ｂと、溝部１２５外側に位置する接続層１１１ａとに分離される。また、接続層１１１は、溝部１２７により、平面視で溝部１２７内側（メンブレン１２２ｂ形成側領域）に位置する接続層１１１ｃと、溝部１２５外側に位置する接続層１１１ａとに分離される。

同様に、枠部材１２４は、溝部１２５により、平面視で溝部１２５内側に位置する枠部材１２４ｂと、溝部１２５外側に位置する枠部材１２４ａとに分離される。また、枠部材１２４は、溝部１２７により、平面視で溝部１２

７内側に位置する枠部材１２４ｃと、溝部１２７外側に位置する枠部材１２４ａとに分離される。

以下、接続層１１１ａ，１１１ｂ及び１１１ｃを区別しない場合には、接続層１１１と記載する。また、枠部材１２４ａ，１２４ｂ及び１２４ｃを区別しない場合には、枠部材１２４と記載する。

[0095] 溝部１２５内側に位置する枠部材１２４ｂは、四つ（二対）の連結部２６によってメンブレン１２２ａと連結される。また、溝部１２７内側に位置する枠部材１２４ｃは、四つ（二対）の連結部２６によってメンブレン１２２ｂと連結される。

[0096] すなわち、表面応力センサ１０１では、溝部１２５の内側に位置する接続層１１１ｂ及び枠部材１２４ｂは、面積が大きく応力が発生しやすい溝部１２５外側に位置する接続層１１１ａ及び枠部材１２４ａからそれぞれ分離している。このため、接続層１１１ａで応力が発生した場合でも、当該応力を溝部１２５に逃がすことができ、接続層１１１ａで発生した応力のメンブレン１２２ａへの影響を低減することができる。

[0097] 溝部１２７の周辺においても、上述と同様のことが言える。すなわち、表面応力センサ１０１では、溝部１２７内側に位置する接続層１１１ｃ及び枠部材１２４ｃは、面積が大きく応力が発生しやすい溝部１２７外側に位置する接続層１１１ａ及び枠部材１２４ａからそれぞれ分離している。このため、接続層１１１ａで応力が発生した場合でも、当該応力を溝部１２７に逃がすことができ、接続層１１１ａで発生した応力のメンブレン１２２ｂへの影響を低減することができる。

[0098] さらに、溝部１２５，１２７をメンブレン１２２ａ，１２２ｂにより近い位置に設けることが好ましい。当該構成により、接続層１１１ｂ，１１１ｃの面積がより小さくなり、メンブレン１２２ａ，１２２ｂが接続層１１１ｂ，１１１ｃから受ける応力をより小さくすることができる。したがって、溝部１２５，１２７を設けることで、溝部１２５，１２７を設けない場合と比較してメンブレン１２２ａ，１２２ｂが受ける応力が低減され、表面応力セ

ンサ１０１のオフセットを低減することができる。

なお、検出基材１２０と支持基材１０との接合性の観点から、溝部１２５，１２７は、空隙部４１，４２の外周部から数十μｍ（例えば４０μｍ）以上外側の領域に設けられることが好ましい。

[0099] 図２１に示すように、溝部１２５と空隙部４１の外周との間の距離Ｌ１～Ｌ４が、溝部１２５と空隙部４１の外周との間の何れの位置においても等しくなるように、溝部１２５が形成されることがより好ましい。すなわち、図２１に示す距離Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３，Ｌ４の全てが等しくなるように溝部１２５が形成されることがより好ましい。また、溝部１２７と空隙部４２の外周との間の距離Ｌ１’～Ｌ４’が、溝部１２７と空隙部４２の外周との間の何れの位置においても等しくなるように形成されることがより好ましい。すなわち、図２１に示す距離Ｌ１’，Ｌ２’，Ｌ３’，Ｌ４’の全てが等しくなるように溝部１２７が形成されることがより好ましい。

当該構成により、メンブレン１２２ａの周囲からかかる応力をどの方向からでも略均等にすることができるとともに、メンブレン１２２ｂの周囲からかかる応力をどの方向からでも略均等にすることができる。このため、表面応力センサ１０１の各センサ部において、オフセットを等方的に低減することができる。

[0100] また、溝部１２５と空隙部４１の外周との間の距離Ｌ１～Ｌ４と、溝部１２７と空隙部４２の外周との間の距離Ｌ１’～Ｌ４’を全て均等に形成することがより好ましい。

当該構成により、メンブレン１２２ａを有するセンサ部と、メンブレン１２２ｂを有するセンサ部との間におけるオフセットのバラつきを低減することができる。

[0101] （変形例）

隣接する複数の溝部は、溝の一部が共通に形成されてもよい。すなわち、図２１において、隣接して形成された溝部１２５の右側に位置する溝と、溝部１２７の左側に位置する溝とが一体に形成されてもよい。当該構成により

、溝部１２５と溝部１２７とが密接して形成される為、メンブレン１２２ａ，１２２ｂをより近接して配置することができ、表面応力センサ１０１の小型化を図ることができる。

[0102] また、空隙部４１，４２の平面形状は矩形に限られず、円形や多角形状であってもよい。この場合、溝部１２５，１２７は、空隙部４１，４２の平面形状にそれぞれ対応した形状とすることが好ましい。当該構成により、メンブレン１２２ａ，１２２ｂの周囲からかかる応力を均等にすることができ、表面応力センサ１０１のオフセットを等方的に低減することができる。

[0103] また、溝部１２５，１２７の外側に位置する接続層１１１ａ及び枠部材１２４ａの一部または全部を除去しても良い。当該構成により、溝部１２５，１２７の外側からメンブレン１２２ａ，１２２ｂに応力がかからなくなるため好ましい。

さらに、接続層１１１ａからの接続層１１１ｂ、１１１ｃへの応力影響が小さければ、接続層１１１ａと接続層１１１ｂ，１１１ｃとが、それぞれ完全に分離されていなくても良い。例えば、溝部１２５の底面（支持基材１０の表面）に、接続層１１１ａと接続層１１１ｂとを接続する繋ぎ部（図示せず）が薄く形成されていてもよい。

[0104]（表面応力センサの製造方法）

図１から図１２並びに図２０及び図２１を参照しつつ、図２２及び図２３を用いて、表面応力センサ１０１の製造方法を説明する。なお、図２２及び図２３の断面図は、図２０の空隙部４１近傍（空隙部４１の左側部）における断面を示す。

表面応力センサ１０１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、溝部形成工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。

[0105]（積層体形成工程）

積層体形成工程では、まず、図２２（ａ）に示すように、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０の一方の面に、リソグラフィー及びエッチ

ング技術を用いて複数の凹部６２（トレンチ）を形成する。なお、図２２（ａ）では、後に空隙部４１となる凹部６２のみを表している。

次に、複数の凹部６２を形成した第一シリコン基板６０に対し、熱酸化を行い、第一シリコン基板６０の少なくとも凹部６２形成面に熱酸化膜６１を形成する。

[0106] 次に、図２２（ｂ）に示すように、凹部６２形成面に熱酸化膜６１が形成された第一シリコン基板６０に対し、検出基材２０の材料となる第二シリコン基板６４を、接着等、各種の接合技術を用いて貼り合わせる。このとき、第二シリコン基板６４を複数の凹部６２を覆うように配置して第一シリコン基板６０に貼りあわせる。これにより、積層体６６（Ｃａｖｉｔｙウェーハ）を形成する。

[0107] 上述したように、積層体形成工程を行うことで、積層体６６の所定の位置には、上下左右を第二シリコン基板６４と第一シリコン基板６０上に形成された熱酸化膜６１によって囲まれた空隙部４１が形成される。なお、図示しない空隙部４２が同時に形成されている。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０となる第一シリコン基板６０の一方の面に空隙部４１，４２となる複数の凹部６２を形成し、凹部６２を形成した支持基材１０の少なくとも一方の面に、熱酸化膜６１を形成する。その後、支持基材１０へ複数の凹部６２を覆うように検出基材１２０となる第二シリコン基板６４を貼り合わせる。これにより、第一シリコン基板６０と第二シリコン基板６４との間に空隙部４１，４２が設けられ、かつ空隙部４１，４２の外周において支持基材１０と検出基材１２０との間に熱酸化膜６１が設けられた積層体６６を形成する。

[0108] なお、第一シリコン基板６０の全体を熱酸化して第一シリコン基板６０の表面、裏面及び側面（図２２中の上面、下面及び左面）全体に熱酸化膜６１を形成しても良い。この場合、製造工程の最後にダイシングブレードで個片化することにより、支持基材１０の両面（図２０中の上面及び下面）に接続層１１１が形成された表面応力センサ１０１を得ることができる。

[0109]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材１２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0110]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材１２０の第一のイオンを注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二のイオンを注入する（図２３（ａ））。

[0111]（熱処理工程）

熱処理工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する（図２３（ａ））。

[0112]（溝部形成工程）

図２３（ｂ）に示すように、溝部形成工程では、熱処理後の積層体６６の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側領域において、第二シリコン基板６４を貫通し熱酸化膜６１を底面とする溝６４ａを形成する。溝６４ａは、フォトレジストのパターン（図示せず）をマスクとしてドライエッチングを施して形成される。溝６４ａは、例えば、平面視で矩形状の空隙部４１，４２のそれぞれを取り囲む位置に、空隙部４１，４２の形状に沿った形状で形成される。続いて、溝６４ａのパターンをマスクとして

ドライエッチングを施し、図２３（ｂ）に示すように、熱酸化膜６１を貫通し第一シリコン基板６０を底面とする溝６１ａを形成する。溝６４ａと溝６１ａとにより、溝部１２５が形成される。溝部１２７についても同様に形成される。

以上により、溝部形成工程では、枠部材１２４の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の空隙部４１，４２のそれぞれを取り囲む位置において、枠部材１２４となる第二シリコン基板６４及び接続層１１１となる熱酸化膜６１を除去して、溝部１２５，１２７を形成する（図２３（ａ））。

[0113] （配線層形成工程）

配線層形成工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

（除去工程）

除去工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

したがって、除去工程では、検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン１２２ａ，１２２ｂ、枠部材１２４（１２４ａ，１２４ｂ）、連結部２６、可撓性抵抗を形成する。

[0114] （動作・作用）

第三実施形態の動作と作用は、上述した第一実施形態及び第二実施形態と同様の動作と作用に加えて、溝部１２５，１２７により、溝部１２５，１２７の外側に位置する接続層１１１ａに起因する応力をメンブレン１２２ａ，１２２ｂに伝えないようにすることができる。

なお、上述した第三実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第三実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であって

も、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0115] （第三実施形態の効果）

第三実施形態の表面応力センサ１０１であれば、第一実施形態の表面応力センサ１で得られる効果に加えて、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）表面応力センサ１０１では、溝部１２５の内側に位置する接続層１１１ｂ及び枠部材１２４ｂは、面積が大きく応力が発生しやすい、溝部１２５外側に位置する接続層１１１ａ及び枠部材１２４ａからそれぞれ分離している。

その結果、接続層１１１ａで応力が発生した場合でも、当該応力を溝部１２５に逃がすことができ、接続層１１１ａで発生した応力のメンブレン１２２ａへの影響を低減することができる。

[0116] （２）溝部１２５，１２７と、空隙部４１，４２外周との距離が、溝部１２５と空隙部４１、溝部１２７と空隙部４２との何れの位置においてもそれぞれ等しくなるように形成されることが好ましい。

その結果、メンブレン１２２ａの周囲からかかる応力及びメンブレン１２２ｂの周囲からかかる応力を略均等にすることができ、表面応力センサ１０１のオフセットを等方的に低減することができる。

（３）溝部１２５，１２７の一部が共通（一体）に形成されてもよい。当該構成により、メンブレン１２２ａ，１２２ｂをより近接して配置することができ、表面応力センサ１０１の小型化を図ることができる。

[0117] また、第三実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、第一実施形態の表面応力センサ１の製造方法で得られる効果に加えて、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（４）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、溝部形成工程と、配線層形成工程と、除去工程とを備える。積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、少なく

とも支持基材１０の凹部６２を形成した面に熱酸化膜６１を形成した後、支持基材１０へ凹部６２を覆うように検出基材１２０を貼り合わせることで、支持基材１０と検出基材１２０との間に空隙部４０が設けられ、かつ空隙部４１，４２の外周において支持基材１０と検出基材１２０との間に熱酸化膜６１が設けられた積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材１２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材１２０の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。溝部形成工程では、検出基材１２０の可撓性抵抗５０ａ～５０ｄを形成する可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の領域において、検出基材１２０及び熱酸化膜６１を除去して溝部１２５，１２７を形成する。配線層形成工程では、可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する。除去工程では、検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン１２２ａ，１２２ｂ、枠部材１２４（１２４ａ，１２４ｂ．１２４ｃ）、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。

[0118] このため、第一実施形態の製造方法で得られる表面応力センサ１の効果に加えて、接続層１１１で発生する応力のメンブレン１２２ａ，１２２ｂへの影響を簡易な工程で低減し、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

[0119] （第四実施形態）

以下、本発明の第四実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

（構成）

第四実施形態に係る表面応力センサ１０１は、第三実施形態と同様センサ部が複数設けられ、センサ部の外周に溝部が設けられた構造であって、第二

実施形態の表面応力センサ１と同様に、支持基材１０上に接続層９０を有している。

その他の構成は上述した第二実施形態と同様であるため、説明を省略する

[0120]（表面応力センサの製造方法）

図１から図１９を参照しつつ、図２４から図２６を用いて、表面応力センサ１０１の製造方法を説明する。なお、図２４から図２６の断面図は、第二実施形態におけるホール形成工程、空隙部形成工程及びホール封止工程（図１７から図１９）に対応する。

表面応力センサ１０１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。

[0121]（積層体形成工程）

積層体形成工程では、上述した第二実施形態と同様の手順（図１６）で積層体６６の形成を行うため、その説明を省略する。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材１２０を積層して積層体６６を形成する。

[0122]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、上述した第二実施形態と同様の手順（図１６）で第一のイオンを注入するため、その説明を省略する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材１２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0123]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程では、上述した第二実施形態と同様の手順（図１６）で第二のイオンを注入するため、その説明を省略する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材１２０の第一のイオンを注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二の

イオンを注入する。

[0124]（熱処理工程）

熱処理工程では、上述した第二実施形態と同様の手順（図１６）で熱処理を行うため、その説明を省略する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。

[0125]（ホール形成工程）

ホール形成工程では、一般的なフォトリソグラフィーの技術により、第二シリコン基板６４の上側の面に、ホール及び溝のパターン（図示せず）を形成する。ホールのパターンは、第二シリコン基板６４の空隙部形成領域に対応する領域に形成する。第二シリコン基板６４の空隙部形成領域に対応する領域は、検出基材１２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域である。また、溝のパターンは、第二シリコン基板６４の空隙部形成領域の外側の領域に形成する。第二シリコン基板６４の空隙部形成領域の外側の領域は、検出基材１２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の領域である。

[0126] 次に、ホールのパターンをマスクとしてドライエッチングを施し、図２４に示すように、第二シリコン基板６４へホール７６及び溝７７を形成する。ホール７６は、第二シリコン基板６４の空隙部形成領域に対応する領域に形成される。溝７７は、第二シリコン基板６４の空隙部形成領域の外側の領域に、空隙部形成領域を取り囲むように形成されている。ホール７６の直径及び溝７７の幅は、例えば、０．２８［μｍ］に設定して、犠牲層９２に到達する深さに設定する。

以上により、ホール形成工程では、検出基材１２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域と、可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の領域とに、犠牲層９２まで貫通

するホール７６及び溝７７を形成する。

[0127]（空隙部形成工程）

空隙部形成工程では、ＨＦＶａｐｏｒを、ホール７６及び溝７７を通して第一シリコン基板６０の側に浸透させることで、犠牲層９２のみを選択的にエッチングし、図２５に示すように、第一シリコン基板６０と第二シリコン基板６４との間に、空隙部４０と、溝９３とを形成する。

以上により、空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２の一部を除去して、支持基材１０と検出基材２０との間に空隙部４０を設ける。また、空隙部形成工程では、溝７７を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の領域の犠牲層９２を除去して、溝７７と溝９３とにより溝部１２５を形成する。なお、図示しない位置に形成された溝を用いて、図２０に示す溝部１２７が形成される。

[0128]（ホール封止工程）

ホール封止工程では、上述した第二実施形態と同様の手順でホール７６の封止を行うため、その説明を省略する。ホール封止工程では、図２６に示すように、酸化膜９４によってホール７６及び溝７７を封止する。

以上により、ホール封止工程では、検出基材２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に、酸化膜９４を形成してホール７６及び溝７７を封止する。

[0129]（配線層形成工程）

配線層形成工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する。

（除去工程）

除去工程は、上述した第一実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

したがって、除去工程では、検出基材２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン１２２ａ，１２２ｂ、枠部材１２４（１２４ａ，１２４ｂ）、連結部２６、可撓性抵抗を形成する。

[0130]（動作・作用）

第四実施形態の動作と作用は、上述した第三実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

なお、上述した第四実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第四実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

例えば、ホール形成工程では、第二シリコン基板６４へホール７６を形成すると同時に溝７７を形成する構成について説明したが、溝７７は、ホール７６を形成する工程とは別工程で形成されても良い。この場合、空隙部４０及び溝９３も別工程で形成される。すなわち、ホール７６を形成後に空隙部４０を形成し、別工程において、溝７７を形成後に溝９３を形成しても良い。

[0131]（第四実施形態の効果）

第四実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、溝部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、除去工程を備える。積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材１２０を積層して積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材１２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材１２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材１２０の第一のイオンを

注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。ホール形成工程では、検出基材１２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。また、ホール形成工程では、可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域の外側の領域に、犠牲層９２まで貫通し、平面視で前記予め設定した領域を取り囲む溝７７を形成する。空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２を除去して、支持基材１０と検出基材１２０との間に空隙部４０を設ける。溝部形成工程では、溝７７を介したエッチングにより、溝７７から露出する犠牲層９２を除去して検出基材１２０（第二シリコン基板６４）と犠牲層９２とを貫通する溝部を形成する。ホール封止工程では、検出基材１２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に酸化膜９４を形成して、ホール７６及び溝７７を封止する。配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。除去工程では、検出基材１２０の中心を含む予め設定したメンブレン設定領域８４の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン１２２ａ，１２２ｂ、枠部材１２４（１２４ａ，１２４ｂ）、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。

[0132] このため、第二実施形態の製造方法で得られる表面応力センサ１の効果に加えて、簡易な工程で接続層１１１で発生する応力のメンブレン１２２ａ，１２２ｂへの影響を低減し、精度の高い安定したセンシングが可能となる。

[0133] ＜実施例＞

第一実施形態及び第二実施形態を参照しつつ、以下に記載する実施例により、実施例の表面応力センサ１と、比較例の表面応力センサについて説明する。

（実施例）

実施例の表面応力センサ１は、第一実施形態で説明したものと同様の構成、すなわち、支持基材が柱状に形成されており、メンブレン２２とパッケージ基板２との間に支持基材１０が存在する構成を有する（図１４を参照）。

（比較例）

比較例の表面応力センサは、支持基材が筒状に形成されており、メンブレンが中空に浮いた構成を有する（図１３を参照）。

[0134] （性能評価）

実施例の表面応力センサ１と、比較例の表面応力センサに対し、それぞれ、温度の上昇（１０［℃］上昇）によってパッケージ基板が伸長した状況における出力の変化を検出することで、シミュレーションにより性能評価を行った。

（評価結果）

パッケージ基板が伸長した状況における出力の変化を検出した結果、実施例は、比較例と比較して、出力の変化度合いが１／３程度となった。

これにより、実施例の表面応力センサ１は、比較例の表面応力センサと比較して、パッケージ基板の変形によってメンブレンに印加される応力を、１／３程度まで低減させることが可能であることが確認された。

[0135] （第五実施形態）

以下、本発明の第五実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

第五実施形態に係る発明は、例えば、可動部を持つＭＥＭＳ構造を有する半導体装置であり、基材に形成された空隙部を圧力開放することで可動部を形成した表面応力センサと、表面応力センサの製造方法に関する。

各種センサとして実用化が進んでいる構造であるＭＥＭＳ構造のデバイスでは、エッチング加工時に、膜基材の膜厚が薄くなり、破断するおそれがある。なお、膜基材とは、空隙部を形成するキャビティの上方へ配置する層を形成する基材であり、キャビティの上方へ配置する層は、可動部が形成される層である。

[0136] これに対し、予め、膜基材へ切り欠きを設けておくことで、膜基材の破断を抑制する方法が開示されている。しかしながら、膜基材へ切り欠きを設けておく技術は、一度のエッチングで膜基材をパターニングして可動部を形成する方法に適用すると、膜基材の破断を抑制することが困難である。

第五実施形態では、圧力開放を伴う加工の際に発生する膜基材の破断を抑制することが可能な、表面応力センサと、表面応力センサの製造方法について説明する。

[0137] （構成）

図１から図５を参照しつつ、図２７から図３０を用いて、第五実施形態の構成を説明する。

[0138] 図２７から図３０中に表す表面応力センサ２０１は、例えば、気体や液体に対して味覚や嗅覚を検出する表面応力センサに用いられる素子である。また、表面応力センサ２０１は、第一実施形態の表面応力センサ１と同様にパッケージ基板２と、接続部４と、支持基材１０とを備えているが、検出基材２０に代えて膜基材２２０を備える点で第一実施形態の表面応力センサ１と相違する。

以下、膜基材２２０について詳細に説明する。なお、パッケージ基板２、接続部４及び支持基材１０については説明を省略する。

[0139] （膜基材）

膜基材２２０は、支持基材１０の一方の面（図２８中では、上側の面）に積層されており、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６と、周辺膜部２８が一体となって形成されている。また、メンブレン２２の一方の面には、受容体３０が設けられている。ここで、メンブレン２２、枠部材２４及び連結部２６、並びに受容体３０は、第一実施形態の検出基材２０におけるメンブレン２２、枠部材２４及び連結部２６、並びに受容体３０と同様の構成であるため、説明を省略する。

なお、第五実施形態で説明する膜基材２２０を備える構成は、メンブレン２２に受容体３０が設けられていない構成に対しても適用することができる

。すなわち、第五実施形態で説明する構成は、表面応力センサ以外の、空隙部を形成するキャビティの上方へ配置された膜基材を有するＭＥＭＳ構造のデバイスである中空構造素子に対しても適用することができる。

[0140] 第五実施形態では、一例として、膜基材２２０を形成する材料に、ケイ素を用いた場合について説明する。

また、膜基材２２０を形成する材料は、支持基材１０の線膨張係数と、膜基材２２０の線膨張係数との差が、１．２×１０$^{-5}$／℃以下となる材料を用いる。

第一実施形態では、膜基材２２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料とした場合について説明する。

以下、周辺膜部２８について詳細に説明する。

[0141]（周辺膜部）

周辺膜部２８は、枠部材２４に連結されており、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６とに包囲されている。

図２７及び図３０に示すように、第五実施形態では、一例として、膜基材２２０が、四つの周辺膜部２８ａ～２８ｄを備える場合について説明する。

周辺膜部２８ａは、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６ａ及び連結部２６ｄとに包囲されている。周辺膜部２８ｂは、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６ａ及び連結部２６ｃとに包囲されている。周辺膜部２８ｃは、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６ｂ及び連結部２６ｃとに包囲されている。周辺膜部２８ｄは、メンブレン２２と、枠部材２４と、連結部２６ｂ及び連結部２６ｄとに包囲されている。

メンブレン２２、四つの連結部２６ａ～２６ｄ及び四つの周辺膜部２８ａ～２８ｄと、支持基材１０との間には、空隙部４０が設けられている。なお、図２７において、表面応力センサ２０１の膜基材２２０上側から見た空隙部４０の形成位置を破線で示す。

[0142] なお、表面応力センサ２０１を溶液中で使用する場合には、空隙部４０が

溶液で満たされてもよい。

空隙部４０は、膜基材２２０の加工途中においてメンブレン２２が支持基材１０の側へ撓む際に、メンブレン２２が支持基材１０に張り付くことを防ぐ空間として機能する。

各周辺膜部２８ａ～２８ｄには、空隙部４０まで貫通する貫通部ＤＰが形成されている。

第五実施形態では、一例として、一つの周辺膜部２８に、三つの貫通部ＤＰが形成されている場合について説明する。三つの貫通部ＤＰは、それぞれの中心点が、直角三角形の点となる位置に配置されている。

[0143] また、第五実施形態では、一例として、貫通部ＤＰの開口形状を、円形に形成した場合について説明する。

また、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２及び連結部２６と、周辺膜部２８との間には、スリットＳＬが形成されている。

スリットＳＬは、膜基材２２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面（図２７中では、上側の面）と、空隙部４０とを連通させている。

[0144] 第五実施形態では、膜基材２２０が、四つの周辺膜部２８ａ～２８ｄを備えている。このため、第五実施形態では、膜基材２２０に、四つのスリットＳＬａ～ＳＬｄが形成されている場合について説明する。

スリットＳＬａは、メンブレン２２、連結部２６ａ及び連結部２６ｄと、周辺膜部２８ａとの間に形成されている。スリットＳＬｂは、メンブレン２２、連結部２６ａ及び連結部２６ｃと、周辺膜部２８ｂとの間に形成されている。スリットＳＬｃは、メンブレン２２、連結部２６ｂ及び連結部２６ｃと、周辺膜部２８ｃとの間に形成されている。スリットＳＬｄは、メンブレン２２、連結部２６ｂ及び連結部２６ｄと、周辺膜部２８ｄとの間に形成されている。

[0145] 図２９中に示すように、メンブレン２２の厚さ方向から見たスリットＳＬの幅ＷＳは、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎよりも狭い。なお、最小距離ＤＳｍｉｎは、貫通部ＤＰの中心を挟んで対

向する内壁面間の距離のうち、最小（最短）の距離である。

第五実施形態では、一例として、スリットＳＬの幅ＷＳを、０．５［μｍ］以上５［μｍ］以下の範囲内に設定する。

同様に、第五実施形態では、一例として、最小距離ＤＳｍｉｎを、１［μｍ］以上１０［μｍ］以下の範囲内に設定する。

[0146]（表面応力センサの製造方法）

図２７から図３０及び図６から図１２を参照しつつ、図３１から図３３を用いて、表面応力センサ２０１の製造方法を説明する。なお、図３２は、図３０のＺ－Ｚ線断面の位置に対応し、図６～図１２は、図３０のＹ－Ｙ線断面の位置に対応する断面図である。

表面応力センサ２０１の製造方法は、積層体形成工程と、領域設定工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程と、エッチング工程を備える。第五実施形態に記載の表面応力センサの製造方法は、領域設定工程を備える点及び第一実施形態の除去工程の代わりにエッチング工程を備える点で、第一実施形態の表面応力センサの製造方法と相違する。

[0147]（積層体形成工程）

積層体形成工程は、図６（ａ）及び図６（ｂ）に示す第一実施形態の積層体形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

上記のように、積層体形成工程を行うことで、積層体６６の所定の位置には、上下左右をシリコン（第一シリコン基板６０、第二シリコン基板６４）によって囲まれた空隙部４０が形成される。なお、積層体形成工程では、一般的に、大気圧環境下又は減圧した環境下で第一シリコン基板６０に対して第二シリコン基板６４を貼り合わせる。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、さらに、支持基材１０へ凹部６２を覆うように膜基材２２０となる第二シリコン基板を貼り合わせることで、支持基材１０と膜基材２２０との間に空隙部４０が設けられた積層体６６を形成する。

[0148] （領域設定工程）

領域設定工程では、膜基材２２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に対し、図３１中に示すように、メンブレン設定領域８４と、枠部材形成領域３２４と、連結部形成領域３２６と、周辺膜部形成領域３２８を設定する。

メンブレン設定領域８４は、膜基材２２０のうち、メンブレン２２を形成する領域である。枠部材形成領域３２４は、膜基材２２０のうち、枠部材２４を形成する領域である。連結部形成領域３２６は、膜基材２２０のうち、連結部２６を形成する領域である。周辺膜部形成領域３２８は、膜基材２２０のうち、積層方向から見てメンブレン設定領域８４と枠部材形成領域３２４と連結部形成領域３２６とに包囲された領域であり、周辺膜部２８を形成する領域である。なお、「積層方向」は、支持基材１０と膜基材２２０とを積層した方向であり、メンブレン２２の厚さ方向と同じ方向である。

[0149] さらに、領域設定工程では、図３１中に示すように、少なくとも連結部形成領域３２６に対して可撓性抵抗形成領域３７０を設定し、可撓性抵抗形成領域３７０の周辺部（例えば枠部材形成領域３２４や連結部形成領域３２６）に対して低抵抗形成領域３７２を設定する。

可撓性抵抗形成領域３７０は、第一イオン注入工程において、第一のイオンを注入する領域である。低抵抗形成領域３７２は、可撓性抵抗形成領域３７０よりも外側の領域であり、第二イオン注入工程において、第二のイオンを注入する領域である。

[0150] （第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程は、図７に示す第一実施形態の第一イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。第一イオン注入工程では、図３１に示すように、可撓性抵抗形成領域３７０に対し、選択的に第一のイオンを注入する。

以上により、第一イオン注入工程では、膜基材２２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、可撓性抵抗形成領域３７０に、第一のイオン

を注入する。

[0151]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程は、図７に示す第一実施形態の第二イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。第二イオン注入工程では、図３１中に示すように、低抵抗形成領域３７２に第二のイオンを注入する。

以上により、第二イオン注入工程では、可撓性抵抗形成領域３７０よりも外側の低抵抗形成領域３７２に、第二のイオンを注入する。

[0152]（熱処理工程）

熱処理工程は、上述した第一実施形態の熱処理工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、可撓性抵抗形成領域３７０に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、低抵抗形成領域３７２に低抵抗領域７２を形成する。

[0153]（配線層形成工程）

配線層形成工程は、図８（ａ）及び図８（ｂ）、図９（ａ）及び図９（ｂ）、図１０（ａ）及び図１０（ｂ）、図１１（ａ）及び図１１（ｂ）及び図１２に示す第一実施形態の配線層形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２（図１２に示す）を形成する。

[0154]（エッチング工程）

エッチング工程では、図３２中に示すように、膜基材２２０となる第二シリコン基板６４のうち、周辺膜部形成領域３２８の空隙部４０と対向する面と反対側の面から空隙部４０まで貫通するようにエッチング（ドライエッチング）を施して、貫通部ＤＰを形成する。

これに加え、エッチング工程では、図３２中に示すように、膜基材２２０となる第二シリコン基板６４のうち、周辺膜部形成領域３２８の空隙部４０

と対向する面と反対側の面から空隙部４０まで貫通するように、貫通部ＤＰよりも小さいエッチングレートのエッチングを施す。これにより、スリットＳＬを形成する。また、スリットＳＬは、メンブレン設定領域８４及び連結部形成領域３２６と、周辺膜部形成領域３２８との間に形成する。

なお、図３２中では、説明のために、空隙部４０と、第一シリコン基板６０と、凹部６２と、第二シリコン基板６４と、貫通部ＤＰ及びスリットＳＬ以外の図示を省略している。

[0155] 第五実施形態では、一例として、エッチング工程では、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎよりも、スリットＳＬの幅ＷＳが狭くなるようにエッチングを行う場合について説明する。これにより、第五実施形態では、スリットＳＬを形成するエッチングのエッチングレートを、貫通部ＤＰを形成するエッチングのエッチングレートよりも小さくする。

貫通部ＤＰ及びスリットＳＬは、フォトリソグラフィー及びエッチング技術を用いて形成する。

スリットＳＬ及び貫通部ＤＰを形成するフォトマスクの構成を、最小距離ＤＳｍｉｎよりもスリットＳＬの幅ＷＳが狭いパターンを設けた構成とする。

また、貫通部ＤＰを形成するエッチングと、スリットＳＬを形成するエッチングは、同時に行う。

[0156] 第五実施形態では、一例として、エッチング工程では、貫通部ＤＰの開口形状を、円形となるように形成する場合について説明する。

したがって、エッチング工程では、スリットＳＬを形成することで、メンブレン２２をメンブレン設定領域８４に形成し、枠部材２４を枠部材形成領域３２４に形成する。これに加え、連結部２６を連結部形成領域３２６に形成し、周辺膜部２８を周辺膜部形成領域３２８に形成する。

[0157] （動作・作用）

図２７から図３２を参照しつつ、図３３を用いて、第五実施形態の動作と

作用を説明する。

表面応力センサ２０１を、例えば、嗅覚センサとして用いる際には、匂い成分を含んだガスの雰囲気中に受容体３０を配置し、ガスが含む匂い成分を、受容体３０に吸着させる。

受容体３０にガスの分子が吸着して、受容体３０に歪みが発生すると、メンブレン２２に表面応力が印加され、メンブレン２２が、例えば、厚さ方向に５［μｍ］以内の変位幅で撓む。

枠部材２４は井桁状に形成されてメンブレン２２を包囲しており、連結部２６は、メンブレン２２と枠部材２４を両端部で連結している。このため、連結部２６のうち、メンブレン２２に連結している端部は自由端となっており、枠部材２４に連結している端部は固定端となっている。

したがって、メンブレン２２が撓むと、連結部２６に、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みが起きる。そして、連結部２６に起きた撓みに応じて、可撓性抵抗５０が有する抵抗値が変化し、抵抗値の変化に応じた電圧の変化がＰＡＤ８６から出力され、コンピュータ等におけるデータ検出に用いられる。

[0158] 表面応力センサ２０１の製造時には、空隙部４０が設けられた積層体６６の第二シリコン基板６４に対し、第二シリコン基板６４の一部を切り取って開口させることで、空隙部４０の内圧を開放させる（圧力開放を伴う）エッチング加工を行う。

ここで、膜基材２２０にスリットＳＬのみを形成する場合、例えば、図３３（ａ）中に示すように、空隙部４０の内圧が保持された状態で、第二シリコン基板６４のスリットＳＬを形成する位置（スリット形成位置）にエッチング加工を行う。エッチング工程（ドライエッチング）は、ほとんどの場合減圧した環境下で行う。一方、第一シリコン基板６０に対して第二シリコン基板６４を貼り合わせる積層体形成工程は、一般的に、大気圧環境下又は減圧した環境下で行う。このため、積層体形成工程を大気圧環境下で行った場合、図３３（ａ）中に示すように、空隙部４０の内圧Ｐｉは、積層体の外圧

Ｐｏよりも高くなる（Ｐｏ＜Ｐｉ）。

[0159] したがって、図３３（ｂ）中に示すように、エッチング加工が進行してスリット形成位置の膜厚が薄くなると、図３３（ｃ）中に示すように、外圧Ｐｏと内圧Ｐｉとの圧力差によって、大気圧雰囲気にある空隙部４０が一気に開放される。これにより、第二シリコン基板６４が破断するため、スリットＳＬの形状が、予期しない異常な形状となり、メンブレン２２や連結部２６の撓みが阻害されて、可撓性抵抗５０が有する抵抗値の変化が異常な値となるおそれがある。なお、第二シリコン基板６４の破断は、積層体形成工程とエッチング加工とを異なる圧力環境下で行った場合に生じる。このため、例えば積層体形成工程とエッチング工程とのいずれも減圧環境下で行った場合でも、積層体形成工程における減圧とエッチング工程における圧力に差があれば第二シリコン基板６４の破断が生じる。

[0160] これに対し、第一実施形態では、メンブレン２２及び連結部２６を撓ませるために形成するスリットＳＬの幅ＷＳを、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎよりも狭くしている。

これにより、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成する部分が空隙部４０まで貫通する。

このため、空隙部４０の内部と外部との圧力差（外圧Ｐｏと内圧Ｐｉとの圧力差）が無くなり、圧力開放を伴う加工の際に発生する膜基材２２０の破断を、抑制することが可能となる。

すなわち、第五実施形態であれば、ドライエッチングのマイクローディング効果により、幅ＷＳよりも最小距離ＤＳｍｉｎが大きい貫通部ＤＰは、スリットＳＬよりもエッチングが速く進行する。

[0161] そして、スリットＳＬよりも速く貫通部ＤＰが形成されて空隙部４０が外気と連通すると、外圧Ｐｏと内圧Ｐｉは平衡状態になるため、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分でエッチングが進行しても、圧力差による破断を避けることが可能となる。

このため、外圧Ｐｏと内圧Ｐｉとの圧力差によって生じる破断は、貫通部ＤＰのみで発生し、スリットＳＬでは発生しない。これにより、第二シリコン基板６４のうち、破断によって予期しない異常な形状となる位置は、貫通部ＤＰのみとなる。これにより、スリットＳＬをエッチング加工する際の加工精度を向上させることが可能となる。

[0162] また、貫通部ＤＰは、メンブレン２２及び連結部２６の変形（撓み）には関係が無い部分に形成されている。

このため、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分が破断して、貫通部ＤＰの形状が予期しない異常な形状となった場合であっても、メンブレン２２及び連結部２６の撓みには影響が無い。

したがって、第五実施形態の構成であれば、スリットＳＬの形状が所望の形状で安定し、メンブレン２２や連結部２６の撓みが阻害されることを抑制することが可能となるため、表面応力センサ２０１の測定精度が劣化することを抑制することが可能である。

なお、上述した第五実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第五実施形

態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0163] （第五実施形態の効果）

第五実施形態の表面応力センサ２０１であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）周辺膜部２８に、空隙部４０まで貫通する貫通部ＤＰが形成されており、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２及び連結部２６と、周辺膜部２８との間に、スリットＳＬが形成されている。これに加え、スリットＳＬの幅ＷＳは、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎよりも狭い。

このため、メンブレン２２を撓ませるために形成するスリットＳＬの幅Ｗ

Ｓよりも、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎが大きくなる。

その結果、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成する部分が空隙部４０まで貫通する。

これにより、空隙部４０の内部と外部との圧力差が無くなるため、圧力開放を伴う加工の際に発生する膜基材２２０の破断を抑制することが可能な、表面応力センサ２０１を提供することが可能となる。

[0164] （２）周辺膜部２８にのみ、貫通部ＤＰが形成されている。

その結果、貫通部ＤＰは、貫通部ＤＰを形成する際に発生する空隙部４０の内部と外部との圧力差によって、外周部が破断した形状となるが、貫通部ＤＰが周辺膜部２８に設けられていることから、センサの動作には影響がない。また、一度のエッチング加工により、スリットＳＬと、圧力開放のための貫通部ＤＰとを形成することが可能となる。

[0165] （３）貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎが、１［μｍ］以上１０［μｍ］以下の範囲内である。

その結果、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成する部分を、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に空隙部４０まで貫通させることが容易となる。

（４）スリットＳＬの幅ＷＳが、０．５［μｍ］以上５［μｍ］以下の範囲内である。

その結果、メンブレン２２及び連結部２６を変形させる際に、メンブレン２２や連結部２６が周辺膜部２８と接触することを抑制することが可能となる。

[0166] （５）連結部２６のうち少なくとも一つに備えられ、連結部２６に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗５０をさらに備える。

その結果、可撓性抵抗５０に誘起されるＸ方向及びＹ方向への応力を用いて、可撓性抵抗５０の抵抗値の相対抵抗変化を検出することが可能となり、

受容体３０に、対象とする分子が吸着したか否かを判定することが可能となる。

これにより、表面応力センサ２０１を、気体や液体に対して味覚や嗅覚を検出する表面応力センサに用いることが可能となる。

また、第五実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

[0167] （６）積層体形成工程と、領域設定工程と、エッチング工程を備える。そして、エッチング工程では、貫通部ＤＰをエッチングによって形成するとともに、スリットＳＬを貫通部ＤＰよりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する。これに加え、エッチング工程では、スリットＳＬを形成することで、メンブレン２２、枠部材２４、連結部２６及び周辺膜部２８を形成する。

このため、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成する部分が空隙部４０まで貫通する。

その結果、空隙部４０の内部と外部との圧力差が無くなるため、圧力開放を伴う加工の際に発生する膜基材２２０の破断を抑制することが可能な、表面応力センサ２０１の製造方法を提供することが可能となる。

[0168] （７）エッチング工程では、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎよりもスリットＳＬの幅ＷＳが狭くなるようにエッチングを行う。これにより、スリットＳＬを形成するエッチングのエッチングレートを、貫通部ＤＰを形成するエッチングのエッチングレートよりも小さくする。

このため、メンブレン２２を撓ませるために形成するスリットＳＬの幅ＷＳよりも、貫通部ＤＰの中心を挟んで対向する内壁面の最小距離ＤＳｍｉｎが大きくなる。

その結果、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成

する部分が空隙部４０まで貫通し、空隙部４０の内部と外部との圧力差が無くなる。

[0169] （８）領域設定工程では、さらに、枠部材形成領域３２４に対して、第一のイオンを注入する領域である可撓性抵抗形成領域３７０を設定する。これに加え、連結部形成領域３２６に対して、可撓性抵抗形成領域３７０よりも外側の領域であり、且つ第二のイオンを注入する領域である低抵抗形成領域３７２を設定する。さらに、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程を備える。

その結果、気体や液体に対して味覚や嗅覚を検出する表面応力センサに用いることが可能な、表面応力センサ２０１の製造方法を提供することが可能となる。

[0170] （第五実施形態の変形例）

（１）第五実施形態では、周辺膜部２８にのみ貫通部ＤＰを形成したが、これに限定するものではない。すなわち、支持基材１０の空隙部４０と対向する部分（側面、下面）に、貫通部ＤＰを形成してもよい。

この場合、貫通部ＤＰは、スリットＳＬよりも先に、例えば、エッチングではなく、レーザー光線や工具を用いた切削加工により形成する。

（２）第五実施形態では、貫通部ＤＰの開口形状を円形に形成したが、これに限定するものではない。すなわち、貫通部ＤＰの開口形状を、三角形、四角形以上の多角形、曲線で囲まれた形状や、スリットＳＬよりも幅の広い線状の開口等、円形以外の形状に形成してもよい。

[0171] （３）第五実施形態では、可撓性抵抗領域７０と、低抵抗領域７２と、配線層８２を形成したが、これに限定するものではなく、図３４中に示すように、可撓性抵抗領域と、低抵抗領域と、配線層を形成しない構成としてもよい。

（４）第五実施形態では、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０の一方の面に凹部６２を形成することで、メンブレン２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成したが、これに限定するものではない。すなわち、

膜基材２２０の材料となる第二シリコン基板６４の支持基材１０と対向する面に凹部を形成することで、メンブレン２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成してもよい。

[0172] （５）第五実施形態では、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄに、それぞれ、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが備えられている構成としたが、これに限定するものではない。すなわち、一対である二つの連結部２６に、それぞれ、可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

（６）第五実施形態では、四つの連結部２６ａ～２６ｄの全てに可撓性抵抗５０が備えられている構成としたが、これに限定するものではなく、少なくとも一つの連結部２６に可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

[0173] （７）第五実施形態では、接続部４の面積を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２の面積よりも小さい値としたが、これに限定するものではなく、接続部４の面積を、メンブレン２２の面積以上としてもよい。

（８）第五実施形態では、接続部４の形状を円形としたが、これに限定するものではなく、接続部４の形状を、例えば、方形としてもよい。また、接続部４を、複数形成してもよい。

[0174] （９）第五実施形態では、膜基材２２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料としたが、これに限定するものではなく、膜基材２２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、異なる材料としてもよい。

この場合、膜基材２２０の線膨張係数と支持基材１０の線膨張係数との差を、１．２×10^{-5}／℃以下することで、パッケージ基板２の変形に応じた、膜基材２２０の変形量と支持基材１０の変形量との差を減少させることが可能となる。これにより、メンブレン２２の撓みを抑制することが可能となる。

[0175] （１０）第五実施形態では、支持基材１０の線膨張係数を、５．０×10^{-6}／℃以下としたが、これに限定するものではなく、支持基材１０の線膨張係数

を、１．０×１０$^{-5}$／℃以下としてもよい。

この場合であっても、支持基材１０の剛性を向上させることが可能となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の変形に対する、膜基材２２０の変形量を減少させることが可能となる。

[0176]（第六実施形態）

以下、本発明の第六実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

（構成）

図８から図１２及び図１５から図１９を参照しつつ、図２７から図３０を用いて、第六実施形態の構成を説明する。

第六実施形態の構成は、図１５に示すように、枠部材２４が、接続層９０を介して、支持基材１０のパッケージ基板２と対向する面と反対側の面（図１５中では、上側の面）に接続されている点を除き、上述した第五実施形態と同様である。すなわち、第六実施形態の構成は、第五実施形態に係る表面応力センサ２０１と同様に、貫通部ＤＰが設けられた周辺膜部２８を備える膜基材２２０を有している。

接続層９０は、二酸化ケイ素（SiO_2）等を用いて形成されている。

その他の構成は、上述した第五実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0177]（表面応力センサの製造方法）

図２７から図３０を参照しつつ、図１６から図１９及び図３１を用いて、表面応力センサ２０１の製造方法を説明する。なお、図１６から図１９の断面図は、図３０のＹ－Ｙ線断面図に対応する。また、上述した第二実施形態と同様の構成については、説明を省略する場合がある。

表面応力センサ２０１の製造方法は、積層体形成工程と、領域設定工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、エッチング工程とを備える。第六実施形態に記載の表面応力センサの製造方法は、領域設定工程を備える点及び第二実施形態の除去工程の代わりにエッチン

グ工程を備える点で、第二実施形態の表面応力センサの製造方法と相違する。

[0178] （積層体形成工程）

積層体形成工程は、図１６に示す第二実施形態の積層体形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に膜基材２２０を積層して積層体６６を形成する。

（領域設定工程）

領域設定工程は、図３１に示す第五実施形態の領域設定工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

[0179] （第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程は、図１６に示す第二実施形態の第一イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。第一イオン注入工程では、図３１に示すように、可撓性抵抗形成領域３７０に対して、選択的に第一のイオンを注入する。

以上により、第一イオン注入工程では、膜基材２２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、可撓性抵抗形成領域３７０に、第一のイオンを注入する。

[0180] （第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程は、図１６に示す第二実施形態の第二イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。第二イオン注入工程では、図３１中に示すように、低抵抗形成領域３７２に第二のイオンを注入する。

以上により、第二イオン注入工程では、可撓性抵抗形成領域３７０よりも外側の低抵抗形成領域３７２に、第二のイオンを注入する。

（熱処理工程）

熱処理工程は、上述した第五実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、可撓性抵抗形成領域３７０に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、低抵抗形成領域３７２に低抵抗領域７２を形成する。

[0181]（ホール形成工程）

ホール形成工程では、図１７に示す第二実施形態のホール形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、ホール形成工程では、メンブレン設定領域８４、連結部形成領域３２６及び周辺膜部形成領域３２８のうち少なくとも一つの領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。

[0182]（空隙部形成工程）

空隙部形成工程は、図１８に示す第二実施形態の空隙部形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、メンブレン設定領域８４、連結部形成領域３２６及び周辺膜部形成領域３２８と、支持基材１０と、の間に配置された犠牲層９２を除去する。これにより、支持基材１０と膜基材２２０との間に空隙部４０を設ける。

[0183]（ホール封止工程）

ホール封止工程は、図１９に示す第二実施形態の空隙部形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。なお、ホールのパターンを形成する位置は、メンブレン設定領域８４、連結部形成領域３２６及び周辺膜部形成領域３２８のうち少なくとも一つの領域に設定する。

以上により、ホール封止工程では、膜基材２２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に、酸化膜９４を形成してホール７６を封止する。

[0184]（配線層形成工程）

配線層形成工程は、図８（ａ）及び図８（ｂ）、図９（ａ）及び図９（ｂ）、図１０（ａ）及び図１０（ｂ）、図１１（ａ）及び図１１（ｂ）及び図１２に示す第一実施形態の配線層形成工程と同様の手順で行うため、その説

明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0185]（エッチング工程）

エッチング工程は、図３２に示す第五実施形態のエッチング工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

したがって、エッチング工程では、スリットＳＬを形成することで、メンブレン２２をメンブレン設定領域８４に形成し、枠部材２４を枠部材形成領域３２４に形成する。これに加え、連結部２６を連結部形成領域３２６に形成し、周辺膜部２８を周辺膜部形成領域３２８に形成する。

[0186]（動作・作用）

第六実施形態の動作と作用は、上述した第五実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

なお、上述した第六実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第六実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0187]（第六実施形態の効果）

第六実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）積層体形成工程と、領域設定工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、エッチング工程を備える。そして、エッチング工程では、貫通部ＤＰをエッチングによって形成するとともに、スリットＳＬを貫通部ＤＰよりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成する。これに加え、エッチング工程では、スリットＳＬを形成することで、メンブレン２２２、枠部材２４、連結部２６及び周辺膜部２８を形成する。

[0188] このため、圧力開放を伴うエッチング加工時に、膜基材２２０のうちスリットＳＬを形成する部分よりも先に、膜基材２２０のうち貫通部ＤＰを形成

する部分が空隙部４０まで貫通する。

その結果、空隙部４０の内部と外部との圧力差が無くなるため、圧力開放を伴う加工の際に発生する膜基材２２０の破断を抑制することが可能な、表面応力センサ２０１の製造方法を提供することが可能となる。

[0189] （第七実施形態）

以下、本発明の第七実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

第七実施形態に係る発明は、表面応力センサ、特に、ピエゾ抵抗カンチレバー型センサと比較して高い感度を有する膜型の表面応力センサ（ＭＳＳ）と、表面応力センサの製造方法に関する。

[0190] 人間の五感に相当する情報を収集するセンサ、特に、人間が化学物質を受容して感じる味覚や嗅覚のセンサに用いる技術として、例えば、ピエゾ抵抗部材を有する表面応力センサの技術がある。

ピエゾ抵抗部材を有する表面応力センサでは、例えば、ポリエチレンイミン（ＰＥＩ）溶液である溶媒を、インクジェットスポッティング技術によって、平坦部材の上に塗布することで溶媒の層を形成して、検体を吸着する受容体（レセプター）を形成している。

[0191] ここで、平坦部材に表面応力を効率的に誘起するためには、平坦部材の表面（平坦部材の上側の面）のみに検体が吸着することが望ましいため、受容体を平坦部材の表面のみに形成することが、高いセンサ感度を維持するために重要なポイントとなっている。

このため、従来のピエゾ抵抗部材を有する表面応力センサでは、溶媒を堆積させるプロセスを、実時間における側面モニタリングによって観察し、溶媒が平坦部材の表面から溢れないことを確認している。

[0192] ところで、溶媒を平坦部材に塗布する際には、平坦部材の濡れ性が問題になる。一般に、検体が吸着することによって発生する表面応力を、カンチレバーに効率良く伝えるためには、受容体と平坦部材との密着性が高いことが必要となる。すなわち、平坦部材の表面は、高い濡れ性（親液性）を持つことが望ましい。

[0193] しかしながら、平坦部材の表面が親液性であると、溶媒が平坦部材の表面を流れやすくなるため、平坦部材に設定した所定の領域内に、溶媒を留まらせることが困難となる。そして、溶媒が平坦部材の端部からこぼれ出て平坦部材の裏面（平坦部材の下側の面）に回り込んでしまうと、平坦部材には、表面と裏面の両面から競合する力のために、表面応力がほとんど発生しなくなる。

[0194] したがって、溶媒を堆積させるプロセスを観察する作業等によって、平坦部材の表側のみに受容体が塗布されていることを担保する必要がある。しかしながら、このような手間のかかるプロセスは、量産向きではなく、また、歩留まりの点で改善の余地がある。

本発明は、従来の未解決の問題に着目してなされたものであり、受容体を形成するプロセスを制御することで、高いセンサ感度を維持することが可能な表面応力センサと、表面応力センサの製造方法を提供することを目的とする。

[0195] （構成）

図３５から図５７を用いて、第七実施形態の構成を説明する。

図３５から図３９中に表す表面応力センサ３０１は、例えば、味覚や嗅覚を検出するセンサに用いられている。表面応力センサ３０１は、第一実施形態の表面応力センサ１と同様に、パッケージ基板２と、接続部４と、支持基材１０と、を備えているが、検出基材２０に代えて検出基材３２０を備える点で第一実施形態の表面応力センサ１と相違する。なお、図３７は、図３６に示すＶＩＩＩ－ＶＩＩＩ線断面図であり、図３８は、図３６に示すＩＸ－ＩＸ線断面図である。図３７及び図３８中では、説明のために、パッケージ基板２及び接続部４の図示を省略している。

以下、検出基材３２０について詳細に説明する。なお、パッケージ基板２、接続部４及び支持基材１０については説明を省略する。

[0196] （検出基材）

検出基材３２０は、支持基材１０の一方の面（図３５中では、上側の面）

に積層されており、メンブレン３２２と、枠部材２４と、連結部２６とが一体となって形成されている。ここで、枠部材２４及び連結部２６、並びに受容体３０は、第一実施形態の検出基材２０における枠部材２４及び連結部２６、並びに受容体３０と同様の構成であるため、説明を省略する。

[0197] 第七実施形態では、一例として、検出基材３２０を形成する材料に、ケイ素を用いた場合について説明する。

また、検出基材３２０を形成する材料は、支持基材１０の線膨張係数と、検出基材３２０の線膨張係数との差が、１．２×１０$^{-5}$／℃以下となる材料を用いる。

第七実施形態では、検出基材３２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料とした場合について説明する。

以下、メンブレン３２２について詳細に説明する。

[0198] （メンブレン）

メンブレン３２２は、板状に形成されている。

第七実施形態では、一例として、メンブレン３２２を、円板状に形成した場合について説明する。

また、メンブレン３２２はｎ型半導体層である。

また、メンブレン３２２の一方の面（図３５中では、上側の面）には、酸化膜ＳＯ（シリコン酸化膜）が形成されている。なお、酸化膜ＳＯは、受容体に対する濡れ性が高い材料であれば、シリコン酸化膜に限定するものではない。

さらに、メンブレン３２２の一方の面には、凹凸パターン５２が備えられている。なお、凹凸パターン５２の説明は後述する。

メンブレン３２２の一方の面（図３５中では、上側の面）には、受容体３０（レセプター）が塗布されている。なお、以降の説明では、メンブレン３２２の一方の面を、「メンブレン３２２の表面」と記載する場合がある。

[0199] 図４０に示すように、メンブレン３２２の表面には、受容体形成領域３１が設定されており、受容体３０は、受容体形成領域３１の上に形成されてい

る。

受容体形成領域３１は、メンブレン３２２の表面の中心を含む領域であり、予め設定する。なお、受容体３０を塗布する面積は、広いほうが好ましいため、受容体形成領域３１は、広いほうが好ましい。

したがって、支持基材１０は、枠部材２４に接続されてメンブレン３２２及び連結部２６との間に空隙（空隙部４０）を設けて配置されている。これに加え、支持基材１０は、メンブレン３２２の厚さ方向から見て、メンブレン３２２及び連結部２６と重なる。

[0200]（凹凸パターン）

凹凸パターン５２は、メンブレン３２２の表面のうち、受容体形成領域３１（図４０を参照）よりも枠部材２４に近い領域に設けられており、受容体形成領域３１よりも、表面の粗度が高くなるように形成されている。図３９において、凹凸パターン５２は、図示を簡略化するために凹凸ではなく凹凸を形成する領域として示されている。

また、凹凸パターン５２は、複数の凸部（突起、ピラー）、または、複数の凹部（孔、ホール）が連続して繰り返されたパターンで形成されている。第七実施形態では、一例として、凸部を円柱状に形成した場合（凹凸パターン５２がピラーと空隙とで形成されている場合）や、凹部を円形の孔で形成した場合（凹凸パターン５２がメンブレン３２２に形成されたホールである場合）について説明する。なお、凸部は、例えば、角柱状やピラミッド形状に形成してもよい。また、凹部は、例えば、多角形の孔や、溝で形成してもよい。

[0201] また、凹凸パターン５２は、メンブレン３２２の表面において、受容体形成領域３１よりも枠部材２４に近い領域に対し、メンブレン３２２の全周に亘って同心円状に配置する。

上述したように、メンブレン３２２の表面には酸化膜ＳＯが形成されており、凹凸パターン５２よりも内側に形成された酸化膜ＳＯの上には、受容体３０が塗布されている。

また、上述したように、受容体３０の塗布面積は広いほうが好ましい。このため、凹凸パターン５２は、メンブレン３２２の表面のうち、可能な範囲で、メンブレン３２２の外周に近い領域に形成されている。

[0202] 図４０中に表すように、凹凸パターン５２の断面は、凸部、または、凹部が密に並んだ形状である。凹凸パターン５２が形成する溝の深さは、メンブレン３２２を厚さ方向へ貫通しない程度の深さである。このように、凸部、または、凹部が密に並んだ形状で形成されるパターンの表面は、撥液性を示すことが知られており、一般的にロータス効果と呼ばれている。これは、公知であるカッシーの式によって、物理的にも説明されている現象である。

[0203] なお、図４０中には、説明のために、凹凸パターン５２の断面のうち、図３６中に示すＸＩ－ＸＩ線の部分のみ断面図を図示することで、凹凸パターン５２の断面を、複数の溝が形成されている構成として図示している。しかしながら、凹凸パターン５２の実際の構造は、複数の凸部または凹部が間隔を空けて配置されている構造である。

そして、受容体３０は、メンブレン３２２の中心付近に対し、インクジェットスポッティング技術等によってＰＥＩ溶液等を塗布することで形成される。

このため、メンブレン３２２の最表層に形成された酸化膜ＳＯは濡れ性が高いために、メンブレン３２２の表面に塗布されたＰＥＩ溶液は、メンブレン３２２の表面に密着性良く分布する。

[0204] 一方、メンブレン３２２の表面に塗布されたＰＥＩ溶液は、酸化膜ＳＯが有する高い濡れ性のために、メンブレン３２２の外周に向かって流出しやすくなるが、凹凸パターン５２のロータス効果によってメンブレン３２２外周部への流出が遮られることとなる。これにより、メンブレン３２２の中心付近に対し、受容体３０を効率良く塗布することが可能となる。

なお、凹凸パターン５２は、受容体形成領域３１よりも枠部材２４に近い領域に対し、全周に亘って配置する構成に限定するものではない。同様に、凹凸パターン５２の配置は、同心円状に限定するものではない。また、メン

ブレン３２２の形状は円形に限定するものではない。

[0205] メンブレン３２２及び凹凸パターン５２の構成の変形例としては、例えば、図４１から図４３中に表す構成がある。

すなわち、図４１（ａ）中に表すように、凹凸パターン５２が、全周に亘って配置されず、一部に切れ目がある構成としてもよく、図４１（ｂ）中に表すように、凹凸パターン５２を四角形に配置してもよい。また、図４１（ｃ）中に表すように、四角形に配置した凹凸パターン５２の一部に、切れ目がある構成としてもよい。

凹凸パターン５２の一部に切れ目がある構成は、例えば、受容体３０を形成するＰＥＩ溶液の粘度により、必ずしも全周に亘って凹凸パターン５２を配置する必要がない場合に適用することが可能である。なお、凹凸パターン５２の一部に切れ目がある構成では、切れ目がある部分において、隣り合う凸部または凹部の間隔が、切れ目が無い部分と比べて十分に大きいことにより、巨視的には、凹凸パターン５２に切れ目があるように見える。

[0206] また、図４２（ａ）から図４２（ｃ）中に表すように、凹凸パターン５２の形状を工夫することにより、受容体３０が特定の形状に形成されるようにしても良い。

例えば、図４２（ａ）中に表すように、凹凸パターン５２を、外周がメンブレン３２２の外周に沿った円形状であり、メンブレン３２２の中心部において凹凸パターン５２が形成されない十字の領域を有する形状に形成しても良い。ここで、図４２（ａ）では、十字の端部が、四つの連結部２６近傍に向かって形成された例を示している。この場合、受容体３０は、凹凸パターン５２が形成されない十字の領域（撥液性の低い領域）上に、例えば十字形状に形成される。このため、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが形成された連結部２６近傍に受容体３０を選択的に形成することができ、メンブレン３２２の撓みを効率的に可撓性抵抗５０に伝えることができる。これにより、塗布する受容体３０の量を減らすことも可能である。

[0207] また、図４２（ｂ）中に表すように、凹凸パターン５２を、外周がメンブ

レン３２２の外周に沿った円形状であり、メンブレン３２２の中心部において凹凸パターン５２が形成されない十字の領域を有する形状に形成しても良い。ここで、図４２（ｂ）では、十字の端部が、四つの連結部２６間のメンブレン３２２の円弧状の外周に向かって形成された例を示している。この場合、受容体３０は、凹凸パターン５２が形成されない十字の領域上に、例えば十字形状に形成される。図４２（ｂ）に示す凹凸パターン５２を設けた場合、受容体３０を、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが形成された連結部２６から離れた領域に選択的に形成することができ、表面応力センサ３０１の感度バラつきを低減することができる。

[0208] また、図４２（ｃ）中に表すように、メンブレン３２２の外周近傍に設けられた円環状の外側凹凸パターン５２ａと、メンブレン３２２の中心を含む領域に設けられた円形状の内側凹凸パターン５２ｂとで凹凸パターン５２が形成されていても良い。図４２（ｃ）の場合、受容体３０は、外側凹凸パターン５２ａと内側凹凸パターン５２ｂとの間の、凹凸パターンが形成されていない円環状の領域上に形成される。図４２（ｃ）に示す凹凸パターン５２を設けた場合、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが形成された連結部２６近傍に受容体３０を選択的に形成することができ、表面応力センサ３０１の検出精度が向上するとともに、検出精度のバラつきが低減する。

[0209] なお、凹凸パターン５２は、外周がメンブレン３２２の外周に沿った円形状であり、メンブレン３２２の中心部において凹凸パターン５２が形成されない領域の形状は、上述した形状に限られない。凹凸パターン５２が形成されない領域の形状は、例えば、多角形状や、メンブレン３２２の中心から外周に向け放射状に広がる形状等、表面応力センサ３０１のセンサ感度が十分維持されればいずれの形状としてもよい。

[0210] また、図４３（ａ）から図４３（ｃ）中に表すように、メンブレン３２２の形状を四角形としてもよい。この場合、図４３（ａ）中に表すように、凹凸パターン５２を四角形に配置してもよく、図４３（ｂ）中に表すように、四角形に配置した凹凸パターン５２の一部に、切れ目がある構成としてもよ

い。また、図４３（ｃ）中に表すように、凹凸パターン５２を、全周に亘って同心円状に配置してもよい。なお、特に図示しないが、図４３（ｃ）中に表すような凹凸パターン５２の一部に、切れ目がある構成としてもよい。

[0211] 凹凸パターン５２の一部に切れ目がある構成を採用する場合は、図４１（ａ）、図４１（ｃ）及び図４３（ｂ）中に示すように、切れ目の位置を、メンブレン３２２の中心と連結部２６との間に配置しないことが好適である。この構成であれば、例えば、受容体３０を形成するＰＥＩ溶液が、切れ目から外へ出た場合であっても、ＰＥＩ溶液が可撓性抵抗５０に接触する可能性を低減させることが可能となる。

また、図４１（ｂ）、図４１（ｃ）、図４３（ａ）、図４３（ｂ）中に表すように、受容体３０の形状を四角形としてもよい。

このように、受容体３０の各種分子に対する捕捉率や、メンブレン３２２に発生する応力といった性質に応じて凹凸パターン５２の形状を変えることで、それぞれに最適な感度やバラつきをコントロールすることが可能となる。

なお、図４１及び図４３中には、メンブレン３２２の厚さ方向から見て、メンブレン３２２と、枠部材２４と、連結部２６とに囲まれた空隙部となっている領域から、検出基材３２０の下方に配置されている支持基材１０が見えている状態を図示している。

[0212] （凹凸パターンの変化形）

図４４から図５７を用いて、凹凸パターンの変化形について説明する。

第七実施形態で説明した凹凸パターン５２は、メンブレン３２２の表面が酸化膜ＳＯに覆われており、親水性の溶媒（ＰＥＩ溶液等）で形成される受容体３０に対しての濡れ性が高い構成である。

しかしながら、疎水性の溶媒（例えば、テトラクロロエタンやジクロロメタン、トルエン、ヘキサン等）で受容体３０を形成する場合では、例えば、シリコンの方が酸化膜ＳＯよりも濡れ性が高い。このため、メンブレン３２２の表面には、シリコンが露出していることが好ましい。

[0213] また、凹凸パターン５２には、凸部及び凹部のどちらを用いて形成した場合であっても、ロータス効果が発現するが、一般的に、空隙部分が多い方が発現する効果は大きい。こ
のため、凸部を用いて凹凸パターン５２を形成すると、撥液性はより強くなる。

[0214] 凸部を用いた凹凸パターン５２としては、例えば図４４から図４８に示す構成がある。なお、以下に説明する図４４から図４８の構成は、メンブレン３２２の外周近傍に形成された円環状の領域に形成された凹凸パターン５２の一部を拡大して示すものである。なお、図４４から図４８中、右下側（メンブレン３２２形成側）がメンブレン３２２の中心側である。

[0215] 図４４は、凹凸パターン５２が、複数の円柱状の凸部４５２ａと、凹部である空隙４５２ｂとで形成された場合の構成を示す斜視図である。凹凸パターン５２は、例えば、複数の凸部４５２ａのうちの三つの凸部４５２ａが平面視で正三角形の位置関係となるように配置されて形成される。これにより、図４４に示す凹凸パターン４５２は、何れの位置においても、均等な撥液性を発揮することができる。空隙４５２ｂは、メンブレン３２２の外周の凹凸パターン５２形成領域において、円柱状の凸部４５２ａ以外の領域をエッチングにより除去することにより形成される。

[0216] 図４５は、凹凸パターン５２が、複数の中空円柱状の凸部５５２ａと、凹部である空隙５５２ｂとで形成された場合の構成を示す斜視図である。また、中空円柱状の凸部５５２ａの内側にはホール５５２ｃが形成されており、ホール５５２ｃは凹部の一部をなす。このような凸部５５２ａの構造により、凸部５５２ａと凸部５５２ａ間の空隙５５２ｂ、または凸部５５２ａとホール５５２ｃという異なる凹凸形状によって撥液性が得られる。したがって、受容体３０形成時に、受容体３０となる溶液が凸部５５２ａ間の空隙５５２ｂ、またはホール５５２ｃの一方に溶液が浸透した場合でも、他方に溶液が浸透しなければ撥液性が持続するため好ましい。

[0217] 凹凸パターン５２は、例えば、複数の凸部５５２ａのうちの三つの凸部５

５２ａが平面視で正三角形の位置関係となるように配置されて形成される。図４５の凹凸パターン５２では、三つの凸部５５２ａのホール５５２ｃの中心が平面視で正三角形の位置関係となるように配置される。これにより、図４５に示す凹凸パターン５２は、何れの位置においても、均等な撥液性を発揮することができる。空隙５５２ｂ及びホール５５３ｃは、メンブレン３２２の外周の凹凸パターン５２形成領域において、中空円柱状の凸部５５２ａ以外の領域をエッチングにより除去することにより形成される。

[0218] 図４６は、凹凸パターン５２が、複数の円柱状の凸部６５２ａ及び凸部６５２ｂと、凹部である空隙６５２ｃとで形成された場合の構成を示す斜視図である。凸部６５２ａ及び凸部６５２ｂは、平面視における円形状の面積が異なり、凸部６５２ｂの平面視における面積が、凸部６５２ａの平面視における面積よりも大きく形成されている。これにより、凹凸パターン５２は全体としては撥液性を保ちながらも、凸部６５２ｂの上面は親液性を示す。また、小面積の凸部６５２ａは大面積の凸部６５２ｂよりも多く配置されており、凸部６５２ｂの周りには、複数の凸部６５２ａが配置されている。このため、凸部６５２ａ及び凸部６５２ｂの双方を設けた凹凸パターン５２は、全体として溶液の流れを抑制しながら、凹凸パターン５２上に横溢した溶液を凸部６５２ｂで補足して、メンブレン３２２の裏面への溶液の回り込みをより抑制することができる。このような性質は、一般的にペタル効果と呼ばれている。

[0219] さらに、溶液の吸着効果の高い凸部６５２ｂは、凹凸パターン５２の領域内において、内周側（メンブレン３２２中心側）に近い位置に形成されている。したがって、凹凸パターン５２に溶液が上に横溢した場合であっても、凹凸パターン５２の内周側（凸部６５２ｂ）で溶液を吸着しつつ、外周側で溶液の濡れを抑制し、メンブレン３２２の裏面への溶液の回り込みをさらに抑制することができる。

[0220] 図４７は、凹凸パターン５２が、複数の円柱状の凸部７５３ａと凹部である空隙７５３ｂとで形成された凹凸パターン７５３と、溝７５４とで形成さ

れた構成を示す斜視図である。凹凸パターン７５３及び溝７５４は、平面視で二重の円環状に形成されており、溝７５４が内側に形成されている。これにより、メンブレン３２２の中心に滴下された溶液がメンブレン３２２の外周に向かって流れ出ても、溝７５４によって溶液が堰き止められる効果が期待できる。さらに、溶液が溝７５４の外周にまで流れた場合には、凹凸パターン７５３によって溶液の流れを止めることができる。凹凸パターン７５３の内側に溝７５４が設けられることで、凹凸パターン７５６は溝７５４から漏れ出た溶液のみを堰き止めればよい。このため、メンブレン３２２の裏面への溶液の回り込みをより抑制することができる。

[0221] なお、図４７には、凹凸パターン７５３と溝７５４とを二重に形成した構成について説明したが、これに限られない。すなわち、凹凸パターン７５３と溝７５４とが三重以上に多重化されていても良く、凹凸パターン７５３と溝７５４との配置についても適宜調整することができる。

[0222] 図４８は、凹凸パターン５２が、複数の円柱状の凸部８５３ａと凹部である空隙８５３ｂとで形成された凹凸パターン領域８５３と、凹凸パターン領域８５３と隣接する凹部領域８５４とで形成された構成を示す斜視図である。凹部領域８５４は、凹凸パターン領域８５３の内側に形成されている。これにより、メンブレン３２２の中心に滴下された溶液が凹部領域８５４に入り込んだ場合には、凹部領域８５４が溶液で満たされ、かつ隣接する凸部８５３ａの側面で生じる撥液効果により、溶液が外周方向に流れることが抑制される。ここで、隣接する凸部８５３ａの側面で生じる撥液効果とは、凸部８５３ａの側面及び凸部８５３ａ間の空隙８５３ｂで生じるロータス効果をいう。このため、メンブレン３２２の裏面への溶液の回り込みをより抑制することができる。

[0223] また、図４４から図４８に記載した凸部、空隙、溝部、凹部領域等を互いに組み合わせて、他の凹凸パターン５２が形成されても良い。

例えば、図４５又は図４６に示す凹凸パターン５２の内側に、図４７で示す溝７５４や図４８が設けられていても良い。また、図４５に示す中空円柱

状の凸部５５２ａと図４６に示す凸部５５２ａと、凸部５５２ａよりも親液性の高い凸部６５２ｂとを組み合わせた凹凸パターン５２としても良い。

[0224] また、図４６において、凹凸パターン５２の外周側に親液性の高い凸部６５２ｂが設けられる構成を用いても良い。また、平面視での面積（上面の面積）の異なる凸部を３種類以上設け、凹凸パターン５２の内周側から外周側に向かってだんだん上面の面積が小さくなるように凸部を配置しても良い。

さらに、図４４の凸部４５２ａ又は図４８の凸部４５２ａに代えて、平面視での面積（上面の面積）の異なる凸部を３種類以上設け、凹凸パターン５２の内周側から外周側に向かってだんだん上面の面積が大きくなるように凸部を配置しても良い。

[0225] 以上のとおり、凸部を有する凹凸パターン５２の構成は、受容体３０形成に用いる溶液や検出基材３２０の物性に応じて適宜調整されることが好ましい。また、凸部の直径、高さ、凸部同士の間隔等についても同様に、受容体３０形成に用いる溶液や検出基材３２０の物性に応じて適宜調整されることが好ましい。

[0226] 凹凸パターン５２が凸部で形成されている場合、凸部の高さはメンブレン３２２に行うエッチングの深さによって決まるが、凸部の高さに依らず、一定のロータス効果を期待することが可能となる。

凹凸パターン５２が凹部で形成されている場合も同様に、凹部の深さはメンブレン３２２に行うエッチングの深さによって決まるが、ロータス効果は凹部の深さに依らず、さらに、凹部がメンブレン３２２を貫通していても問題はない。

[0227] したがって、親水性の溶媒で受容体３０を形成する構成では、図４９中に表されるように、メンブレン３２２の表面に酸化膜ＳＯを形成し、凹凸パターン５２が、酸化膜ＳＯ及びメンブレン３２２を貫通する凹部で形成されている構成としてもよい。同様に、親水性の溶媒で受容体３０を形成する構成では、図５０中に表されるように、メンブレン３２２の表面に酸化膜ＳＯを形成し、凹凸パターン５２が、酸化膜ＳＯに形成した凸部または凹部で形成

されている構成としてもよい。

[0228] 図４９及び図５０中に表す構成であれば、親水性の溶媒に対して濡れ性が高く、さらに、ロータス効果によって、溶媒の流出を防止する機能を奏することが可能となる。

また、疎水性の溶媒で受容体３０を形成する構成では、図５１中に表されるように、メンブレン３２２の表面にシリコンが露出しており、凹凸パターン５２が、メンブレン３２２を貫通する凹部で形成されている構成としてもよい。同様に、疎水性の溶媒で受容体３０を形成する構成では、図５２中に表されるように、メンブレン３２２の表面にシリコンが露出しており、凹凸パターン５２が、メンブレン３２２を貫通しない深さでエッチングした凸部または凹部で形成されている構成としてもよい。

[0229] 図５１及び図５２中に表す構成であれば、疎水性の溶媒に対して濡れ性が高く、さらに、ロータス効果によって、溶媒の流出を防止する機能を奏することが可能となる。

さらに、メンブレン３２２の表面において、受容体３０が形成される領域である受容体形成領域３１と、凹凸パターン５２の構成を作り分けることで、ロータス効果を高めることも可能である。

すなわち、図５３中に表すように、受容体形成領域３１を、酸化膜ＳＯに覆われた構成とし、凹凸パターン５２を、シリコンが露出した凸部または凹部で形成した構成としてもよい。

[0230] 図５３中に表す構成であれば、メンブレン３２２に親水性の溶媒を塗布すると、受容体形成領域３１は濡れ性が高いために、メンブレン３２２との密着性の高い受容体３０を形成することが可能となる。一方、凹凸パターン５２は、シリコンによる撥液性にロータス効果が加わるため、強い撥液機能を持つこととなり、溶媒の流出を防ぐ作用を向上させることが可能となる。

また、図５４中に表すように、受容体形成領域３１の構成を、シリコンが露出する構成とし、凹凸パターン５２の構成を、酸化膜ＳＯに覆われた構成としてもよい。なお、凹凸パターン５２を形成する凸部の高さは、メンブレ

ン３２２を貫通しない高さである。また、凹凸パターン５２を形成する凹部の深さは、メンブレン３２２を貫通しない深さである。

[0231] 図５４中に表す構成であれば、疎水性の溶媒に対して、高い塗布機能を得ることが可能となる。

また、図５５中に表すように、受容体形成領域３１の構成を、酸化膜ＳＯに覆われた構成とし、凹凸パターン５２の構成を、表面にシリコンが露出し、凹部がメンブレン３２２を貫通した構成としてもよい。

図５５中に表す構成であれば、図５３中に表す構成と同様、親水性の溶媒に対して、高い塗布機能を得ることが可能となる。

[0232] また、図５６中に表すように、受容体形成領域３１の構成を、シリコンが露出する構成とし、凹凸パターン５２の構成を、酸化膜ＳＯに覆われ、凹凸パターン５２を形成する凹部が、酸化膜ＳＯ及びメンブレン３２２を貫通する構成としてもよい。

図５６中に表す構成であれば、図５４中に表す構成と同様、疎水性の溶媒に対して、高い塗布機能を得ることが可能となる。

また、図５７中に表すように、受容体形成領域３１の構成を、シリコンが露出する構成とし、凹凸パターン５２の構成を、酸化膜ＳＯに覆われ、凹凸パターン５２を形成する凸部または凹部が、酸化膜ＳＯのみを貫通する構成としてもよい。

図５７中に表す構成であれば、図５４中に表す構成と同様、疎水性の溶媒に対して、高い塗布機能を得ることが可能となる。

[0233] （表面応力センサの製造方法）

図３５から図５７、及び図６から１１を参照しつつ、図５８、図５９を用いて、表面応力センサ３０１の製造方法を説明する。なお、図５８の断面図は、図３９のＷ－Ｗ線断面図に対応する。また、図５９の断面図は、図３６のＹ－Ｙ断面図に対応し、図４０と同様の構成を示すものである。

表面応力センサ３０１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、配線層形成工程と、酸化膜

形成工程と、凹凸パターン形成工程と、除去工程と、受容体形成工程と、を備える。

[0234]（積層体形成工程）

積層体形成工程は、図６（ａ）及び図６（ｂ）に示す第一実施形態の積層体形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

上記のように、積層体形成工程を行うことで、積層体６６の所定の位置には、上下左右をシリコン（第一シリコン基板６０、第二シリコン基板６４）によって囲まれた空隙部４０が形成される。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、さらに、支持基材１０へ凹部６２を覆うように検出基材３２０となる第二シリコン基板を貼り合わせることで、支持基材１０と検出基材３２０との間に空隙部４０が設けられた積層体６６を形成する。

[0235]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、まず、図７に示すように、第二シリコン基板６４の上側の面を酸化させて第一のシリコン酸化膜６８ａを形成し、フォトレジストのパターン（図示せず）を用いて、可撓性抵抗領域７０に対し、選択的に第一のイオンを注入する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材３２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0236]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程では、第一イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一イオン注入工程で用いたものとは異なるフォトレジストのパターン（図示せず）を形成し、図７中に示すように、低抵抗領域７２に第二のイオンを注入する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材３２０の第一のイオンを注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二の

イオンを注入する。

[0237]（熱処理工程）

熱処理工程では、第二イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一のイオン及び第二のイオンの活性化を目的として、積層体６６に熱処理（アニール処理）を施す。積層体６６に熱処理を施した後は、第一のシリコン酸化膜６８ａを除去する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。

[0238]（配線層形成工程、酸化膜形成工程）

配線層形成工程では、図８（ａ）に示すように、第二シリコン基板６４の上側の面に対し、シリコン窒化膜７４と第二のシリコン酸化膜６８ｂとを順に積層する。そして、通常のリソグラフィー及び酸化膜エッチングにより、図８（ｂ）に示すように、第二のシリコン酸化膜６８ｂ及びシリコン窒化膜７４へ、ホール７６を形成する。

次に、図９（ａ）に示すように、第二のシリコン酸化膜６８ｂの上へ、ＴｉＴｉＮで形成した積層膜７８をスパッタリングによって形成し、熱処理を施す。積層膜７８は、ＡｌＳｉへ異常拡散することを防止する役割を持つ、いわゆるバリアメタルであり、熱処理を施すことによって、ホール７６の底部に存在するＳｉとＴｉの界面がシリサイド化して、低抵抗な接続を形成することが可能となる。

さらに、図９（ｂ）に示すように、積層膜７８の上へ、スパッタリングによって、Ａｌ等の金属膜８０を積層する。

[0239] 次に、フォトリソグラフィー及びエッチング技術を用いて金属膜８０をパターニングすることにより、図１０（ａ）に示すような配線層８２を形成する。さらに、図１０（ｂ）に示すように、絶縁層として第三のシリコン酸化膜６８ｃを積層する。

その後、図１１（ａ）に示すように、可撓性抵抗領域７０及び検出基材の中心を含む予め設定した領域（後にメンブレンとなる領域）であるメンブレン設定領域８４以外を覆うようなフォトレジストのパターン（図示せず）を形成する。さらに、エッチング技術によって、可撓性抵抗領域７０及びメンブレン設定領域８４に形成されている第三のシリコン酸化膜６８ｃ及び第二のシリコン酸化膜６８ｂを除去する。そして、メンブレン設定領域８４以外を覆うようなフォトレジストのパターン（図示せず）を形成して、図１１（ｂ）に示すように、メンブレン設定領域８４のシリコン窒化膜７４を除去する。

[0240] その後、酸化膜形成工程として、図５８（ａ）に示すように、第三のシリコン酸化膜６８ｃ及び可撓性抵抗領域７０及びメンブレン設定領域８４の上へ、第四のシリコン酸化膜６８ｄを積層する。

酸化膜形成工程では、受容体３０を形成する領域（受容体形成領域３１）及び凹凸パターン５２を形成する領域に、酸化膜を形成する。なお、受容体３０を形成する領域（受容体形成領域３１）及び凹凸パターン５２を形成する領域の一方のみに、酸化膜を形成してもよい。

次に、図５８（ｂ）に示すように、可撓性抵抗５０からの出力を得るためのＰＡＤ８６を、通常のフォトリソグラフィー及びエッチング技術によって形成する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0241] （凹凸パターン形成工程、除去工程）

凹凸パターン形成工程は、除去工程と同時に行う。

除去工程では、メンブレン設定領域８４の一部をエッチングにて切り取ることで、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄをパターニングする。

凹凸パターン形成工程では、凹凸パターン５２を形成する。

以下、凹凸パターン形成工程の詳細を、図３９及び図４０を参照しつつ、図５９を用いて説明する。なお、図５９に示す断面図は、図３６のＸＩ－Ｘ

Ｉ断面図に対応し、図４０と同一の断面図である。

[0242] まず、図５９（ａ）に示すように、メンブレン設定領域８４の周囲であって、低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０（後に連結部２６となる領域）以外の領域（以下、除去領域８５とする）が露出するようなフォトレジストのパターン（図示せず）を形成する。その後、除去領域８５の第四のシリコン酸化膜６８ｄを除去する。

次に、図５９（ｂ）に示すように、除去領域８５が露出するようなフォトレジスト８８のパターンを形成する。このとき、凹凸パターン５２を形成する領域である凹凸パターン領域８７には、形成する凹凸パターン（凸部または凹部）に応じたフォトレジスト８８のパターンを、同一のマスクによって同時に形成する。

[0243] 続いて、ドライエッチングによって、図５９（ｃ）に示すように、除去領域８５の第二シリコン基板６４が貫通するまでエッチングを施す。このとき、シリコンに比べてシリコン酸化膜のドライエッチングの速度が遅いことから、凹凸パターン領域８７は、第二シリコン基板６４の途中までしかエッチングが進まない。

最後に、アッシング等によってフォトレジスト８８を除去することで、図５９（ｄ）に示す断面構造を形成し、凹凸パターン５２を形成する。

[0244] 以上により、凹凸パターン形成工程及び除去工程では、除去領域８５の第二シリコン基板６４を除去することで、メンブレン３２２、枠部材２４、連結部２６、可撓性抵抗５０を形成する。これに加え、凹凸パターン領域８７に、凸部または凹部からなる凹凸パターン５２を形成する。

すなわち、凹凸パターン形成工程では、検出基材３２０の表面のうち、表面の中心を含む予め設定した領域（受容体形成領域３１）の周囲を取り囲む領域に、予め設定した領域よりも表面の粗度が高い凹凸パターン５２を形成する。

[0245] （受容体形成工程）

受容体形成工程では、凹凸パターン５２に囲まれた受容体形成領域３１に

、ＰＥＩ溶液等の溶媒を塗布することで、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体３０を形成する。（動作・作用）

図３５から図５９を参照しつつ、図６０及び図６１を用いて、第七実施形態の動作と作用を説明する。

表面応力センサ３０１を、例えば、嗅覚センサとして用いる際には、匂い成分を含んだガスの雰囲気中に受容体３０を配置し、ガスが含む匂い成分を、受容体３０に吸着させる。

受容体３０にガスの分子が吸着して、受容体３０に歪みが発生すると、メンブレン３２２に表面応力が印加され、メンブレン３２２が撓む。

枠部材２４は井桁状に形成されてメンブレン３２２を包囲しており、連結部２６は、メンブレン３２２と枠部材２４を両端部で連結している。このため、連結部２６のうち、メンブレン３２２に連結している端部は自由端となっており、枠部材２４に連結している端部は固定端となっている。

[0246] したがって、メンブレン３２２が撓むと、連結部２６に、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みが起きる。そして、連結部２６に起きた撓みに応じて、可撓性抵抗５０が有する抵抗値が変化し、抵抗値の変化に応じた電圧または電流の変化がＰＡＤ８６から出力され、コンピュータ等におけるデータ検出に用いられる。

従来の構成を備える表面応力センサ４００、すなわち図６０に示すように、凹凸パターンが形成されていない構成のメンブレン３２２に受容体３０を形成する場合には、以下の問題が発生する。

[0247] すなわち、受容体３０を形成する溶媒ＳＯＬがメンブレン３２２の表面に広がり、溶媒ＳＯＬの一部がメンブレン３２２の端部から流出し、場合によっては、溶媒ＳＯＬの一部がメンブレン３２２の裏面にまで回り込む可能性がある。

この場合、嗅覚センサとして用いる際に、裏面に付着した受容体３０にガスの分子が吸着すると、表面にガスの分子が吸着して印可された表面応力とは逆方向の表面応力を誘起するため、全体の表面応力は小さくなる。したが

って、可撓性抵抗５０で発生する抵抗変化が小さくなり、出力される電圧または電流の変化が小さくなる。これは、センサとしての感度が落ちることを意味する。

[0248] したがって、従来の構成を備える表面応力センサ４００では、メンブレンの表面に広がった溶媒ＳＯＬの一部がメンブレンの裏面にまで回り込むと、メンブレンの表面と裏面のそれぞれに付着した溶媒ＳＯＬにより、受容体３０が形成される。そして、メンブレンの表面と裏面のそれぞれに形成された受容体３０が、ガス分子を吸着する。このため、表面応力センサ４００の感度が低下することが懸念される。

これに対し、第七実施形態の表面応力センサ３０１であれば、図６１に示すように、メンブレン３２２のうち、受容体形成領域３１の周囲を取り囲む領域に、凹凸パターン５２がメンブレン３２２に対して同心円状に形成されている。そして、凹凸パターン５２は、ロータス効果により撥液作用を有する。

[0249] このため、塗布された溶媒ＳＯＬがメンブレン３２２の端部まで広がることが抑制されており、塗布された溶媒ＳＯＬがメンブレン３２２の裏面まで回り込むことも抑制されている。したがって、受容体３０を形成する溶媒ＳＯＬを、メンブレン３２２の表面へ効率的に塗布することが可能となり、表面応力センサ３０１の感度が劣化することはない。

なお、上述した第七実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第七実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能である。

[0250] （第七実施形態の効果）

第七実施形態の表面応力センサ３０１であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）印加された表面応力によって撓むメンブレン３２２と、メンブレン３２２を包囲する枠部材２４と、メンブレン３２２と枠部材２４とを連結する

連結部２６と、連結部２６に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗５０を備える。さらに、枠部材２４に接続されてメンブレン３２２及び連結部２６との間に空隙（空隙部４０）を設けて配置され、且つメンブレン３２２及び連結部２６と重なる支持基材１０を備える。

これに加え、受容体形成領域３１の上に形成され、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体３０と、メンブレン３２２の表面のうち受容体形成領域３１よりも枠部材２４に近い領域に設けられ、受容体形成領域３１よりも表面の粗度が高い凹凸パターン５２を備える。

[0251] このため、メンブレン３２２の表面のうち、受容体形成領域３１の外側に、凹凸パターン５２によって撥液性の領域が形成されるため、凹凸パターン５２の有するロータス効果によって、受容体３０を形成する溶媒が濡れ広がることを抑制することが可能となる。

これにより、溶媒がメンブレン３２２の外側や裏面側に流れることを防止して、溶媒の層を、安定して形成することが可能となる。

その結果、受容体３０を形成するプロセスを簡略化することが可能となる。これに加え、メンブレン３２２の表面にのみ物質が吸着するため、精度の高い安定したセンシングが可能となり、高いセンサ感度を維持することが可能な表面応力センサ３０１を提供することが可能となる。

[0252] （２）凹凸パターン５２が、複数の凸部または複数の凹部が連続したパターンで形成されている。

その結果、撥液性を示すロータス効果を発現させることが可能となる。

（３）凹凸パターン５２が、メンブレン３２２の表面のうち、受容体３０よりも枠部材２４に近い領域の全周に亘って、隣り合う凸部同士または隣り合う凹部同士を、予め設定した距離に設定して設けられる。

その結果、撥液性を示すロータス効果を発現させることが可能となる。

[0253] （４）メンブレン３２２の表面のうち、受容体形成領域３１及び凹凸パターン５２を設けた領域のうち少なくとも一方に形成された酸化膜を備える。

その結果、親水性の溶媒、または、疎水性の溶媒のそれぞれに対して、濡

れ性の高いメンブレン３２２を選択的に提供することが可能となり、凹凸パターン５２の有するロータス効果によって、溶媒の流出を防止する機能を奏することが可能となる。

また、第七実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

[0254] （５）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、凹凸パターン形成工程と、受容体形成工程と、除去工程と、配線層形成工程と、を備える。積層体形成工程では、支持基材１０の一方の面に凹部６２を形成し、さらに、支持基材１０へ凹部６２を覆うように検出基材３２０を貼り合わせることで、支持基材１０と検出基材３２０との間に空隙部４０が設けられた積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材３２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材３２０の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。凹凸パターン形成工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面である表面のうち、表面の中心を含む予め設定した領域（受容体形成領域３１）の周囲を取り囲む領域に、受容体形成領域３１よりも表面の粗度が高い凹凸パターン５２を形成する。受容体形成工程では、凹凸パターンに囲まれた領域（受容体形成領域３１）に、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体３０を形成する。除去工程では、検出基材３２０のうち凹凸パターン５２を形成した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン３２２、枠部材２４、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0255] このため、メンブレン３２２の表面のうち、受容体形成領域３１の外側に、凹凸パターン５２によって撥液性の領域が形成されるため、凹凸パターン５２の有するロータス効果によって、受容体３０を形成する溶媒が濡れ広がることを抑制することが可能となる。

これにより、溶媒がメンブレン３２２の外側や裏面側に流れることを防止して、溶媒の層を、安定して形成することが可能となる。

その結果、受容体３０を形成するプロセスを簡略化することが可能となる。これに加え、メンブレン３２２の表面にのみ物質が吸着するため、精度の高い安定したセンシングが可能となり、高いセンサ感度を維持することが可能な、表面応力センサの製造方法を提供することが可能となる。

[0256] （６）凹凸パターン形成工程の前工程であり、且つ検出基材３２０の表面に酸化膜（第四のシリコン酸化膜６８ｄ）を形成する酸化膜形成工程を備える。

その結果、親水性の溶媒に対して濡れ性が高く、さらに、凹凸パターン５２の有するロータス効果によって、溶媒の流出を防止する機能を奏することが可能な表面応力センサ３０１を製造することが可能となる。

（７）酸化膜形成工程では、受容体３０を形成する領域（受容体形成領域３１）及び凹凸パターン５２を形成する領域のうち少なくとも一方に、酸化膜（第四のシリコン酸化膜６８ｄ）を形成する。

その結果、親水性の溶媒、または、疎水性の溶媒のそれぞれに対して、濡れ性の高いメンブレン３２２を選択的に提供することが可能となり、凹凸パターン５２の有するロータス効果によって、溶媒の流出を防止する機能を奏することが可能となる。

（８）凹凸パターン形成工程と除去工程を、エッチング等によって同時に行う。

その結果、表面応力センサ３０１の製造工程を簡略化することが可能となる。

[0257] （第七実施形態の変形例）

（１）第七実施形態では、支持基材１０の材料となる第一シリコン基板６０の一方の面に凹部６２を形成することで、メンブレン３２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成したが、これに限定するものではない。すなわち、検出基材３２０の材料となる第二シリコン基板６４の支持基材１０と対向する面に凹部を形成することで、メンブレン３２２と支持基材１０との間に空隙部４０を形成してもよい。

（２）第七実施形態では、二対である四つの連結部２６ａ～２６ｄに、それぞれ、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが備えられている構成としたが、これに限定するものではない。すなわち、一対である二つの連結部２６に、それぞれ、可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

[0258] （３）第七実施形態では、四つの連結部２６ａ～２６ｄの全てに可撓性抵抗５０が備えられている構成としたが、これに限定するものではなく、少なくとも一つの連結部２６に可撓性抵抗５０が備えられている構成としてもよい。

（４）第七実施形態では、接続部４の面積を、メンブレン３２２の厚さ方向から見て、メンブレン３２２の面積よりも小さい値としたが、これに限定するものではなく、接続部４の面積を、メンブレン３２２の面積以上としてもよい。

（５）第七実施形態では、接続部４の形状を円形としたが、これに限定するものではなく、接続部４の形状を、例えば、方形としてもよい。また、接続部４を、複数形成してもよい。

[0259] （６）第七実施形態では、検出基材３２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、同一の材料としたが、これに限定するものではなく、検出基材３２０を形成する材料と、支持基材１０を形成する材料とを、異なる材料としてもよい。

この場合、検出基材３２０の線膨張係数と支持基材１０の線膨張係数との差を、１．２×１０$^{-5}$／℃以下することで、パッケージ基板２の変形に応じた、検出基材３２０の変形量と支持基材１０の変形量との差を減少させること

が可能となる。これにより、メンブレン３２２の撓みを抑制することが可能となる。

[0260] （７）第七実施形態では、支持基材１０の線膨張係数が、５．０×１０$^{-6}$／℃以下としたが、これに限定するものではなく、支持基材１０の線膨張係数を、１．０×１０$^{-5}$／℃以下としてもよい。

この場合であっても、支持基材１０の剛性を向上させることが可能となり、温度変化等に起因するパッケージ基板２の変形に対する、検出基材３２０の変形量を減少させることが可能となる。

[0261] （８）第七実施形態では、凹凸パターン５２を、複数の凸部または複数の凹部が連続したパターンで形成したが、これに限定するものではない。

すなわち、例えば、図６２中に表すように、受容体形成領域３１の周囲を取り囲む領域

にローレット加工等を施すことにより、ロータス効果を有する粗さとすることで、受容体形成領域３１よりも表面の粗度を高くした凹凸パターン５２を形成してもよい。

なお、図６２中に表す構成であれば、図５３中に表す構成と同様、メンブレン３２２に親水性の溶媒を塗布すると、受容体形成領域３１は濡れ性が高いために、メンブレン３２２との密着性の高い受容体３０を形成することが可能となる。一方、凹凸パターン５２は、シリコンによる撥液性にロータス効果が加わるため、強い撥液機能を持つこととなり、溶媒の流出を防ぐ作用を向上させることが可能となる。

[0262] （９）第七実施形態では、凹凸パターン５２が、メンブレン３２２の表面のうち、受容体３０よりも枠部材２４に近い領域の全周に亘って、隣り合う凸部同士または隣り合う凹部同士を、予め設定した距離に設定して設けたが、これに限定するものではない。

すなわち、例えば、隣り合う凸部同士または隣り合う凹部同士の距離を、０［μｍ］に設定することで、凹凸パターン５２を、メンブレン３２２の表面のうち、受容体３０よりも枠部材２４に近い領域の全周に亘って連続する

、複数本の円環状に形成してもよい。

[0263] （１０）第七実施形態では、凹凸パターン５２により、受容体３０を形成する溶媒ＳＯＬがメンブレン５２２の裏面に回り込むことを抑制したが、これに限定するものではない。

すなわち、例えば図６３（ａ）及び図６３（ｂ）に示すように、メンブレン５２２の表面に厚い酸化膜ＳＯを設け、酸化膜ＳＯのうちメンブレン５２２中央部に形成された部分を除去して、溶媒ＳＯＬの広がりを防止する土手５００を形成しても良い。図６３（ｂ）は、図６３（ａ）のＩＸ－ＩＸ断面図である。このとき、土手５００となる酸化膜ＳＯの厚さは、受容体３０形成時のＰＥＩ溶液等の滴下量に応じて変更可能である。このような表面応力センサ５０１では、土手５００を、図６３（ｂ）に示すように、内側断面が逆テーパ形状となるように形成することが好ましい。これにより、受容体３０形成時にＰＥＩ溶液等がメンブレン５２２の外周に向けて流れることを抑制できる。

[0264] （第八実施形態）

以下、本発明の第八実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

（構成）

図３５から図４０を参照しつつ、図１５を参照して、第八実施形態の構成を説明する。

第八実施形態の構成は、図１５に示すように、枠部材２４が、接続層９０を介して、支持基材１０のパッケージ基板２と対向する面と反対側の面（図１５中では、上側の面）に接続されている点を除き、上述した第一実施形態と同様である。

接続層９０は、二酸化ケイ素（SiO_2）等を用いて形成されている。

その他の構成は、上述した第七実施形態と同様である。すなわち、第八実施形態の構成は、第七実施形態に係る表面応力センサ３０１と同様に、メンブレン３２２の表面に凹凸パターン５２を形成した検出基材３２０を有している。

その他の構成は、上述した第七実施形態と同様であるため、説明を省略する。

[0265]（表面応力センサの製造方法）

図３５から図６１を参照しつつ、図１６から図１９を参照して、表面応力センサ３０１の製造方法を説明する。なお、図１６から図１９の断面図は、図３９のＷ－Ｗ線断面図に対応する。

表面応力センサ３０１の製造方法は、積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、配線層形成工程と、凹凸パターン形成工程と、除去工程と、受容体形成工程と、を備える。第八実施形態に記載の表面応力センサの製造方法は、凹凸パターン形成工程を備える点で、第二実施形態の表面応力センサの製造方法と相違する。

[0266]（積層体形成工程）

積層体形成工程は、図１６に示す第二実施形態の積層体形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材３２０を積層して積層体６６を形成する。

[0267]（第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程は、図１６に示す第二実施形態の第一イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、第一イオン注入工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち、検出基材３２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域（可撓性抵抗領域７０）に、第一のイオンを注入する。

[0268]（第二イオン注入工程）

第二イオン注入工程は、図１６に示す第二実施形態の第二イオン注入工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、第二イオン注入工程では、検出基材３２０の第一のイオンを

注入した領域（可撓性抵抗領域７０）よりも外側の選択した領域に、第二のイオンを注入する。

[0269]（熱処理工程）

熱処理工程では、第二イオン注入工程で用いたフォトレジストを除去し、さらに、第一のイオン及び第二のイオンの活性化を目的として、積層体６６に熱処理（アニール処理）を施す。積層体６６に熱処理を施した後は、第一のシリコン酸化膜６８ａを除去する。

以上により、熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。

[0270]（ホール形成工程）

ホール形成工程は、図１７に示す第二実施形態のホール形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、ホール形成工程では、検出基材３２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。

[0271]（空隙部形成工程）

空隙部形成工程は、図１８に示す第二実施形態の空隙部形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２を除去して、支持基材１０と検出基材３２０との間に空隙部４０を設ける。

[0272]（ホール封止工程）

ホール封止工程は、図１９に示す第二実施形態のホール封止工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、ホール封止工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に、酸化膜９４を形成してホール７６を封止する。

[0273]（配線層形成工程）

配線層形成工程は、図８（ａ）及び図８（ｂ）、図９（ａ）及び図９（ｂ）、図１０（ａ）及び図１０（ｂ）、図１１（ａ）及び図１１（ｂ）及び図１２に示す第一実施形態の配線層形成工程と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

以上により、配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0274]（凹凸パターン形成工程、除去工程）

凹凸パターン形成工程及び除去工程は、上述した第七実施形態と同様の手順で行うため、その説明を省略する。

したがって、凹凸パターン形成工程では、検出基材３２０の中心を含む予め設定した領域の周囲であって低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去する。これにより、メンブレン３２２、枠部材２４、連結部２６、可撓性抵抗５０を形成するとともに、凹凸パターン５２を形成する。

すなわち、凹凸パターン形成工程では、検出基材３２０の表面のうち、表面の中心を含む予め設定した領域（受容体形成領域３１）の周囲を取り囲む領域に、予め設定した領域よりも表面の粗度が高い凹凸パターン５２を形成する。

[0275]（受容体形成工程）

受容体形成工程では、凹凸パターン５２に囲まれた受容体形成領域３１に、ＰＥＩ溶液等の溶媒を塗布することで、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体３０を形成する。

[0276]（動作・作用）

第八実施形態の動作と作用は、上述した第七実施形態と同様であるため、その説明を省略する。

なお、上述した第八実施形態は、本発明の一例であり、本発明は、上述した第八実施形態に限定されることはなく、この実施形態以外の形態であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種

々の変更が可能である。

[0277]（第八実施形態の効果）

第八実施形態の表面応力センサの製造方法であれば、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（１）積層体形成工程と、第一イオン注入工程と、第二イオン注入工程と、熱処理工程と、ホール形成工程と、空隙部形成工程と、ホール封止工程と、凹凸パターン形成工程と、受容体形成工程と、除去工程と、配線層形成工程を備える。積層体形成工程では、支持基材１０に犠牲層９２を積層し、さらに、犠牲層９２に検出基材３２０を積層して積層体６６を形成する。第一イオン注入工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面のうち検出基材３２０の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する。第二イオン注入工程では、検出基材３２０の第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する。熱処理工程では、第一のイオン及び第二のイオンを注入した積層体６６を熱処理することで、第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域７０を形成するとともに、第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域７２を形成する。ホール形成工程では、検出基材３２０の可撓性抵抗領域７０及び低抵抗領域７２を形成した領域と隣接する領域に、犠牲層９２まで貫通するホール７６を形成する。空隙部形成工程では、ホール７６を介したエッチングにより、可撓性抵抗領域７０と支持基材１０との間に配置された犠牲層９２を除去して、支持基材１０と検出基材３２０との間に空隙部４０を設ける。ホール封止工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面に酸化膜９４を形成して、ホール７６を封止する。凹凸パターン形成工程では、検出基材３２０の支持基材１０と対向する面と反対側の面である表面のうち、表面の中心を含む予め設定した領域（受容体形成領域３１）の周囲を取り囲む領域に、受容体形成領域３１よりも表面の粗度が高い凹凸パターン５２を形成する。受容体形成工程では、凹凸パターンに囲まれた領域（受容体形成領域３１）に、吸着した物質に応じた変形を生じる

受容体３０を形成する。除去工程では、検出基材３２０のうち凹凸パターン５２を形成した領域の周囲であり、低抵抗領域７２及び可撓性抵抗領域７０以外の領域を除去することで、メンブレン３２２、枠部材２４、連結部２６及び可撓性抵抗５０を形成する。配線層形成工程では、可撓性抵抗５０と電気的に接続された配線層８２を形成する。

[0278] このため、メンブレン３２２の表面のうち、受容体形成領域３１の外側に、凹凸パターン５２によって撥液性の領域が形成されるため、凹凸パターン５２の有するロータス効果、ペタル効果等によって、受容体３０を形成する溶媒が濡れ広がることを抑制することが可能となる。

これにより、溶媒がメンブレン３２２の外側や裏面側に流れることを防止して、溶媒の層を、安定して形成することが可能となる。

その結果、受容体３０を形成するプロセスを簡略化することが可能となる。これに加え、メンブレン３２２の表面にのみ物質が吸着するため、精度の高い安定したセンシングが可能となり、高いセンサ感度を維持することが可能な、表面応力センサの製造方法を提供することが可能となる。

符号の説明

[0279] １，１０１，２０１，３０１，５０１…表面応力センサ、２…パッケージ基板、４…接続部、１０…支持基材、２０，１２０，３２０…検出基材、２２，１２２，１２２ａ，１２２ｂ，１２２ｃ，２２２、３２２…メンブレン、２４，１２４，１２４ａ，１２４ｂ，１２４ｃ…枠部材、２６…連結部、３０，３０ａ，３０ｂ…受容体、４０，４１，４２…空隙部、５０…可撓性抵抗、５２，４５２，５５２，７５３，７５６，８５３…凹凸パターン、６０…第一シリコン基板、６１ａ，６４ａ…溝、６２…凹部、６４…第二シリコン基板、６６…積層体、６８…シリコン酸化膜、７０…可撓性抵抗領域、７２…低抵抗領域、７４…シリコン窒化膜、７６…ホール、７７…溝、７８…積層膜、８０…金属膜、８２…配線層、８４…メンブレン設定領域、８６…ＰＡＤ、９０…接続層、９２…犠牲層、９３…溝、９４…酸化膜、１００…従来の構成を備える表面応力センサ、１１１，１１１ａ，１１１ｂ，１１

１ｃ…接続層、１２５，１２７…溝部、３２４…枠部材形成領域、３２６…連結部形成領域、３２８…周辺膜部形成領域、３７０…可撓性抵抗形成領域、３７２…低抵抗形成領域、４５２ａ，５５２ａ，６５２ａ，７５３ａ，８５３ａ…凸部、５００…土手、ＶＬ１…メンブレンの中心を通過する仮想的な直線、ＶＬ２…直線ＶＬ１と直交する直線

請求の範囲

[請求項1] 印加された表面応力によって撓むメンブレンと、

前記メンブレンの厚さ方向から見て当該メンブレンと離間し、且つ前記メンブレンを包囲する枠部材と、

前記厚さ方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されて当該メンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部と、

前記連結部のうち少なくとも一つに備えられ、当該連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗と、

前記枠部材に接続され、且つ前記厚さ方向から見て前記メンブレン及び前記連結部と重なる支持基材と、を備え、

前記メンブレンと前記支持基材及び前記連結部との間に空隙部が設けられている表面応力センサ。

[請求項2] 前記可撓性抵抗は、ピエゾ抵抗であり、

前記ピエゾ抵抗は、前記メンブレンが撓むことで前記連結部に起きた撓みに応じて変化する抵抗値を有する請求項１に記載した表面応力センサ。

[請求項3] 前記メンブレンと前記枠部材とは、二対である四つの前記連結部で連結されており、

前記可撓性抵抗は、前記四つの連結部のそれぞれに備えられ、

四つの前記可撓性抵抗は、フルホイートストンブリッジを形成する請求項１または請求項２に記載した表面応力センサ。

[請求項4] 前記メンブレンはｎ型半導体層であり、

前記可撓性抵抗はｐ型半導体層である請求項１から請求項３のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項5] 前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部とで、一体の検出基材を形成し、

前記支持基材の線膨張係数と、前記検出基材の線膨張係数と、の差は、１．２×１０$^{-5}$／℃以下である請求項１から請求項４のうちいず

れか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項6] 前記支持基材の線膨張係数は、１．０×１０$^{-5}$／℃以下である請求項５に記載した表面応力センサ。

[請求項7] 前記支持基材の線膨張係数は、５．０×１０$^{-6}$／℃以下である請求項６に記載した表面応力センサ。

[請求項8] 前記支持基材の厚さは、８０μｍ以上である請求項１から請求項７のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項9] 前記メンブレンの厚さ方向から見て、前記支持基材の外周面と、前記枠部材の外周面とが、面一である請求項１から請求項８のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項10] 前記支持基材は、ケイ素、サファイア、ガリウムヒ素、ガラス、石英のうちいずれかを含む材料で形成されている請求項１から請求項９のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項11] 前記支持基材の前記メンブレンと対向する面と反対側の面に接続されるパッケージ基板をさらに備える請求項１から請求項１０のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項12] 前記支持基材と前記パッケージ基板とは、前記厚さ方向から見て前記メンブレンの少なくとも一部と重なる位置に配置された接続部によって接続されている請求項１１に記載した表面応力センサ。

[請求項13] 前記メンブレンの厚さ方向から見て、前記接続部の面積が前記メンブレンの面積よりも小さい請求項１２に記載した表面応力センサ。

[請求項14] 前記支持基材と前記枠部材との間に設けられた接続層と、

平面視において前記空隙部を取り囲む位置に設けられ、前記枠部材及び前記接続層を貫通するように形成された溝部と、をさらに備える請求項１から１３のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項15] 前記枠部材に連結され、且つ前記厚さ方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部と、を備え、

前記支持基材は、前記周辺膜部と重なり、

前記空隙部は、前記周辺膜部と、前記支持基材と、の間に設けられ、

前記周辺膜部及び前記支持基材のうち少なくとも一方に、前記空隙部まで貫通する貫通部が形成され、

前記厚さ方向から見て、前記メンブレン及び前記連結部と、前記周辺膜部と、の間にスリットが形成され、

前記スリットの幅は、前記貫通部の中心を挟んで対向する内壁面の最小距離よりも狭い請求項１から１４のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項16] 前記周辺膜部にのみ、前記貫通部が形成されている請求項１５に記載した表面応力センサ。

[請求項17] 前記最小距離は、１μｍ以上１０μｍ以下の範囲内である請求項１５または請求項１６に記載した表面応力センサ。

[請求項18] 前記スリットの幅は、０．５μｍ以上５μｍ以下の範囲内である請求項１５から請求項１７のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項19] 前記メンブレンの前記支持基材と対向する面と反対側の面である表面の中心を含む領域の上に形成され、且つ吸着した物質に応じた変形を生じる受容体と、

前記表面のうち前記受容体が形成される受容体形成領域よりも前記枠部材に近い領域に設けられ、且つ前記受容体形成領域よりも表面の粗度が高い凹凸パターンと、を備える請求項１から請求項１８のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項20] 前記凹凸パターンは、複数の凸部または複数の凹部が連続したパターンで形成されている請求項１９に記載した表面応力センサ。

[請求項21] 前記凹凸パターンは、前記表面のうち前記受容体よりも前記枠部材に近い領域の全周に亘って、隣り合う前記凸部同士または隣り合う前

記凹部同士を予め設定した距離に設定して設けられる請求項２０に記載した表面応力センサ。

[請求項22] 前記表面のうち前記受容体形成領域及び前記凹凸パターンを設けた領域のうち少なくとも一方に形成された酸化膜をさらに備える請求項１９から請求項２１のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項23] 印加された表面応力によって撓むメンブレンと、

前記メンブレンの厚さ方向から見て当該メンブレンと離間し、且つ前記メンブレンを包囲する枠部材と、

前記厚さ方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されて当該メンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部と、

前記枠部材に連結され、且つ前記厚さ方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部と、

前記枠部材に接続され、且つ前記厚さ方向から見て、前記メンブレン、前記連結部及び前記周辺膜部と重なる支持基材と、を備え、

前記メンブレン、前記連結部及び前記周辺膜部と、前記支持基材と、の間に空隙部が設けられ、

前記周辺膜部及び前記支持基材のうち少なくとも一方に、前記空隙部まで貫通する貫通部が形成され、

前記厚さ方向から見て、前記メンブレン及び前記連結部と、前記周辺膜部と、の間にスリットが形成され、

前記スリットの幅は、前記貫通部の中心を挟んで対向する内壁面の最小距離よりも狭い中空構造素子。

[請求項24] 支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、前記支持基材へ前記凹部を覆うように検出基材を貼り合わせることで、前記支持基材と前記検出基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する積層体形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域

に、第一のイオンを注入する第一イオン注入工程と、

前記検出基材の前記第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する第二イオン注入工程と、

前記第一のイオン及び前記第二のイオンを注入した前記積層体を熱処理することで、前記第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、前記第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する熱処理工程と、

前記検出基材の中心を含む予め設定した領域の周囲であって前記低抵抗領域及び前記可撓性抵抗領域以外の領域を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、前記メンブレンの厚さ方向から見て隙間を空けてメンブレンを包囲する枠部材、前記厚さ方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部、及び前記連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗、を形成する除去工程と、

前記可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する配線層形成工程と、を備える表面応力センサの製造方法。

[請求項25] 前記積層体形成工程において、少なくとも前記支持基材の前記凹部を形成した面に、熱酸化膜を形成後、前記検出基材を貼り合わせて前記積層体を形成し、

前記検出基材の前記可撓性抵抗領域及び前記低抵抗領域の外側の領域において、前記検出基材及び前記熱酸化膜を除去して溝部を形成する溝部形成工程と、をさらに備える請求項２４に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項26] 支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、前記支持基材へ前記凹部を覆うように検出基材を貼り合わせることで、前記支持基材と前記検出基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する積層体形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出

基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する第一イオン注入工程と、

前記検出基材の前記第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する第二イオン注入工程と、

前記第一のイオン及び前記第二のイオンを注入した前記積層体を熱処理することで、前記第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、前記第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する熱処理工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成するメンブレン形成領域と、前記支持基材と前記検出基材とを積層した方向である積層方向から見て前記メンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する枠部材形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する連結部形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレン形成領域と前記枠部材形成領域と前記連結部形成領域とに包囲された領域である周辺膜部形成領域と、を設定する領域設定工程と、

前記周辺膜部形成領域の前記空隙部と対向する面と反対側の面に空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成するとともに、前記メンブレン形成領域及び前記連結部形成領域と、前記周辺膜部形成領域と、の間に前記空隙部まで貫通するスリットを前記貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成するエッチング工程と、

前記連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する配線層形成工程と、を備え、

前記エッチング工程では、前記スリットを形成することで、前記メンブレンを前記メンブレン形成領域に形成し、前記枠部材を前記枠部

材形成領域に形成し、前記連結部を前記
連結部形成領域に形成し、前記枠部材に連結され、且つ前記積層方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部を前記周辺膜部形成領域に形成する表面応力センサの製造方法。

[請求項27] 前記エッチング工程では、前記貫通部の中心を挟んで対向する内壁面の最小距離よりも前記スリットの幅が狭くなるようにエッチングを行うことで、前記スリットを形成するエッチングのエッチングレートを、前記貫通部を形成するエッチングのエッチングレートよりも小さくする請求項２６に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項28] 前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面である表面の中心を含む予め設定した領域の周囲を取り囲む領域に、当該予め設定した領域よりも表面の粗度が高い凹凸パターンを形成する凹凸パターン形成工程と、

前記凹凸パターンに囲まれた領域に、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体を形成する受容体形成工程と、を備え、

前記除去工程において、前記検出基材のうち前記凹凸パターンを形成した領域の周囲であり、且つ前記低抵抗領域及び前記可撓性抵抗領域以外の領域を除去する請求項２４から請求項２７のうちいずれか１項に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項29] 凹凸パターン形成工程の前工程であり、且つ前記表面に酸化膜を形成する酸化膜形成工程を備える請求項２８に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項30] 前記酸化膜形成工程では、前記受容体を形成する領域及び前記凹凸パターンを形成する領域のうち少なくとも一方に前記酸化膜を形成する請求項２９に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項31] 前記凹凸パターン形成工程と前記除去工程とを、同時に行う請求項２８から請求項３０のうちいずれか１項に記載した表面応力センサの

製造方法。

[請求項32] 支持基材に犠牲層を積層し、さらに、前記犠牲層に検出基材を積層して積層体を形成する積層体形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に第一のイオンを注入する第一イオン注入工程と、

前記検出基材の前記第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する第二イオン注入工程と、

前記第一のイオン及び前記第二のイオンを注入した前記積層体を熱処理することで、前記第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、前記第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する熱処理工程と、

前記検出基材の前記可撓性抵抗領域及び前記低抵抗領域を形成した領域と隣接する領域に、前記犠牲層まで貫通するホールを形成するホール形成工程と、

前記ホールを介したエッチングにより、前記可撓性抵抗領域と前記支持基材との間に配置された前記犠牲層を除去して前記支持基材と前記検出基材との間に空隙部を設ける空隙部形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成して前記ホールを封止するホール封止工程と、

前記検出基材の中心を含む予め設定した領域の周囲であって前記低抵抗領域及び前記可撓性抵抗領域以外の領域を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、前記メンブレンの厚さ方向から見て隙間を空けてメンブレンを包囲する枠部材、前記厚さ方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部、及び前記連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗、を形成する除去工程と、

前記可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する配線層形成

工程と、を備える表面応力センサの製造方法。

[請求項33] 前記ホール形成工程において、前記ホールを形成すると同時に、前記検出基材の前記可撓性抵抗領域及び前記低抵抗領域を形成した領域の外側の領域に、前記犠牲層まで貫通し、平面視で前記予め設定した領域を取り囲む溝を形成する

請求項３２に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項34] 前記検出基材の前記可撓性抵抗領域及び前記低抵抗領域を形成した領域の外側の領域に、前記犠牲層まで貫通し、平面視で前記予め設定した領域を取り囲む溝を形成し、

前記溝を介したエッチングにより、前記溝から露出する前記犠牲層を除去して前記検出基材と前記犠牲層とを貫通する溝部を形成する溝部形成工程と、を備える請求項３２に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項35] 支持基材の一方の面に犠牲層を積層し、さらに、前記犠牲層に検出基材を積層して積層体を形成する積層体形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面のうち検出基材の中心を含む予め設定した領域よりも外側の選択した一部の領域に、第一のイオンを注入する第一イオン注入工程と、

前記検出基材の前記第一のイオンを注入した領域よりも外側の選択した領域に第二のイオンを注入する第二イオン注入工程と、

前記第一のイオン及び前記第二のイオンを注入した前記積層体を熱処理することで、前記第一のイオンを注入した領域に可撓性抵抗領域を形成するとともに、前記第二のイオンを注入した領域に低抵抗領域を形成する熱処理工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成するメンブレン形成領域と、前記支持基材と前記検出基材とを積層した方向である積層方向から見て前記メンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部

材を形成する枠部材形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する連結部形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレン形成領域と前記枠部材形成領域と前記連結部形成領域とに包囲された領域である周辺膜部形成領域と、を設定する領域設定工程と、

前記メンブレン形成領域、前記連結部形成領域及び前記周辺膜部形成領域のうち少なくとも一つの領域に、前記犠牲層まで貫通するホールを形成するホール形成工程と、

前記ホールを介したエッチングにより、前記メンブレン形成領域、前記連結部形成領域及び前記周辺膜部形成領域と、前記支持基材と、の間に配置された前記犠牲層を除去して、前記支持基材と前記検出基材との間に空隙部を設ける空隙部形成工程と、

前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成して前記ホールを封止するホール封止工程と、

前記周辺膜部形成領域の前記空隙部と対向する面と反対側の面に空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成するとともに、前記メンブレン形成領域及び前記連結部形成領域と、前記周辺膜部形成領域と、の間に前記空隙部まで貫通するスリットを前記貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成するエッチング工程と、

前記連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する可撓性抵抗と電気的に接続された配線層を形成する配線層形成工程と、を備え、

前記エッチング工程では、前記スリットを形成することで、前記メンブレンを前記メンブレン形成領域に形成し、前記枠部材を前記枠部材形成領域に形成し、前記連結部を前記連結部形成領域に形成し、前記枠部材に連結され、且つ前記積層方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部を前記周辺膜

部形成領域に形成する表面応力センサの製造方法。

[請求項36] 前記エッチング工程では、前記貫通部の中心を挟んで対向する内壁面の最小距離よりも前記スリットの幅が狭くなるようにエッチングを行うことで、前記スリットを形成するエッチングのエッチングレートを、前記貫通部を形成するエッチングのエッチングレートよりも小さくする請求項３５に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項37] 前記検出基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面である表面の中心を含む予め設定した領域の周囲を取り囲む領域に、当該予め設定した領域よりも表面の粗度が高い凹凸パターンを形成する凹凸パターン形成工程と、

前記凹凸パターンに囲まれた領域に、吸着した物質に応じた変形を生じる受容体を形成する受容体形成工程と、を備え、

前記除去工程において、前記検出基材のうち前記凹凸パターンを形成した領域の周囲であり、且つ前記低抵抗領域及び前記可撓性抵抗領域以外の領域を除去する請求項３２から請求項３６のうちいずれか１項に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項38] 凹凸パターン形成工程の前工程であり、且つ前記表面に酸化膜を形成する酸化膜形成工程を備える請求項３７に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項39] 前記酸化膜形成工程では、前記受容体を形成する領域及び前記凹凸パターンを形成する領域のうち少なくとも一方に前記酸化膜を形成する請求項３８に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項40] 前記凹凸パターン形成工程と前記除去工程とを、同時に行う請求項３７から請求項３９のうちいずれか１項に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項41] 支持基材の一方の面に凹部を形成し、さらに、前記支持基材へ前記凹部を覆うように膜基材を貼り合わせることで、前記支持基材と前記膜基材との間に空隙部が設けられた積層体を形成する積層体形成工程

と、

前記膜基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成するメンブレン形成領域と、前記支持基材と前記膜基材とを積層した方向である積層方向から見て前記メンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する枠部材形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する連結部形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレン形成領域と前記枠部材形成領域と前記連結部形成領域とに包囲された領域である周辺膜部形成領域と、を設定する領域設定工程と、

前記周辺膜部形成領域の前記空隙部と対向する面と反対側の面に空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成するとともに、前記メンブレン形成領域及び前記連結部形成領域と、前記周辺膜部形成領域と、の間に前記空隙部まで貫通するスリットを前記貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成するエッチング工程と、を備え、

前記エッチング工程では、前記スリットを形成することで、前記メンブレンを前記メンブレン形成領域に形成し、前記枠部材を前記枠部材形成領域に形成し、前記連結部を前記
連結部形成領域に形成し、前記枠部材に連結され、且つ前記積層方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部を前記周辺膜部形成領域に形成する中空構造素子の製造方法。

[請求項42] 支持基材の一方の面に犠牲層を積層し、さらに、前記犠牲層に膜基材を積層して積層体を形成する積層体形成工程と、

前記膜基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に、印加された表面応力によって撓むメンブレンを形成するメンブレン形成領域と

、前記支持基材と前記膜基材とを積層した方向である積層方向から見て前記メンブレンと離間するとともにメンブレンを包囲する枠部材を形成する枠部材形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレンを挟む位置に配置されてメンブレンと前記枠部材とを連結する少なくとも一対の連結部を形成する連結部形成領域と、前記積層方向から見て前記メンブレン形成領域と前記枠部材形成領域と前記連結部形成領域とに包囲された領域である周辺膜部形成領域と、を設定する領域設定工程と、

前記メンブレン形成領域、前記連結部形成領域及び前記周辺膜部形成領域のうち少なくとも一つの領域に、前記犠牲層まで貫通するホールを形成するホール形成工程と、

前記ホールを介したエッチングにより、前記メンブレン形成領域、前記連結部形成領域及び前記周辺膜部形成領域と、前記支持基材と、の間に配置された前記犠牲層を除去して、前記支持基材と前記膜基材との間に空隙部を設ける空隙部形成工程と、

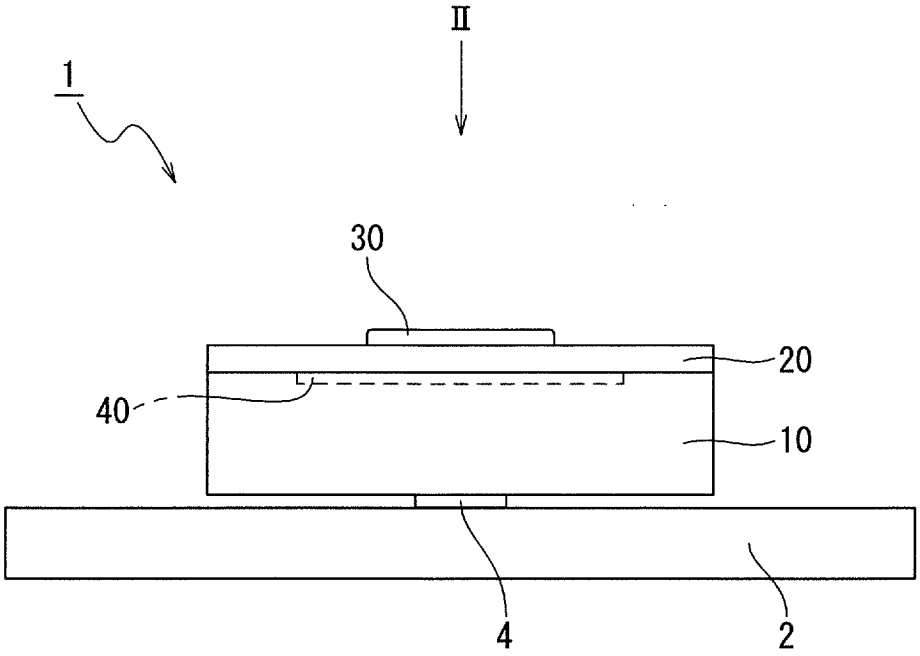
前記膜基材の前記支持基材と対向する面と反対側の面に酸化膜を形成して前記ホールを封止するホール封止工程と、

前記周辺膜部形成領域の前記空隙部と対向する面と反対側の面に空隙部まで貫通する貫通部をエッチングによって形成するとともに、前記メンブレン形成領域及び前記連結部形成領域と、前記周辺膜部形成領域と、の間に前記空隙部まで貫通するスリットを前記貫通部よりも小さいエッチングレートのエッチングによって形成するエッチング工程と、を備え、

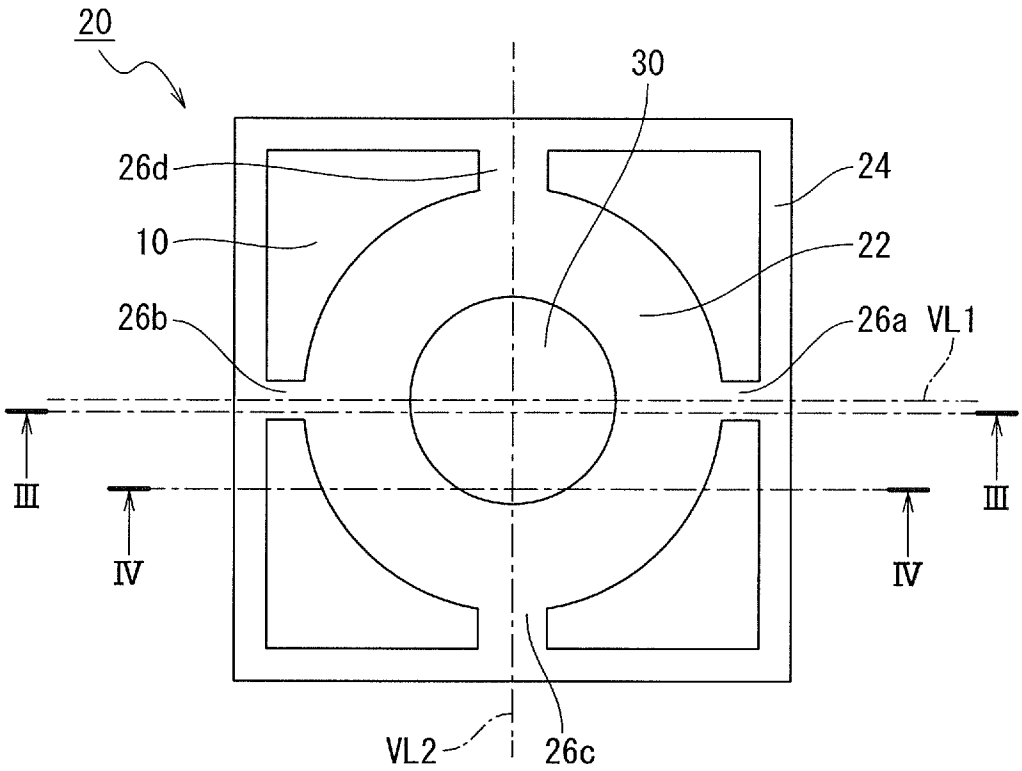
前記エッチング工程では、前記スリットを形成することで、前記メンブレンを前記メンブレン形成領域に形成し、前記枠部材を前記枠部材形成領域に形成し、前記連結部を前記連結部形成領域に形成し、前記枠部材に連結され、且つ前記積層方向から見て、前記メンブレンと、前記枠部材と、前記連結部と、に包囲された周辺膜部を前記周辺膜

部形成領域に形成する中空構造素子の製造方法。

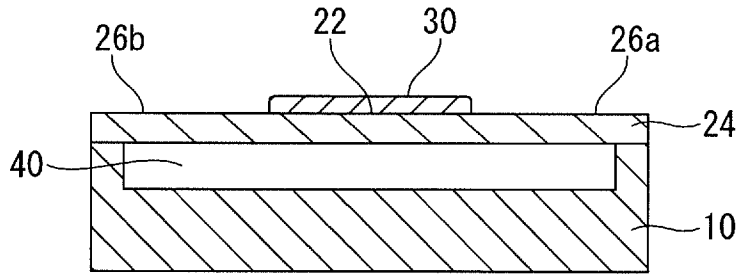
[図1]


II
1
30
20
40
10
4
2

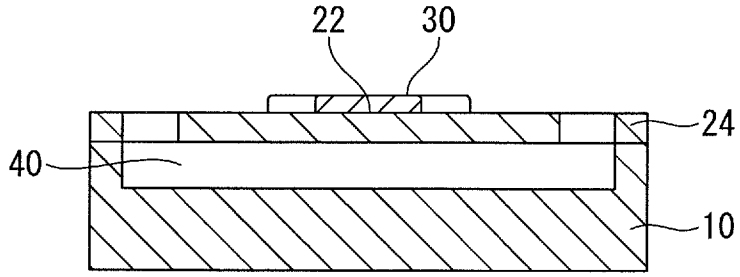
[図2]


20
30
26d
24
10
22
26b
26a
VL1
III
III
IV
IV
VL2
26c

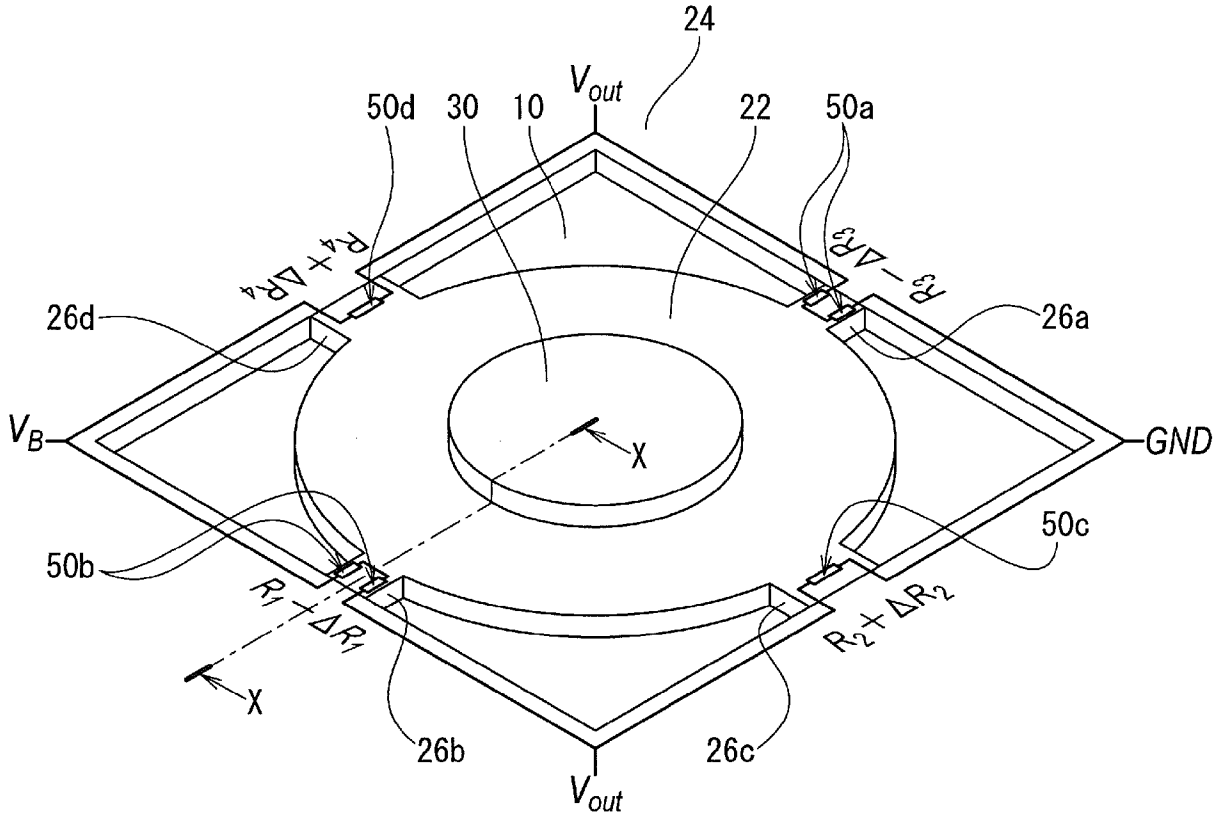
[図3]


26b
22
30
26a
24
40
10

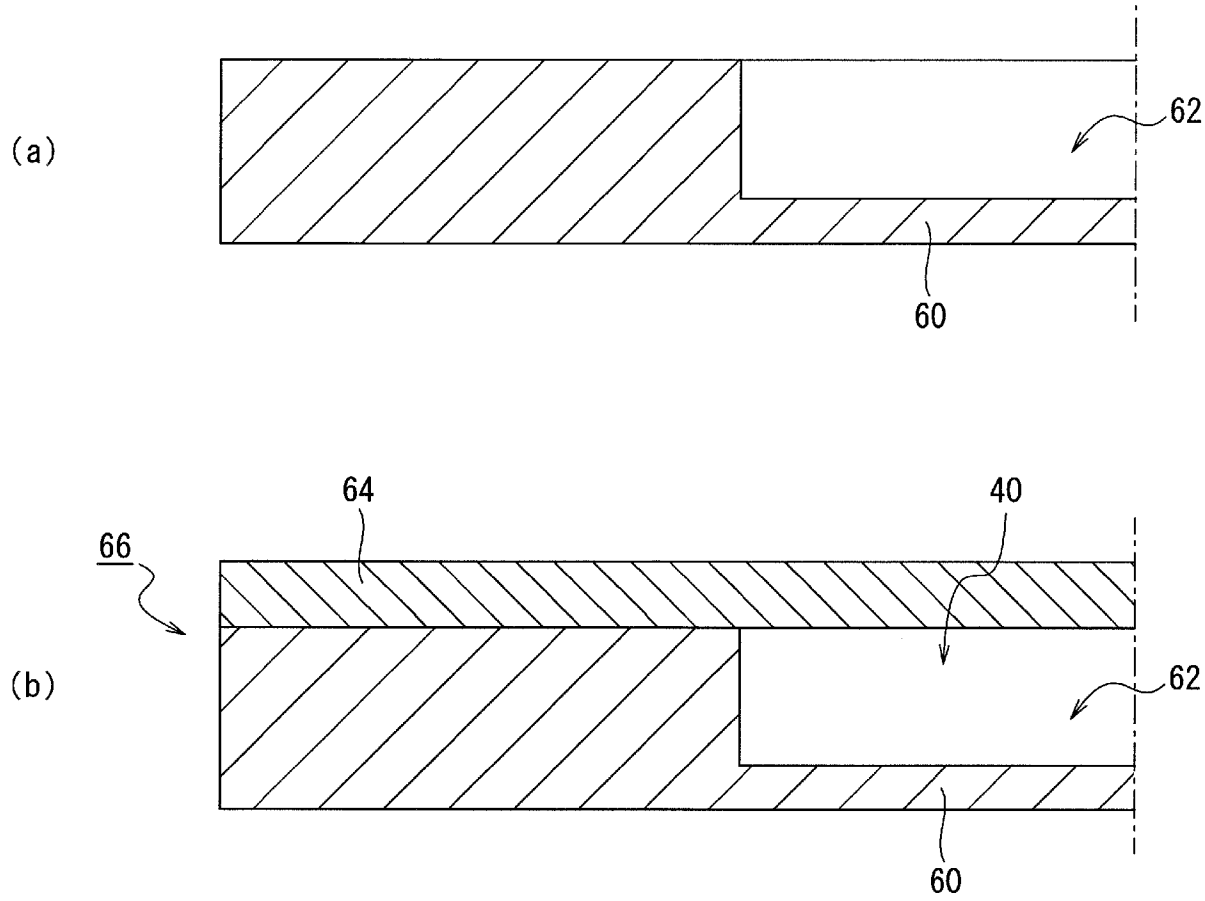
[図4]


22
30
24
40
10

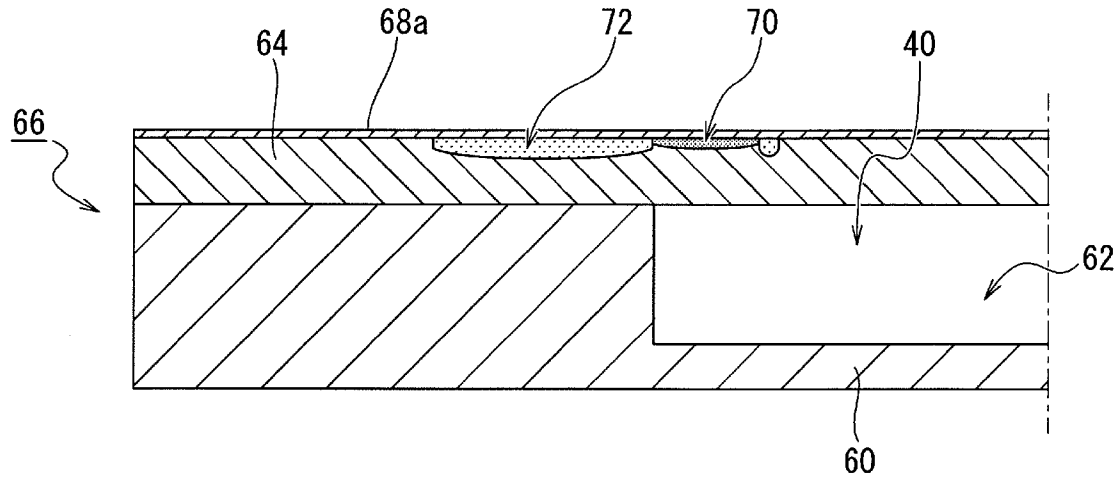
[図5]


24
V_{out}
50d
30
10
22
50a
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
26d
26a
V_B
GND
X
50b
50c
$R_1+\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
X
26b
26c
V_{out}

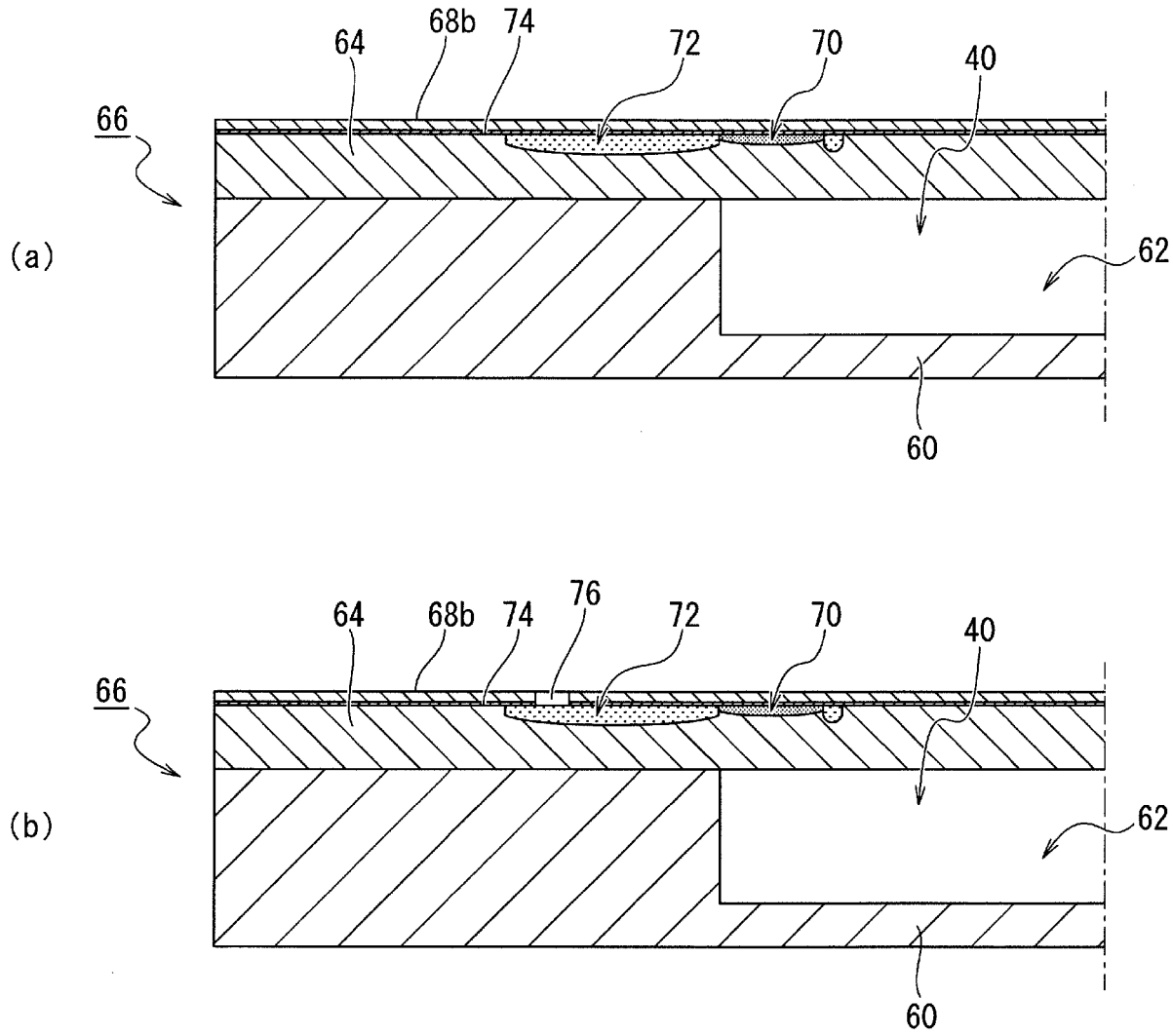
[図6]



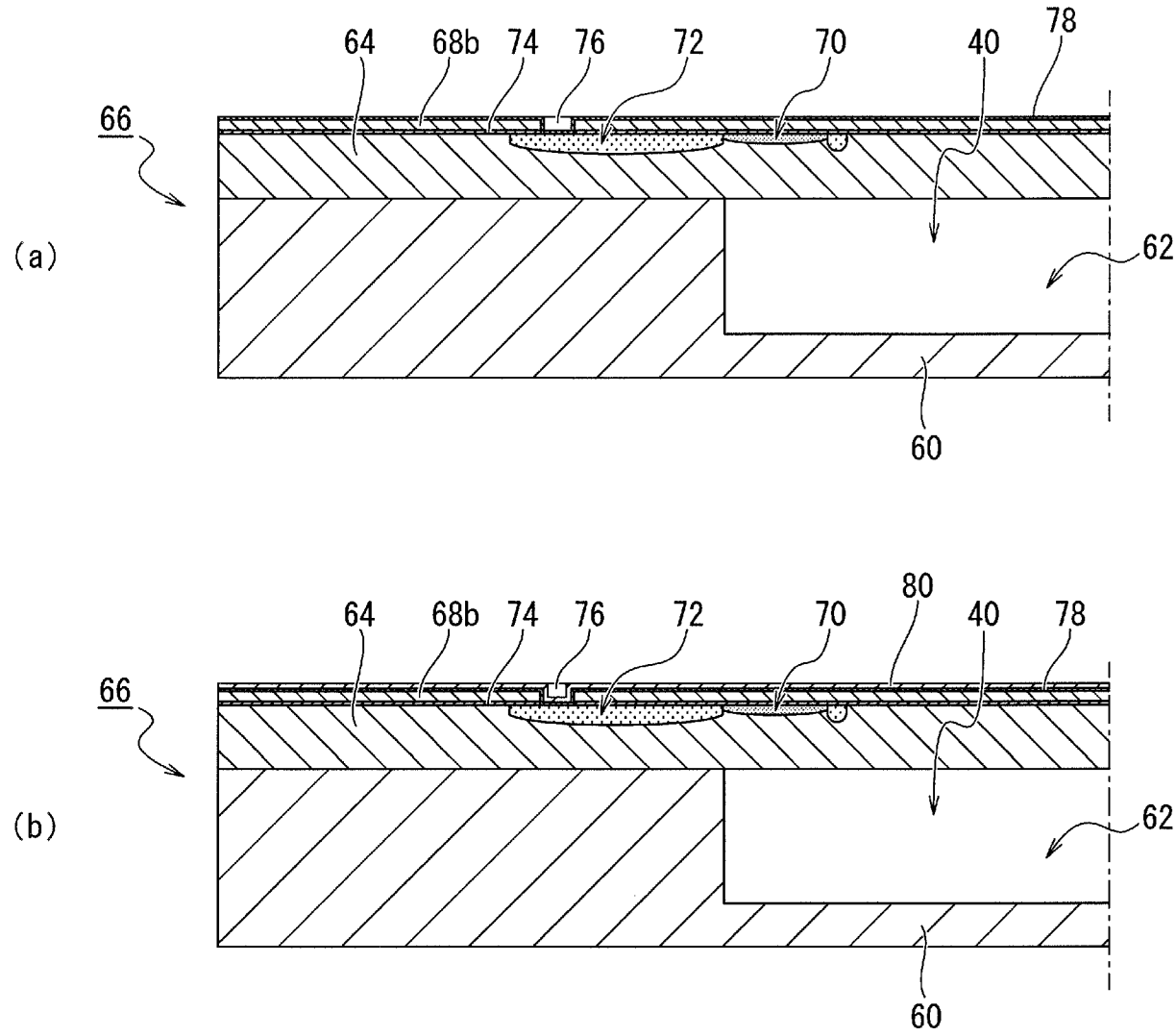
[図7]



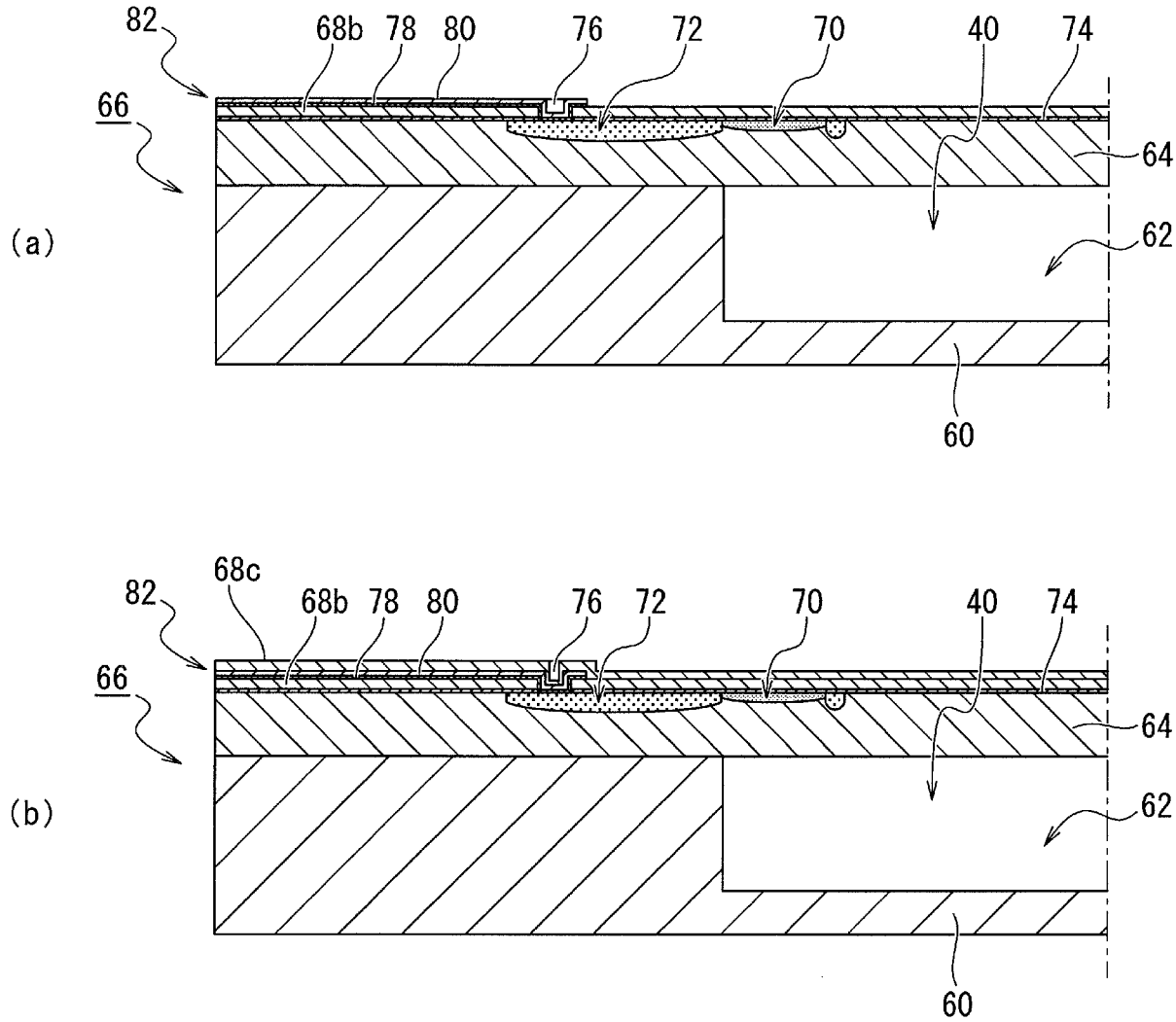
[図8]



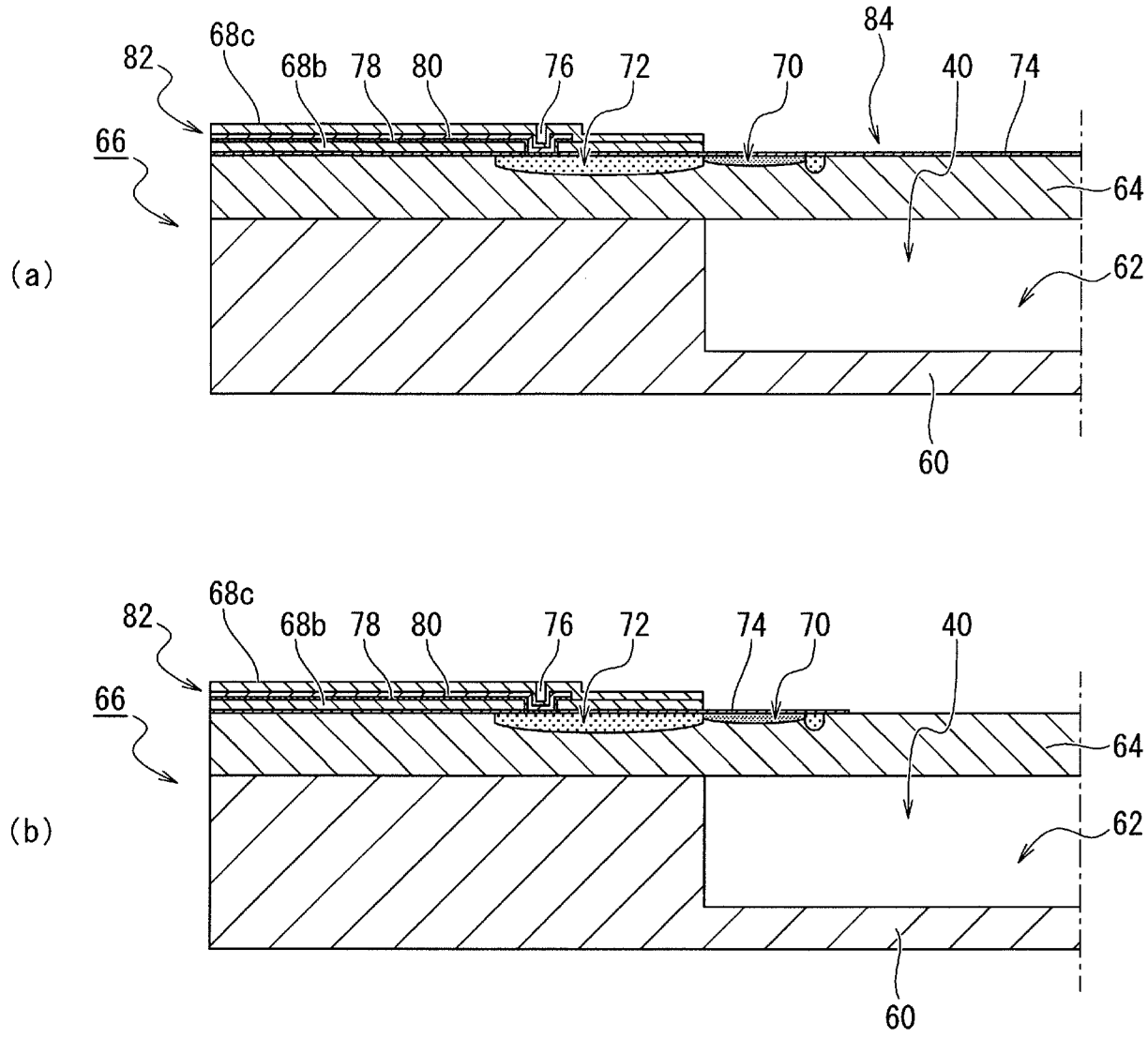
[図9]


(a)
66
64
68b
74
76
72
70
40
78
62
60
(b)
66
64
68b
74
76
72
70
80
40
78
62
60

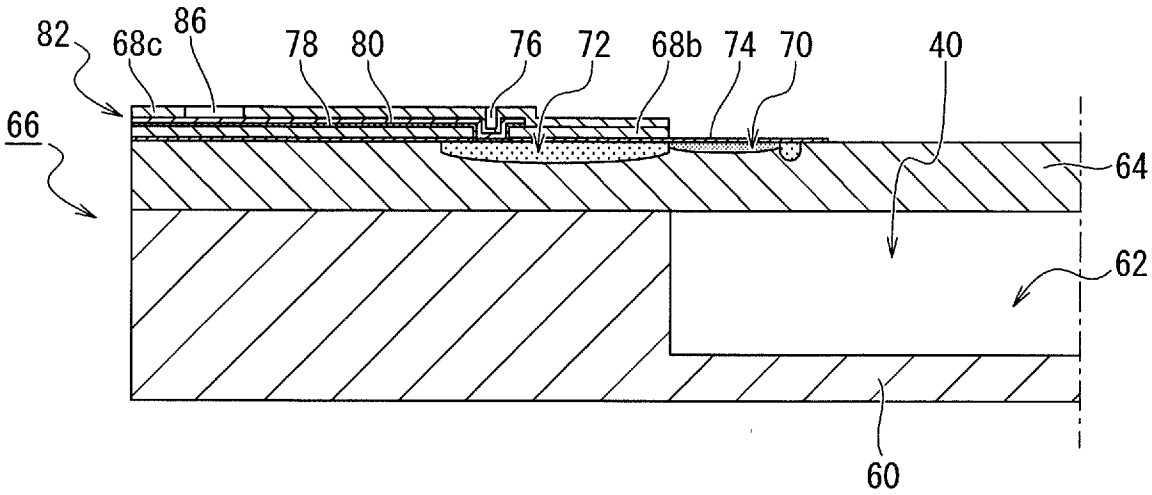
[図10]


(a)
82
68b
78
80
76
72
70
40
74
66
64
62
60
(b)
68c
82
68b
78
80
76
72
70
40
74
66
64
62
60

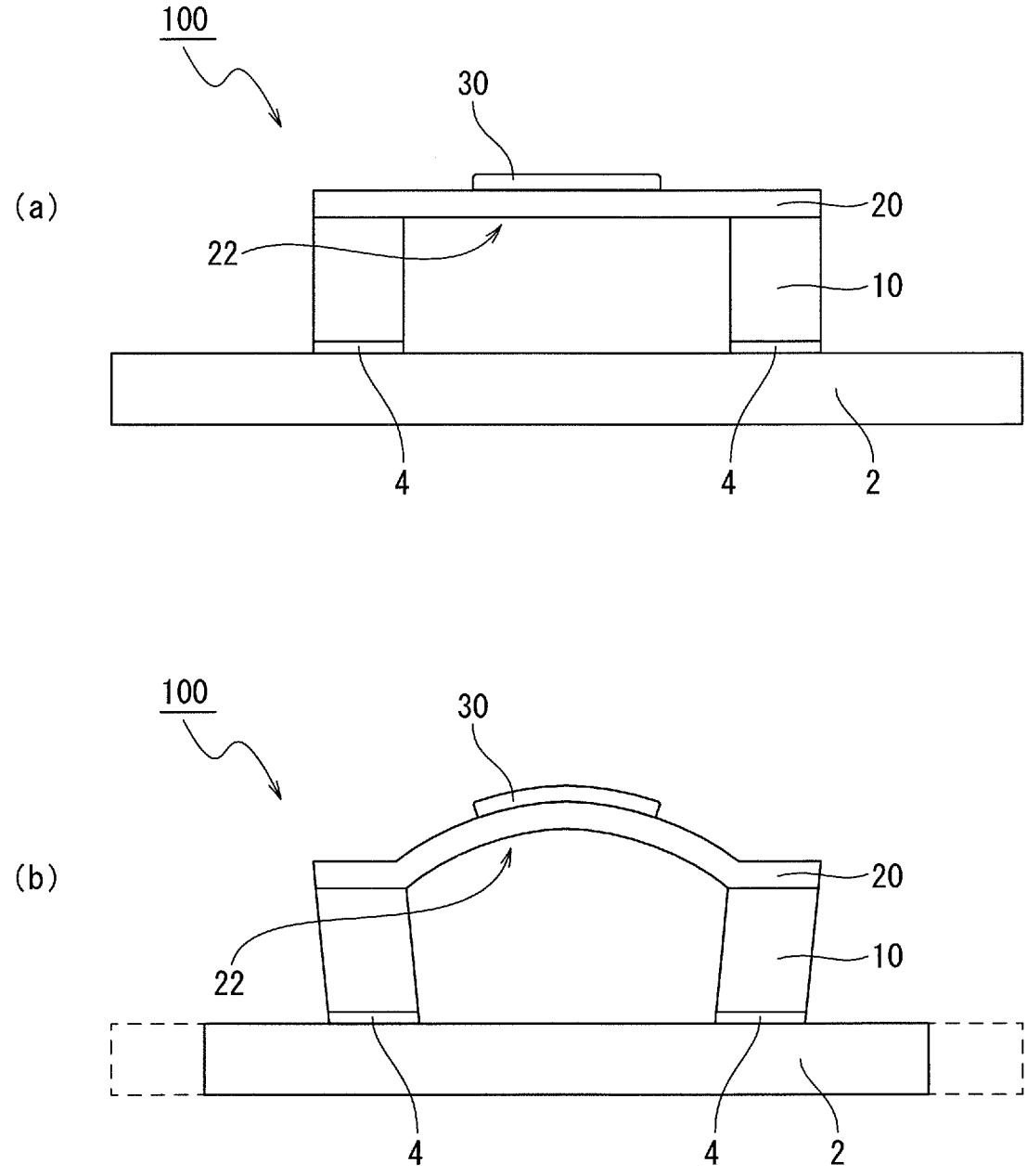
[図11]


(a)
82
68c
68b
78
80
76
72
70
84
40
74
66
64
62
60
(b)
82
68c
68b
78
80
76
72
74
70
40
66
64
62
60

[図12]

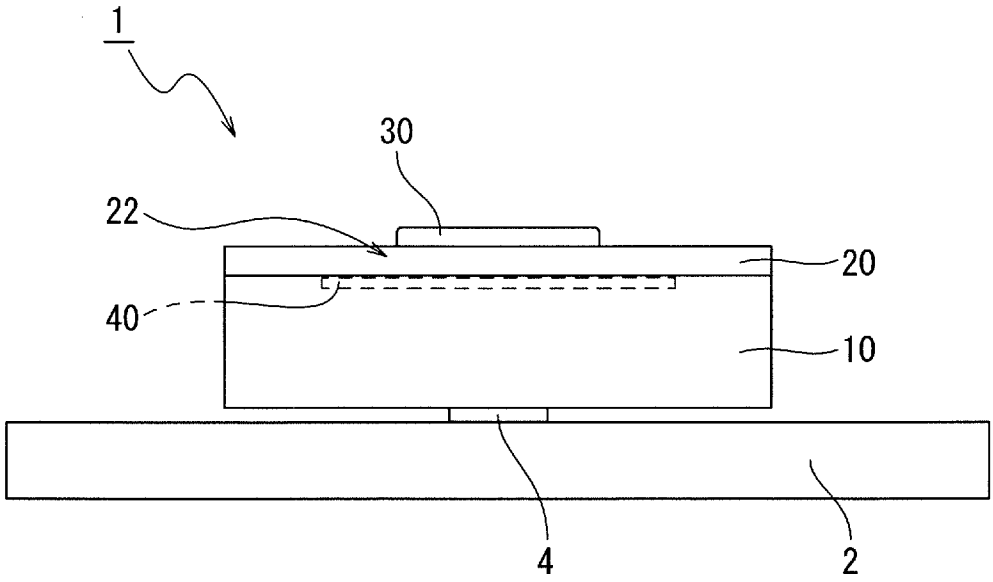

82
68c
86
78
80
76
72
68b
74
70
40
66
64
62
60

[図13]

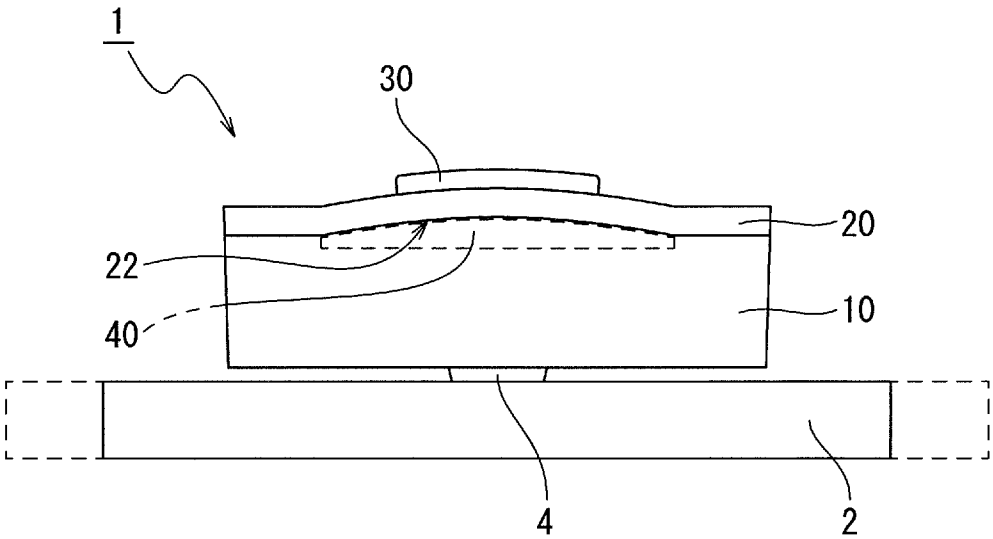


[図14]

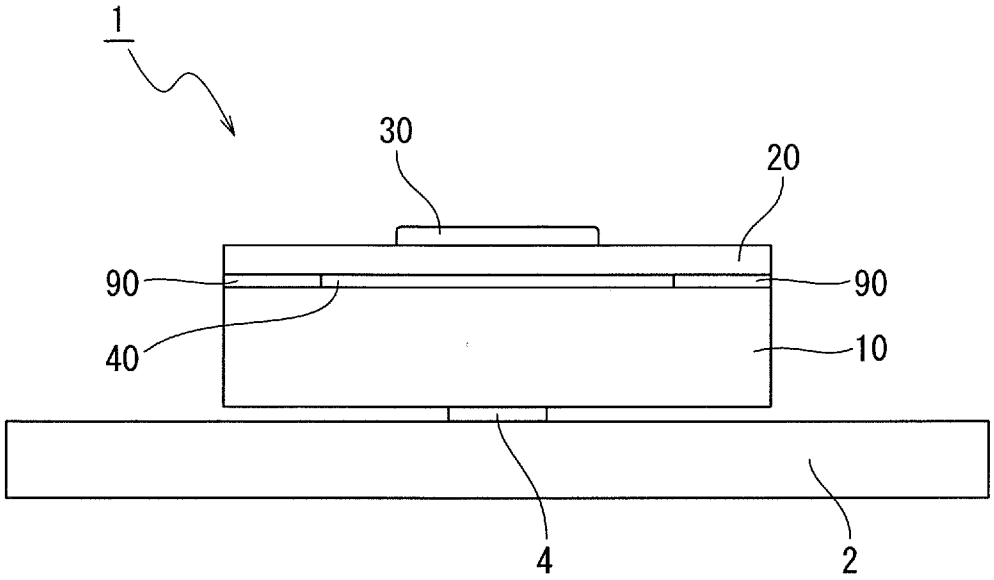
(a)



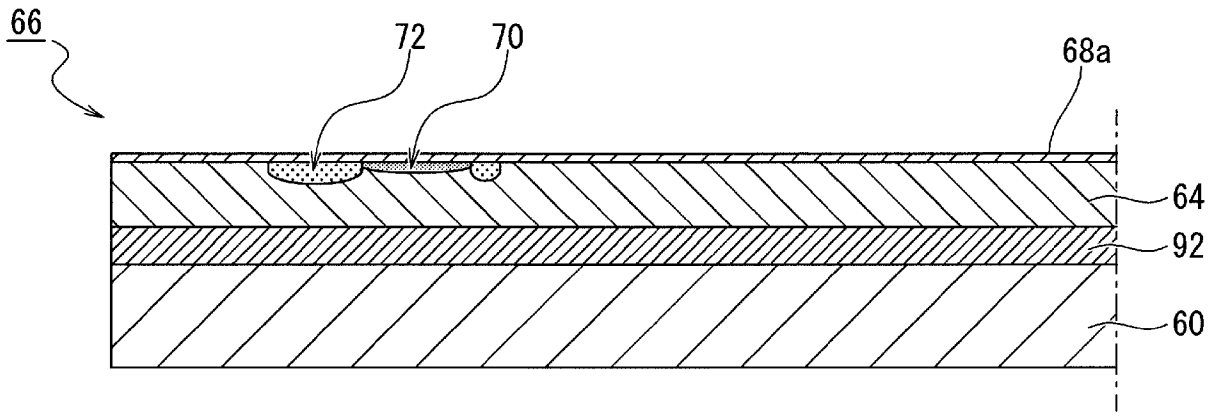
(b)



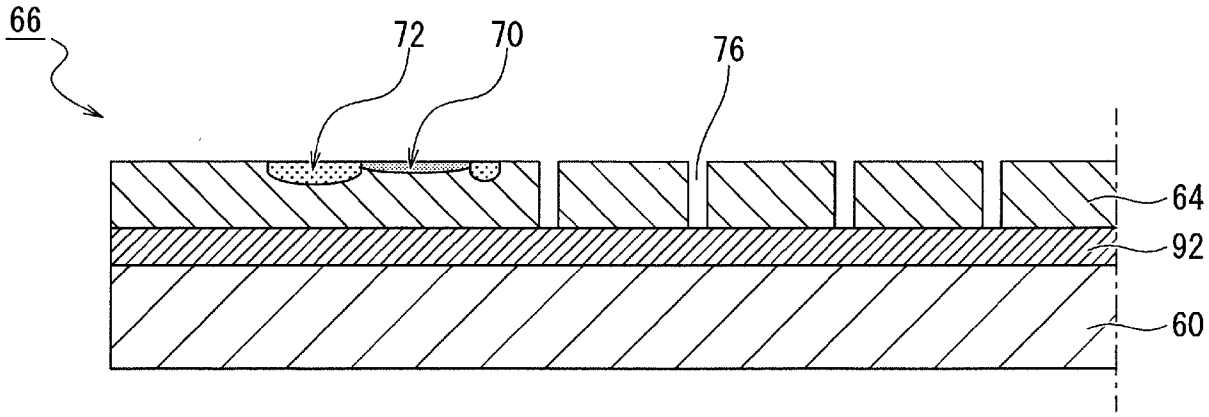
[図15]



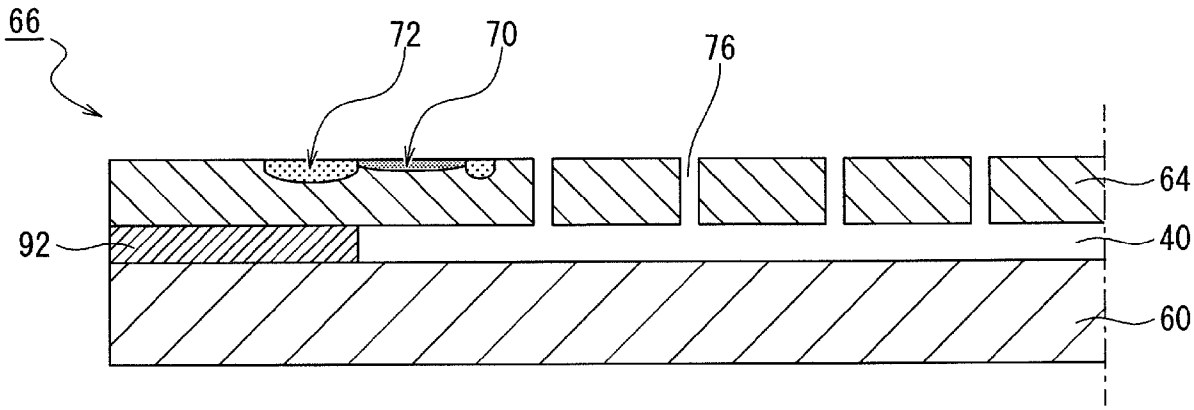
[図16]



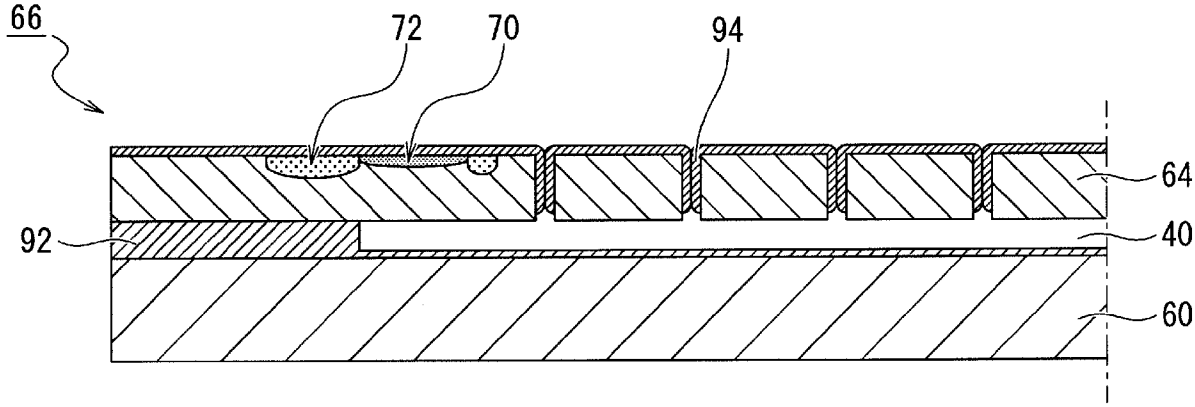
[図17]



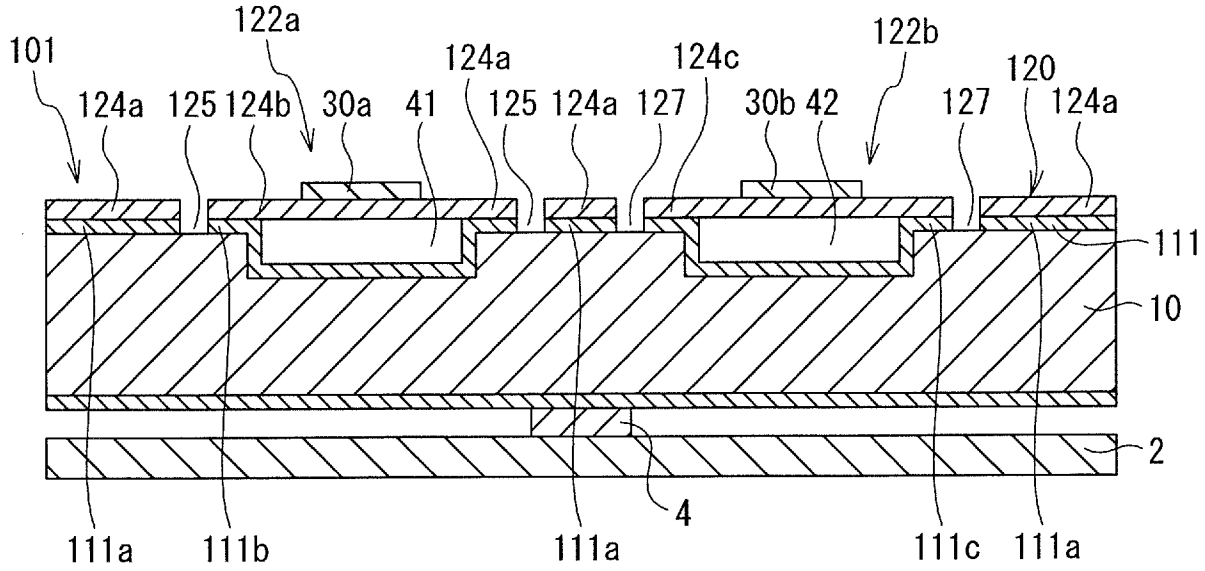
[図18]


66
72
70
76
64
92
40
60

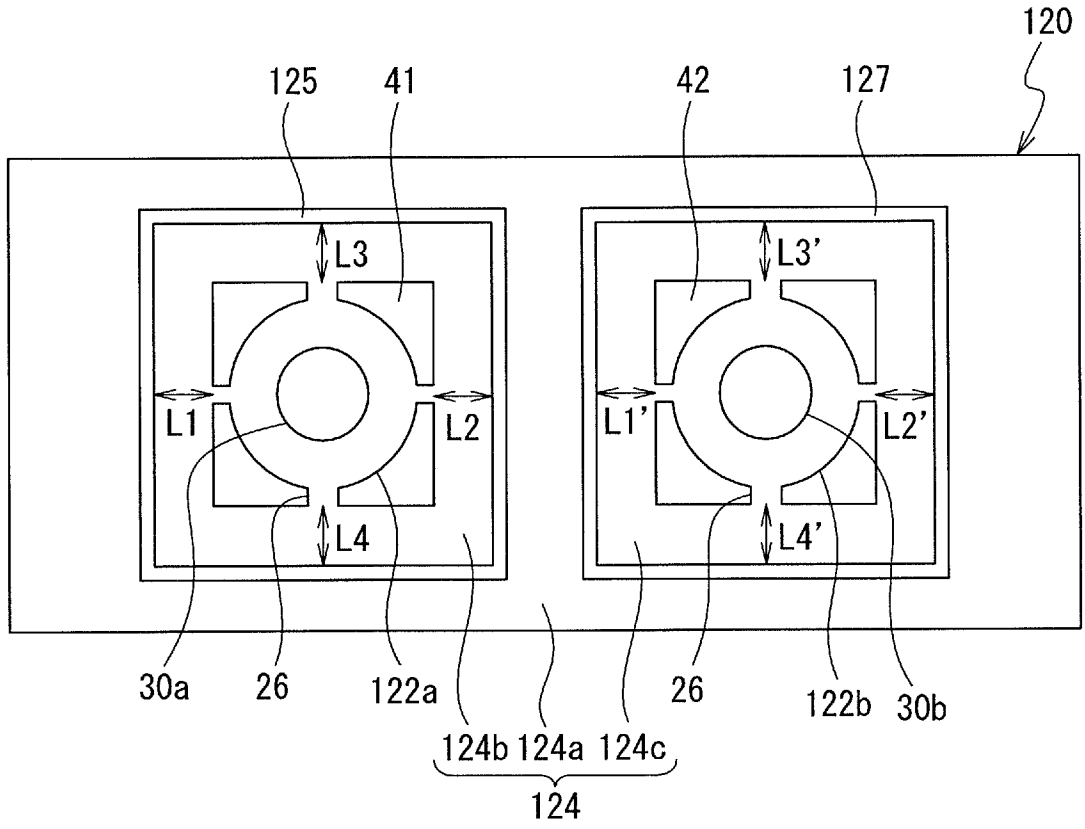
[図19]


66
72
70
94
64
92
40
60

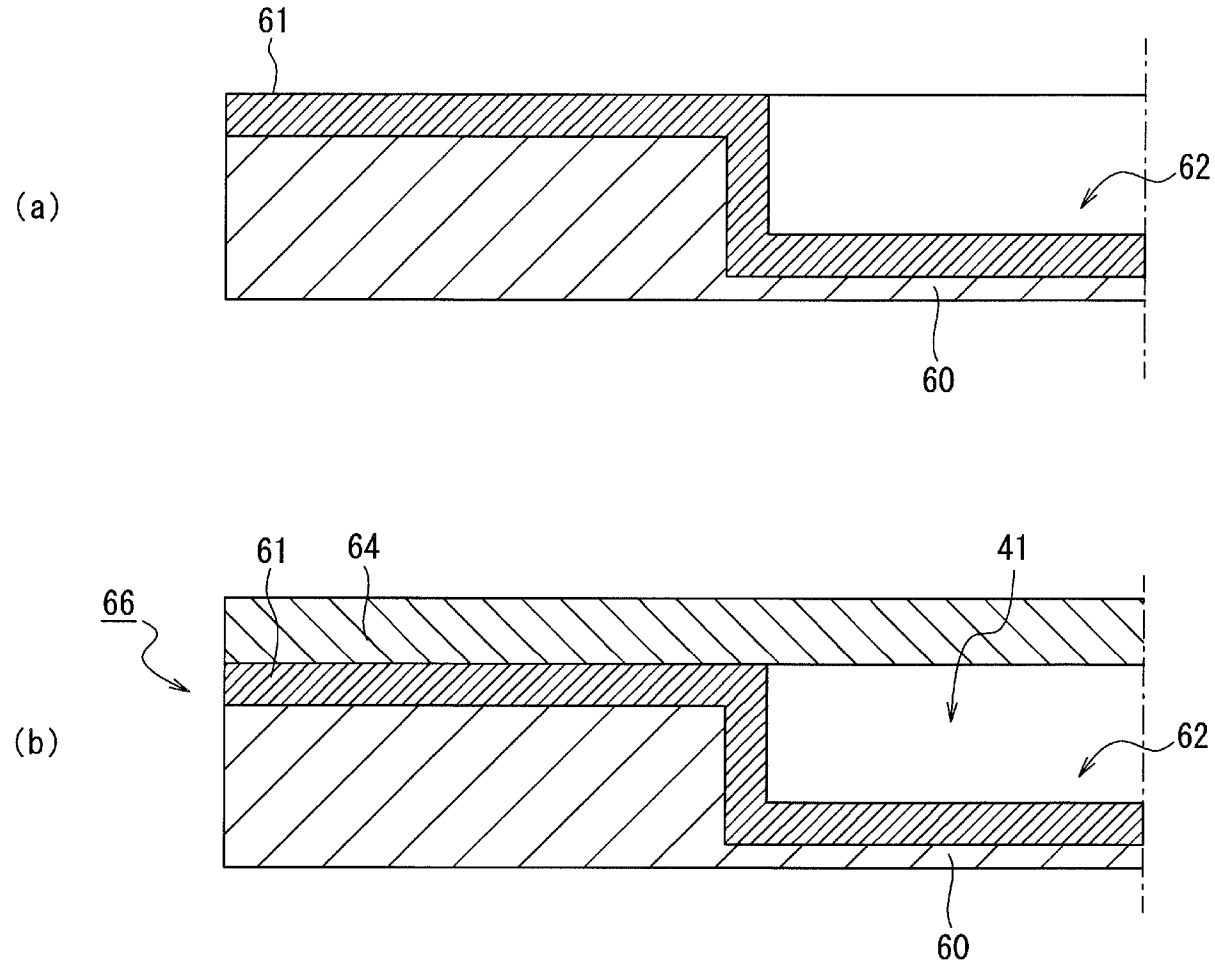
[図20]


101
122a
124a
125
124b
30a
41
124a
125
124a
127
124c
30b
42
122b
127
120
124a
111
10
2
4
111a
111b
111a
111c
111a

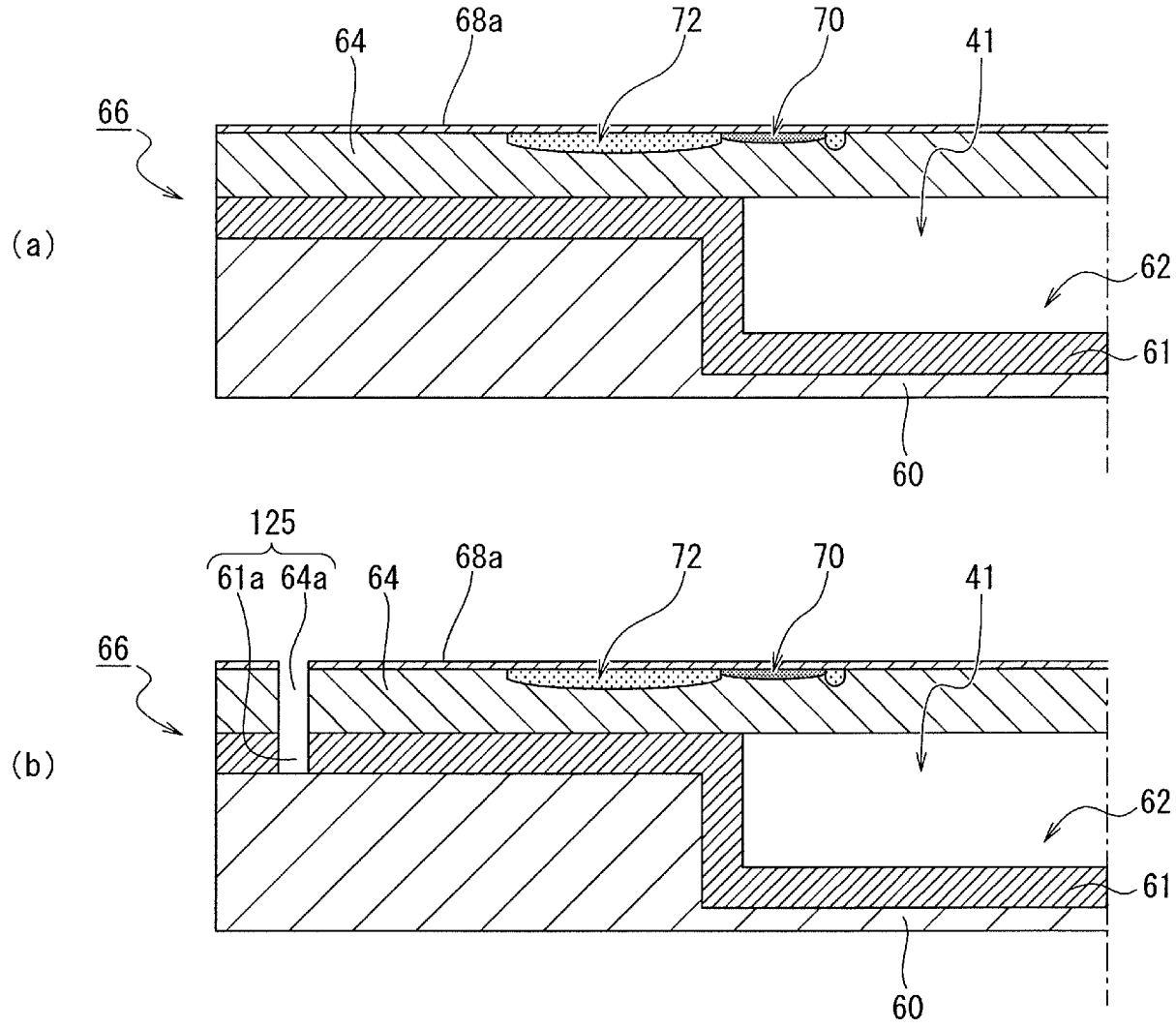
[図21]


120
125
41
42
127
L3
L3'
L1
L2
L1'
L2'
L4
L4'
30a
26
122a
124b
124a
124c
26
122b
30b
124

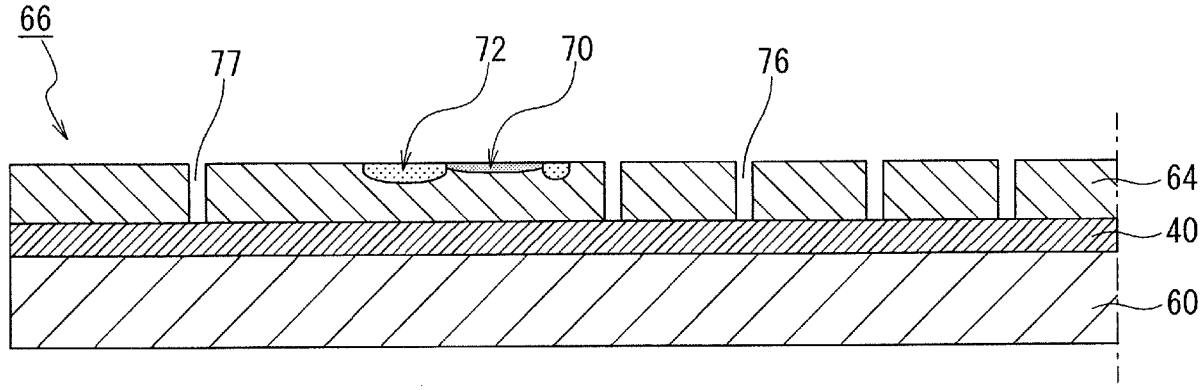
[図22]



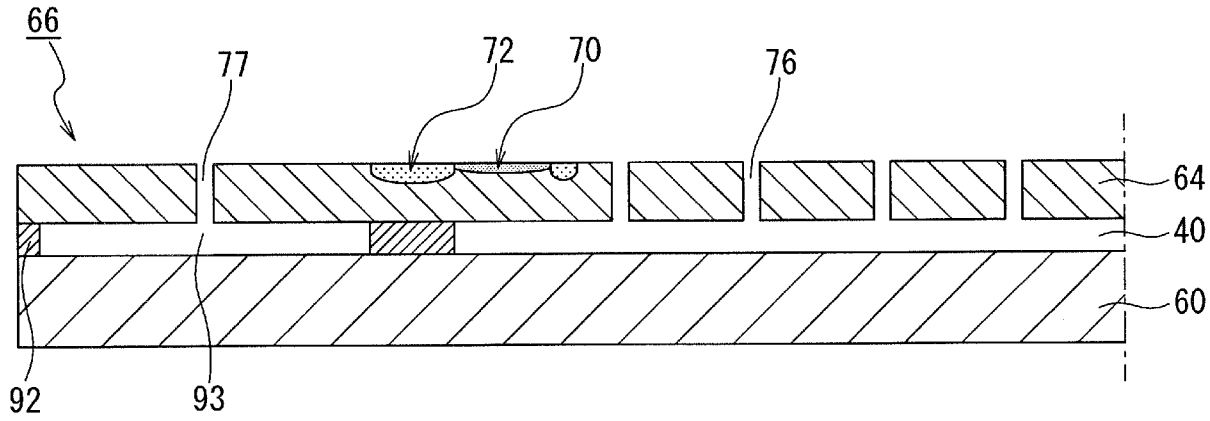
[図23]


(a)
66
64
68a
72
70
41
62
61
60
(b)
125
61a
64a
64
68a
72
70
41
66
62
61
60

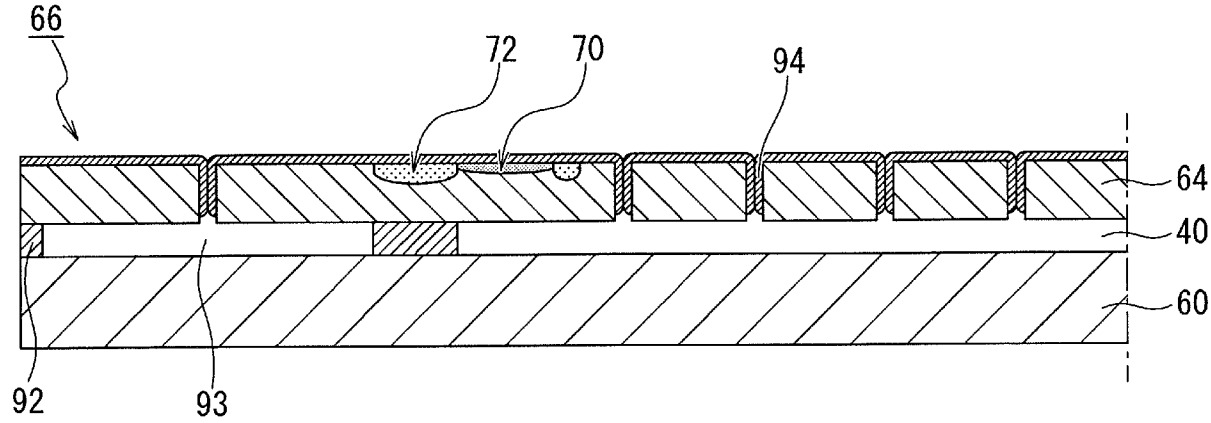
[図24]


66
77
72
70
76
64
40
60

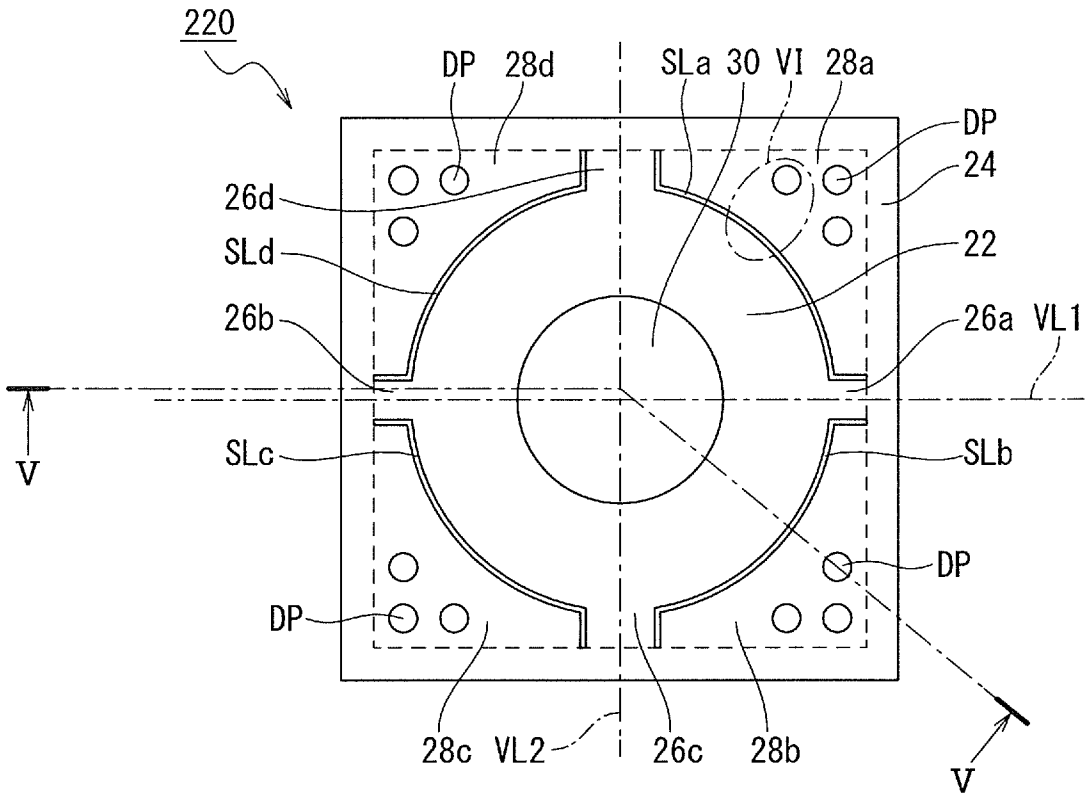
[図25]



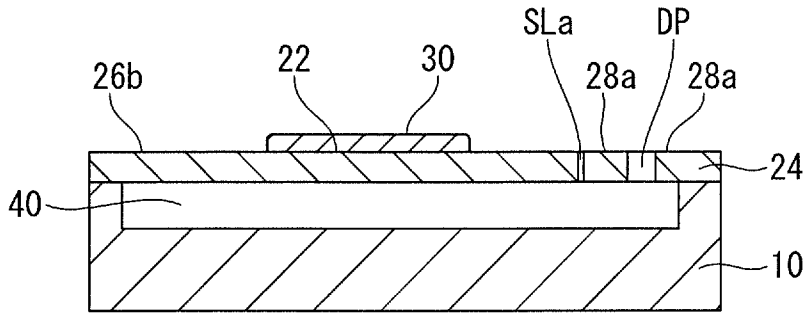
[図26]



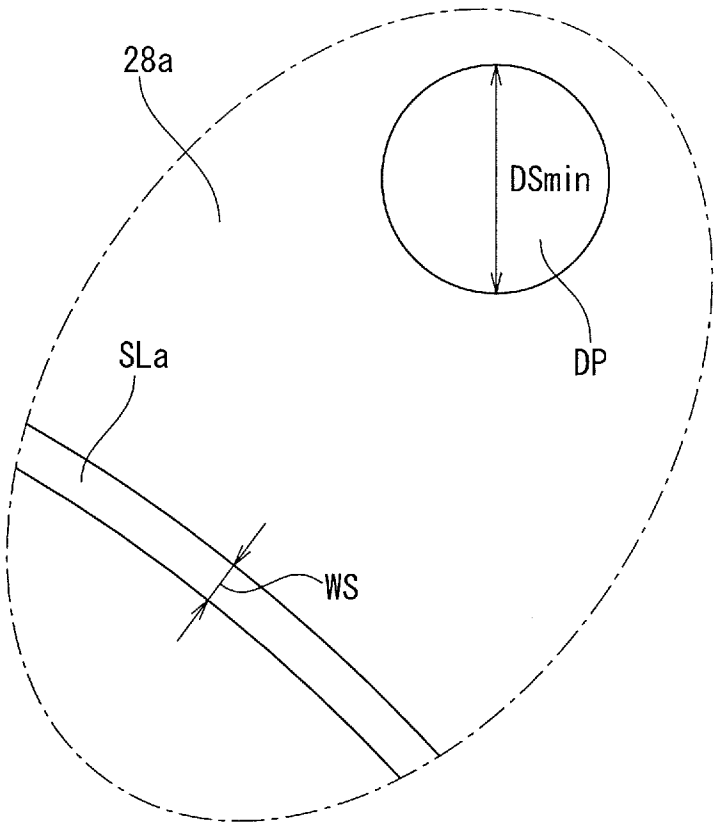
[図27]


220
DP
28d
SLa
30
VI
28a
DP
24
26d
SLd
22
26b
26a
VL1
V
SLc
SLb
DP
DP
28c
VL2
26c
28b
V

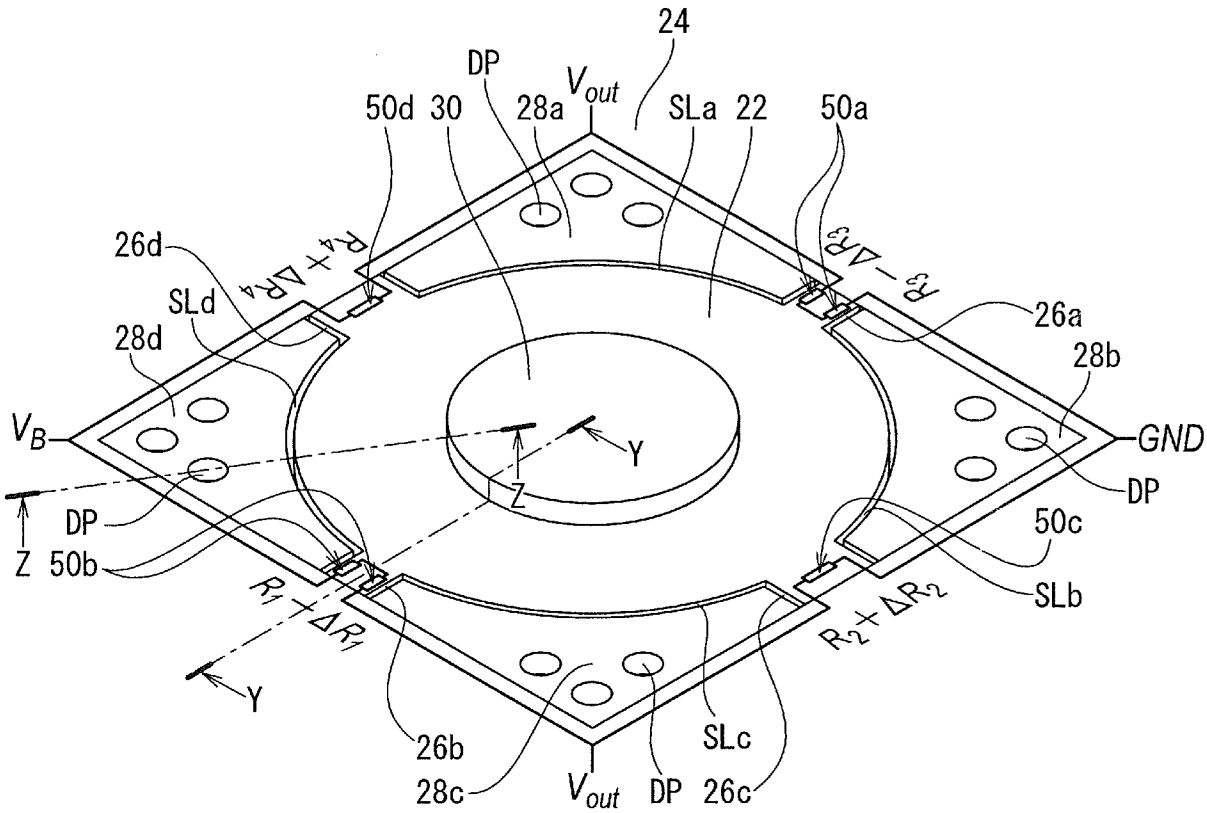
[図28]


SLa
DP
26b
22
30
28a
28a
24
40
10

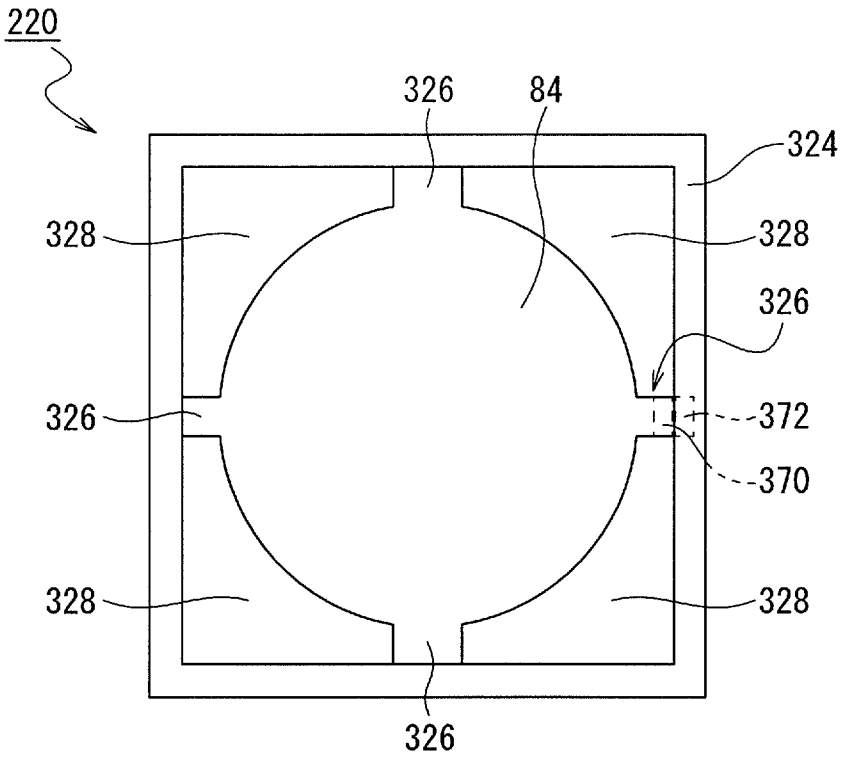
[図29]


28a
DSmin
DP
SLa
WS

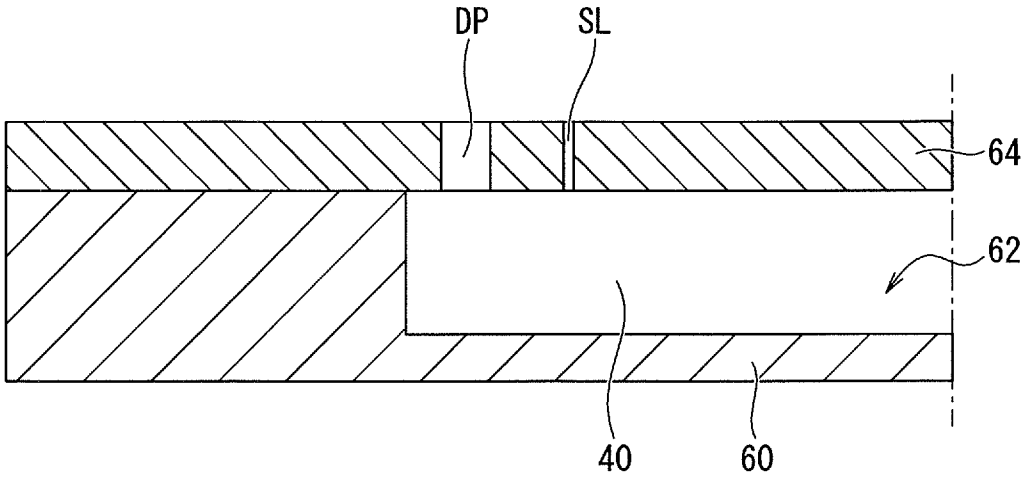
[図30]


24
DP
V_{out}
50d
30
28a
SLa
22
50a
26d
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
SLd
26a
28d
28b
V_B
GND
Y
Z
DP
DP
Z
50b
50c
SLb
$R_1+\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
Y
26b
SLc
28c
V_{out}
DP
26c

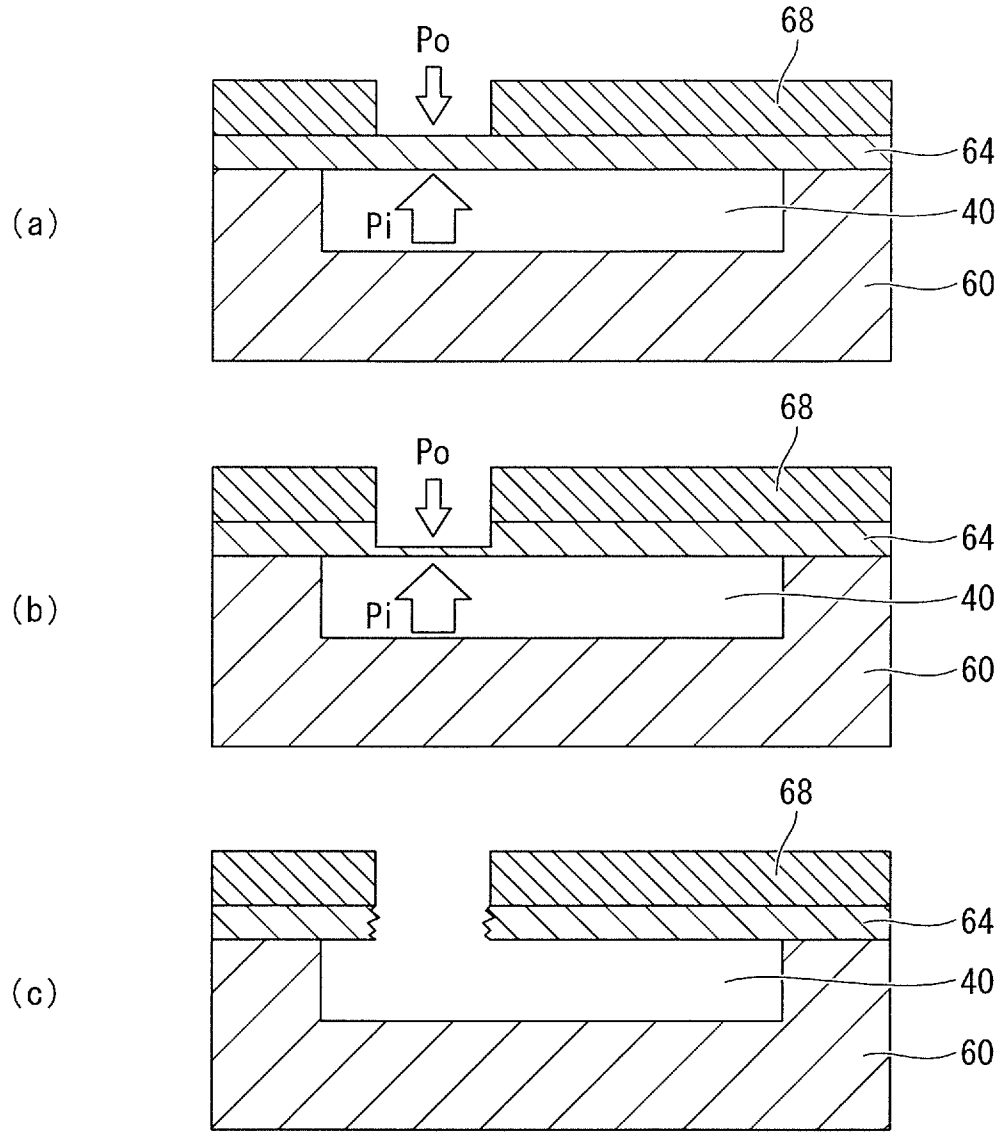
[図31]


220
326
84
324
328
328
326
326
372
370
328
328
326

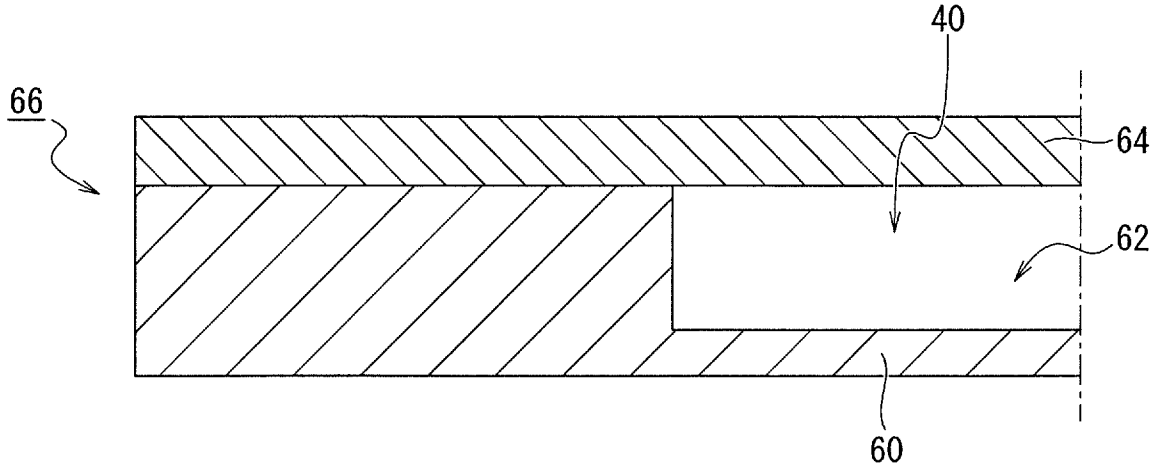
[図32]


DP
SL
64
62
40
60

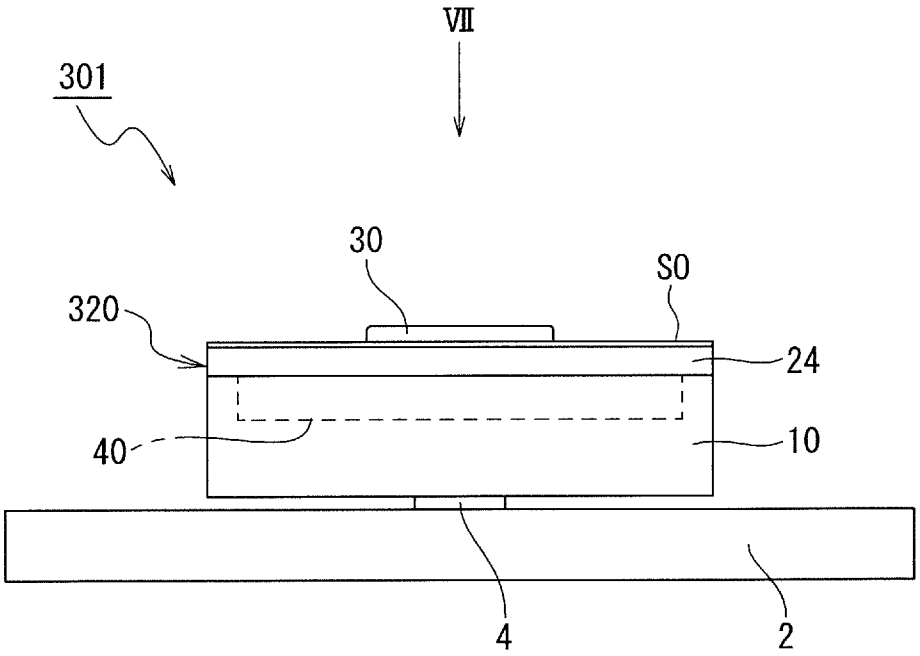
[図33]



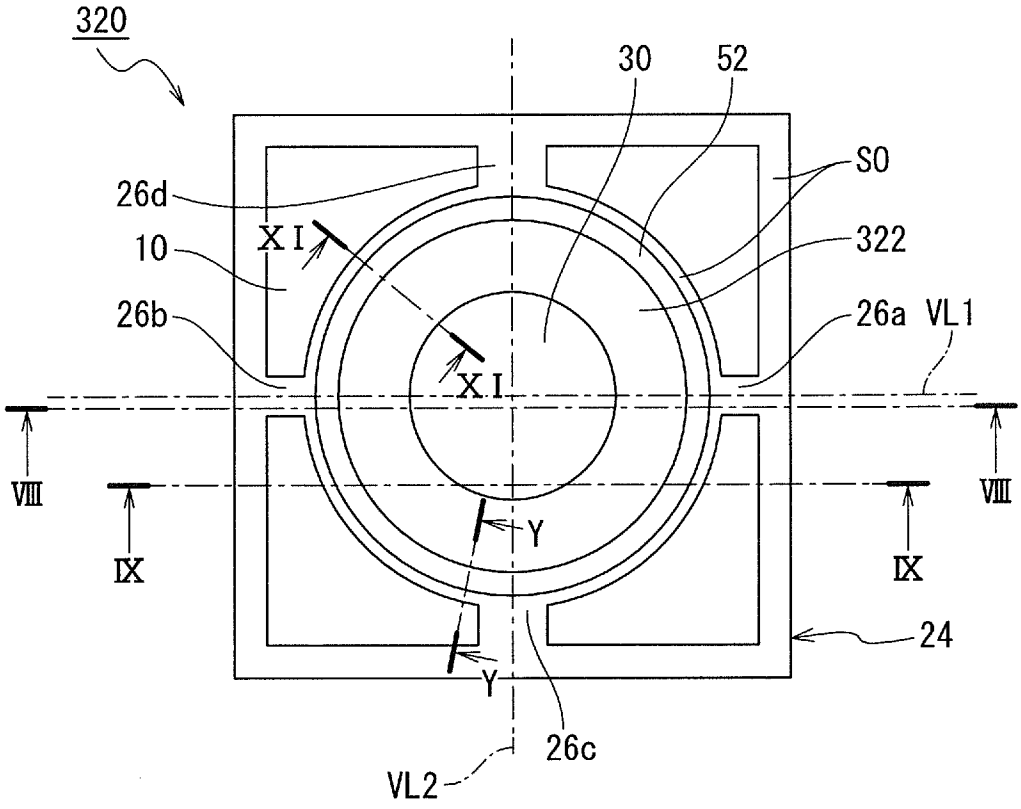
[図34]



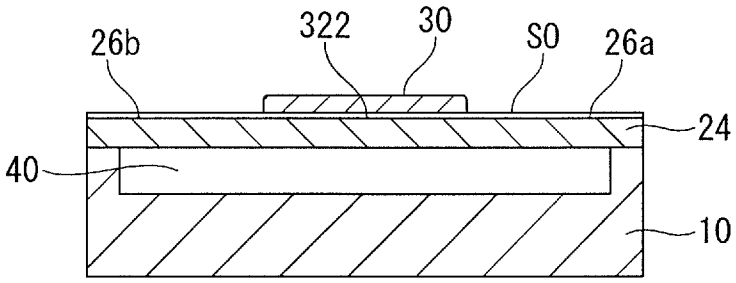
[図35]


VII
301
30
S0
320
24
40
10
4
2

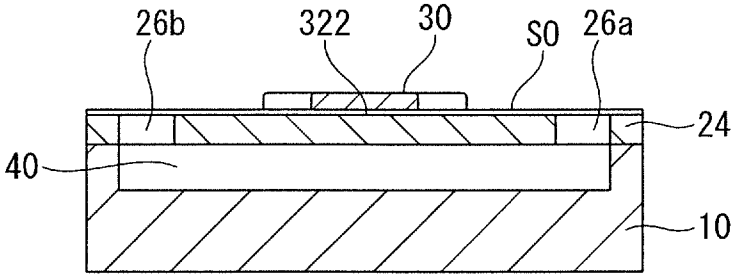
[図36]


320
30
52
S0
26d
XI
10
322
26b
26a
VL1
XI
VIII
VIII
IX
IX
Y
24
Y
26c
VL2

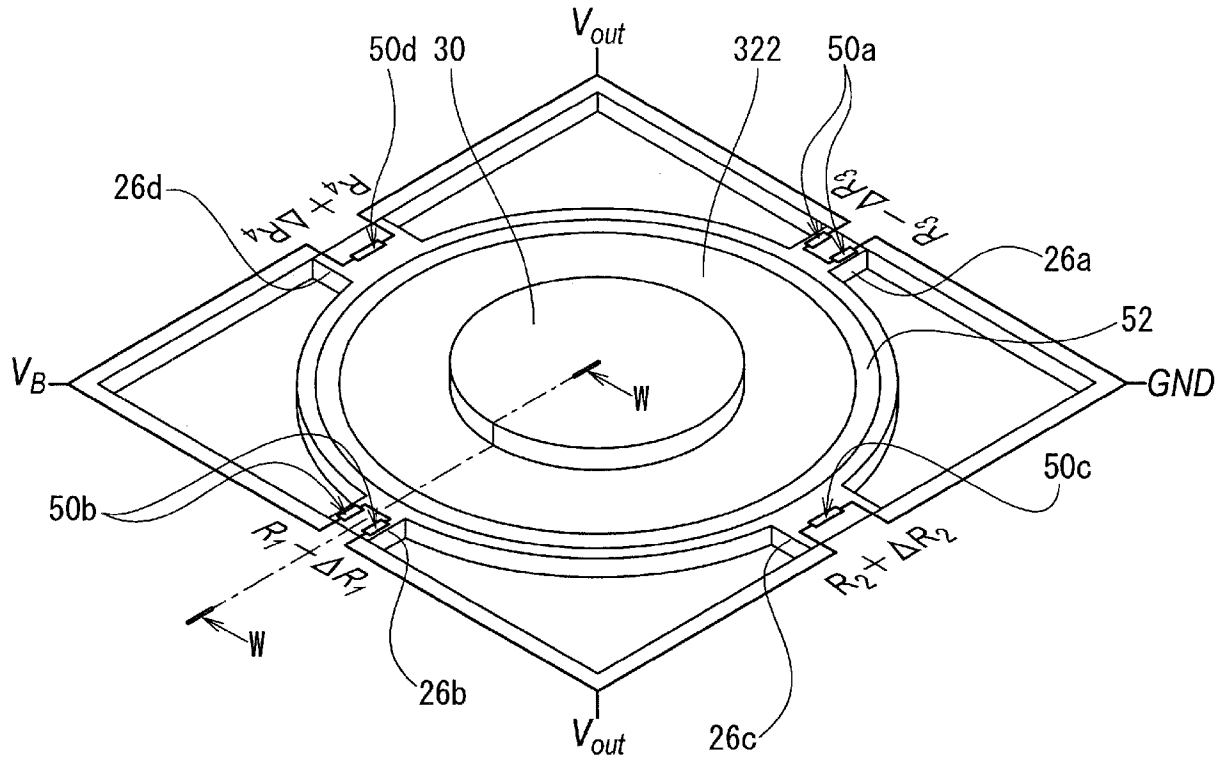
[図37]


26b
322
30
S0
26a
24
40
10

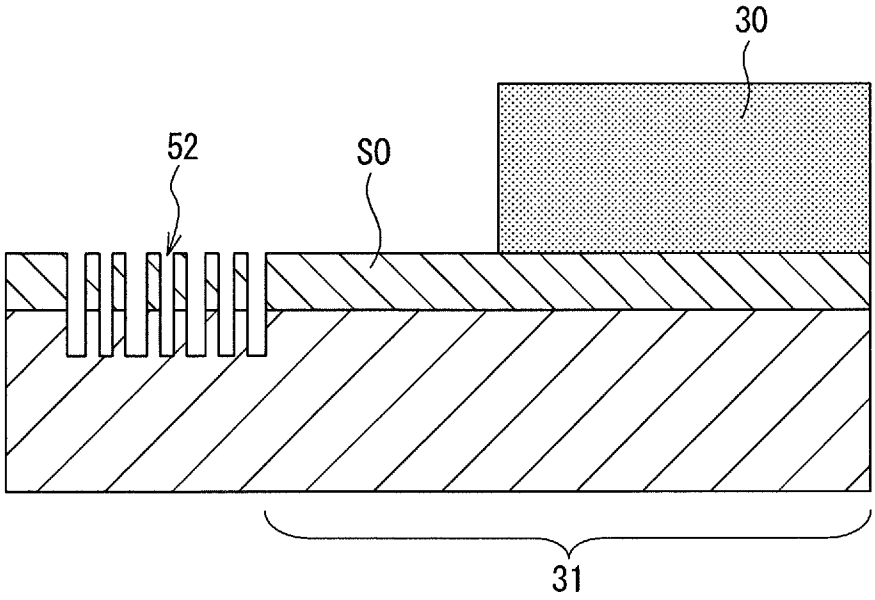
[図38]


26b
322
30
S0
26a
24
40
10

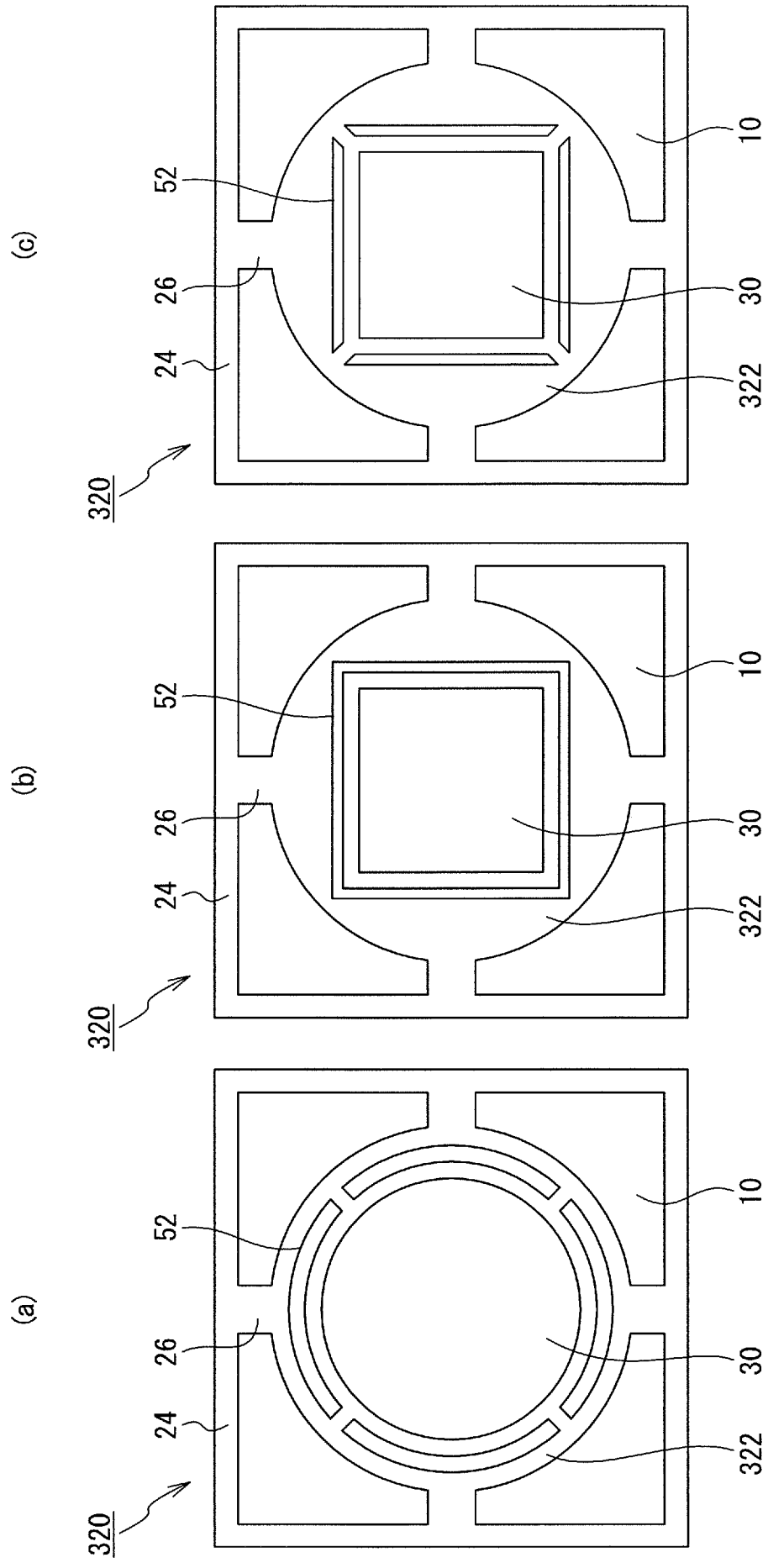
[図39]


V_{out}
50d
30
322
50a
26d
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
26a
52
V_B
GND
W
50b
50c
$R_1+\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
W
26b
V_{out}
26c

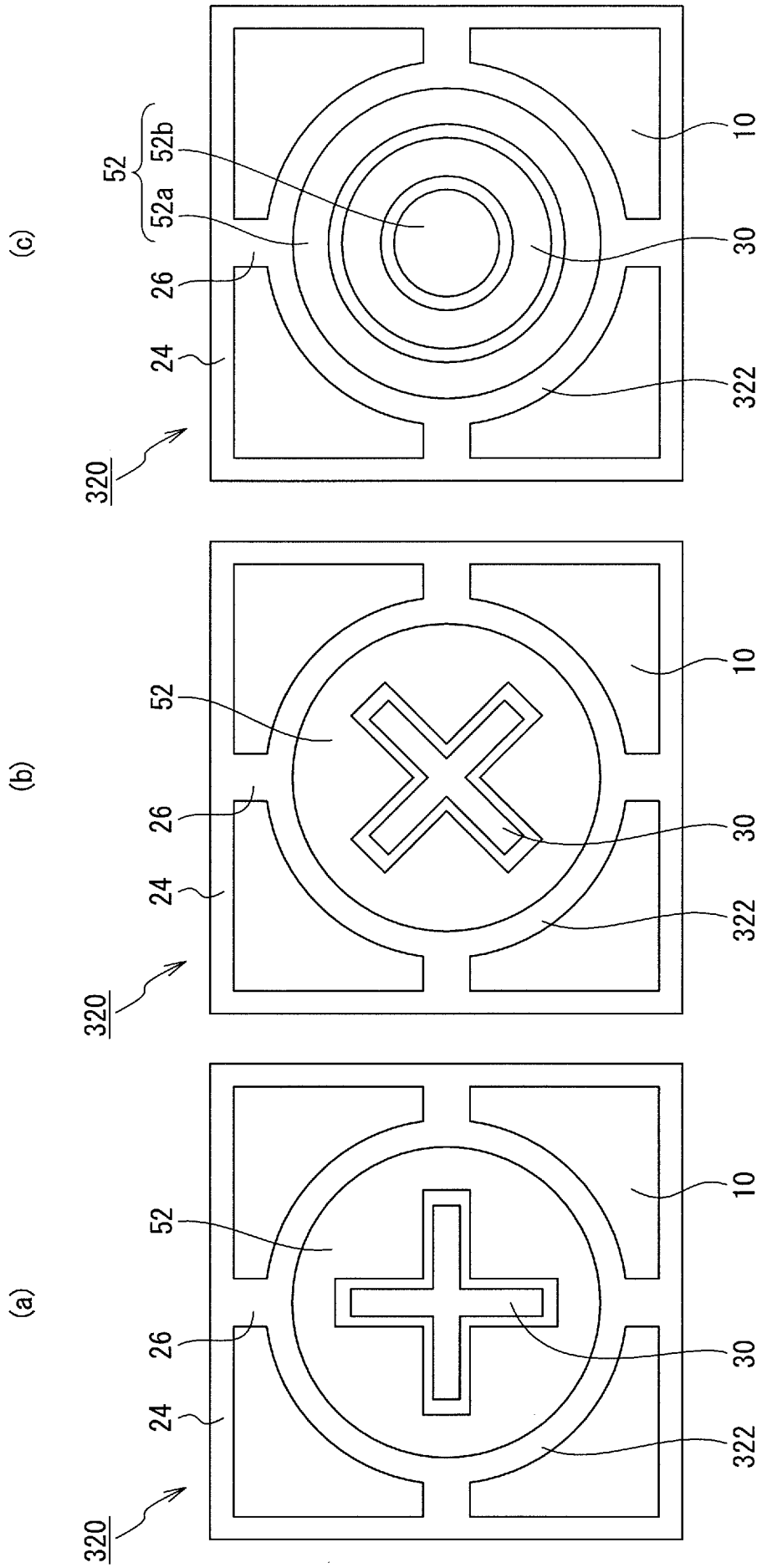
[図40]



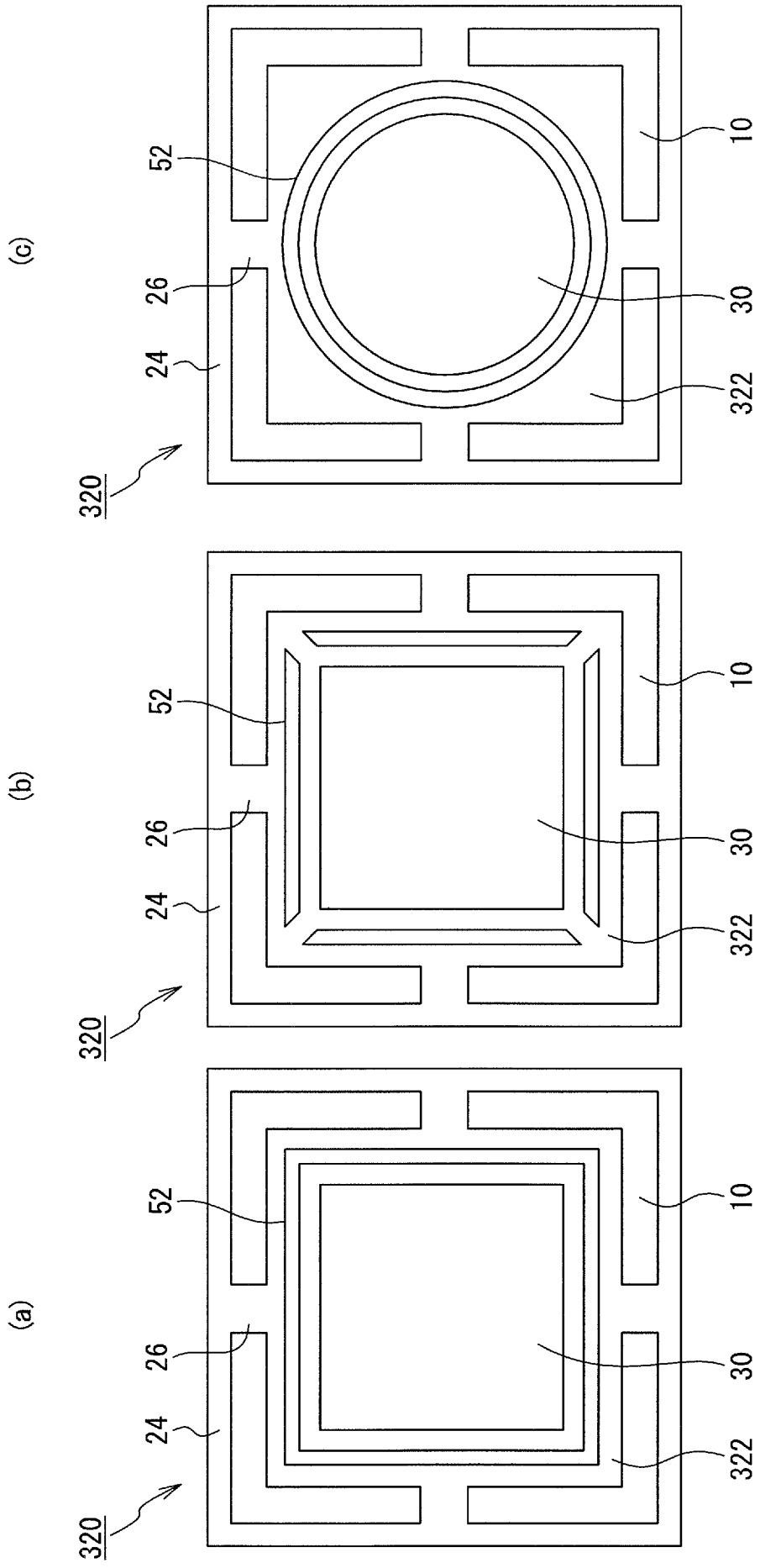
[図41]


(c)
52
26
24
320
10
30
322
(b)
52
26
24
320
10
30
322
(a)
52
26
24
320
10
30
322

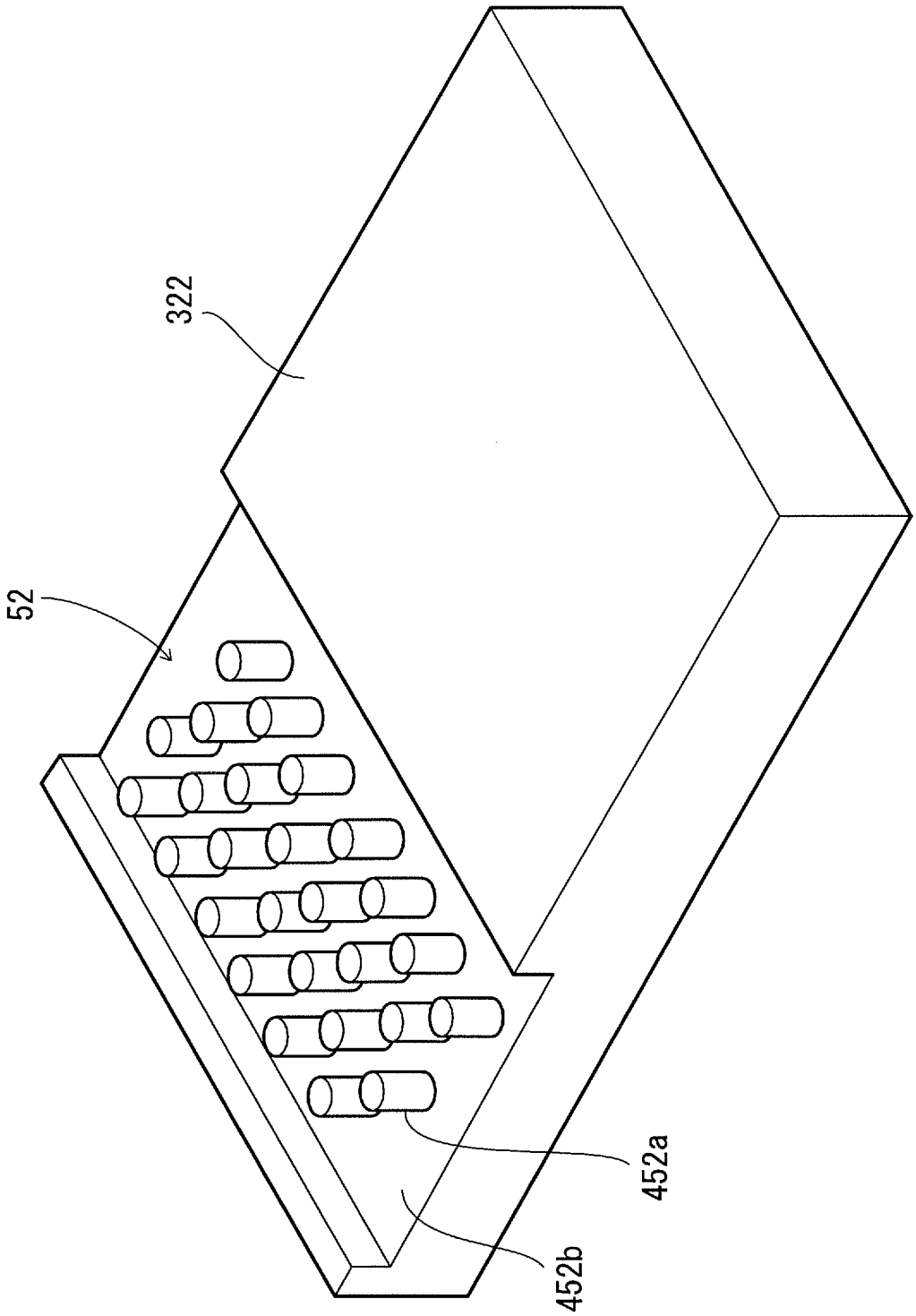
[図42]


(c)
52
52b
52a
26
24
320
10
30
322
(b)
52
26
24
320
10
30
322
(a)
52
26
24
320
10
30
322

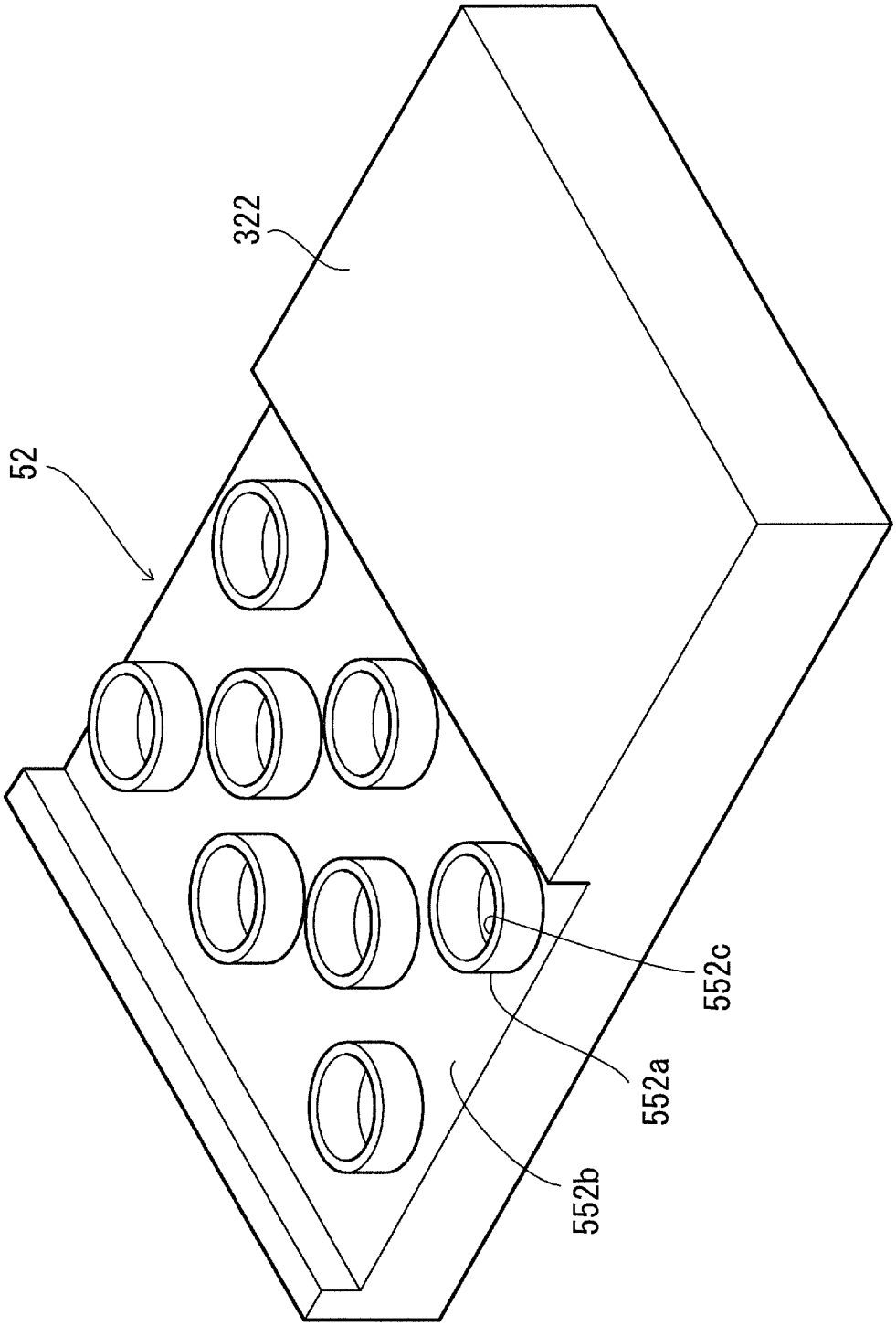
[図43]


(c)
52
10
26
30
24
322
320
(b)
52
10
26
30
24
322
320
(a)
52
10
26
30
24
322
320

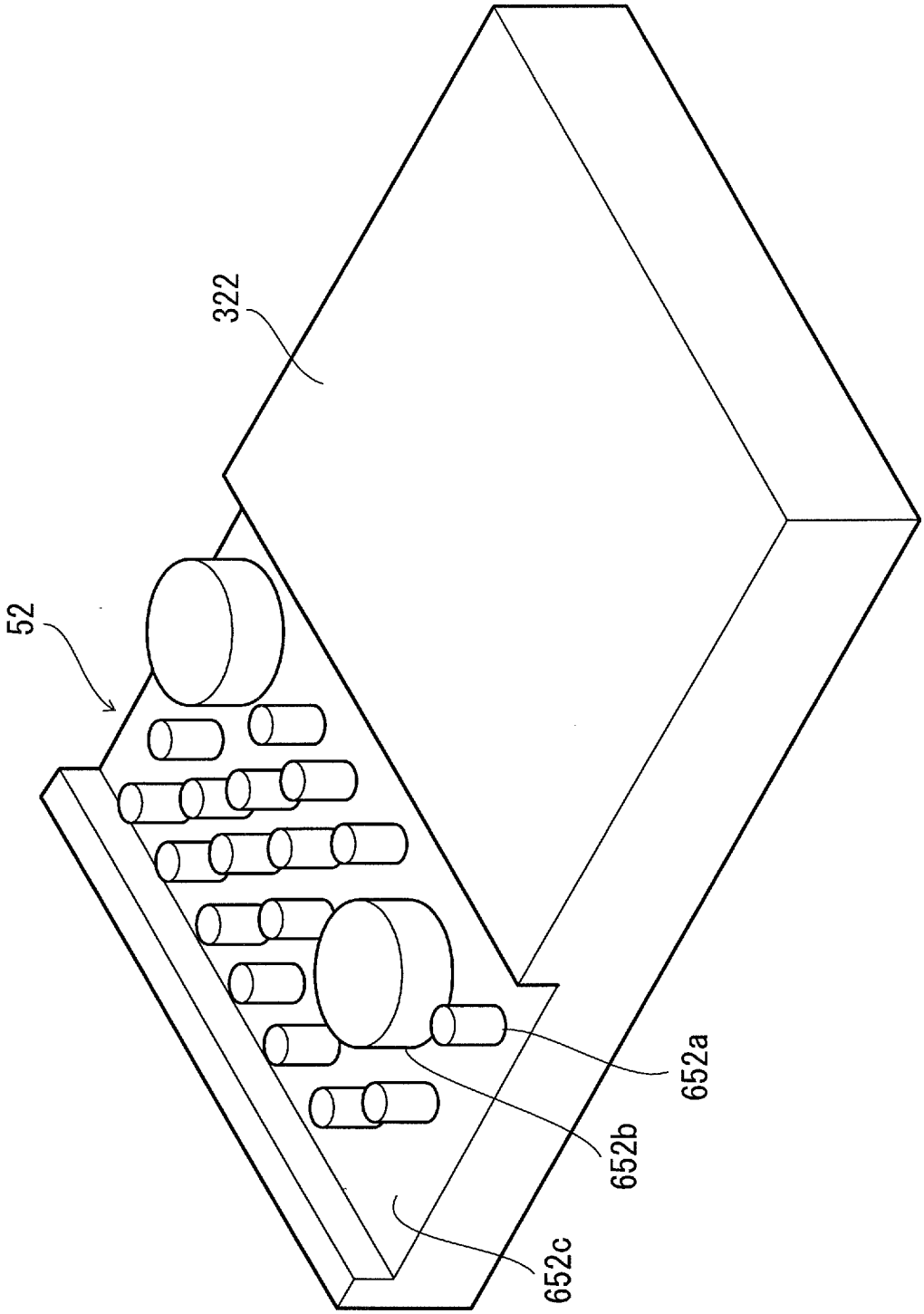
[図44]



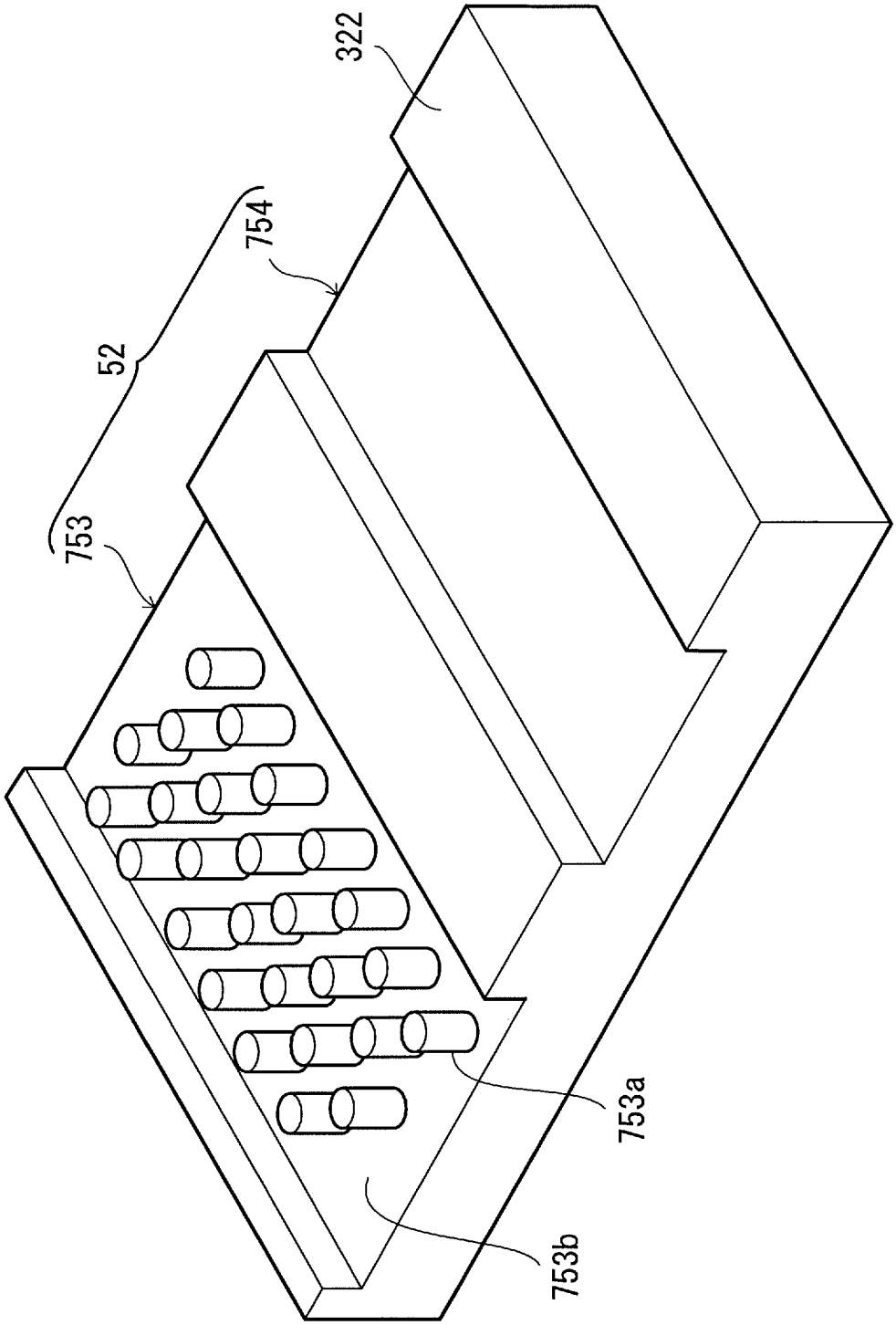
[図45]



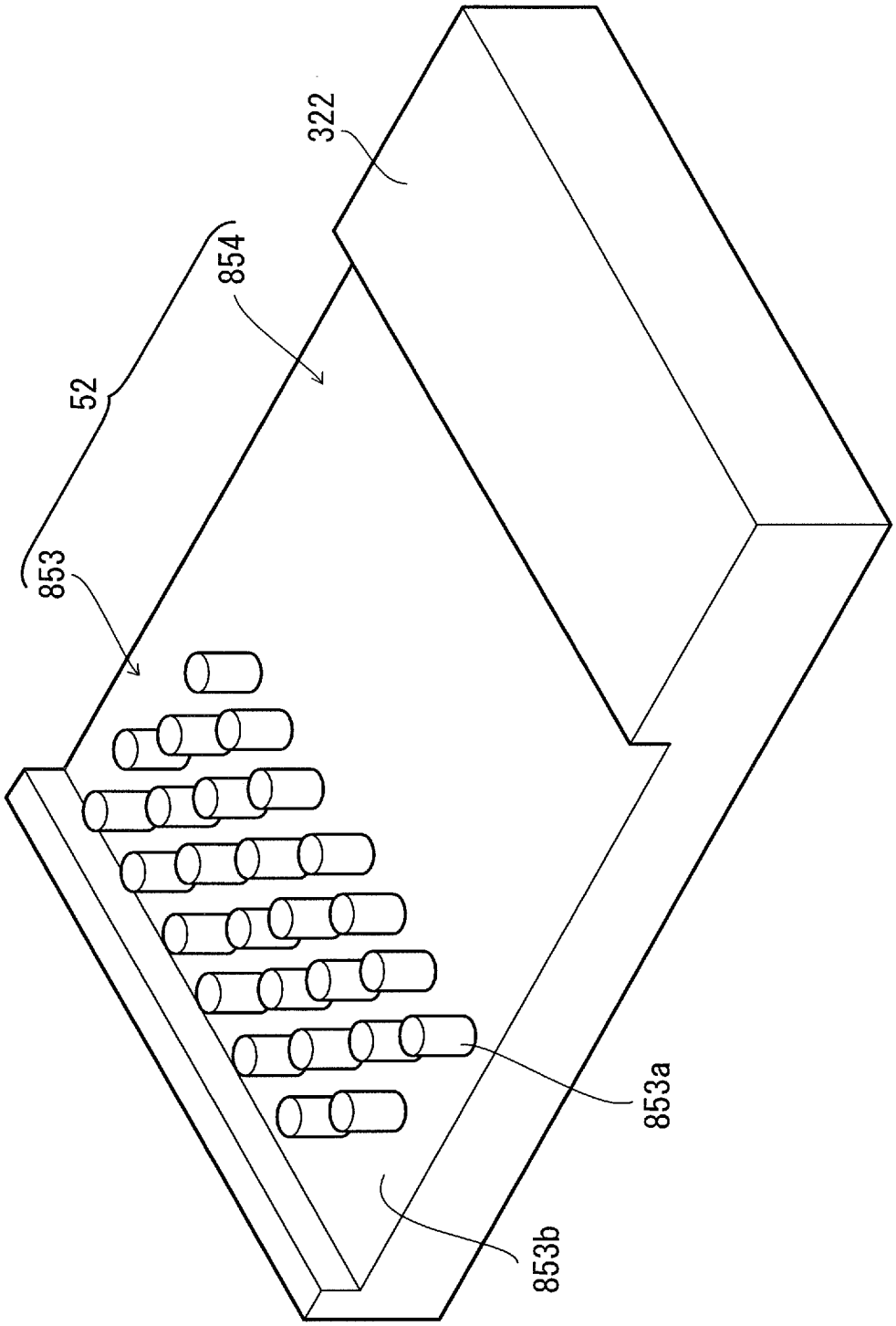
[図46]



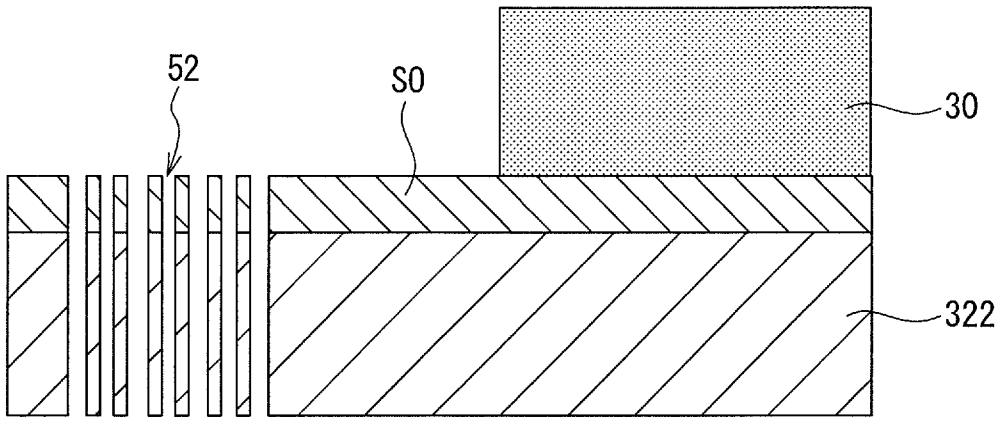
[図47]



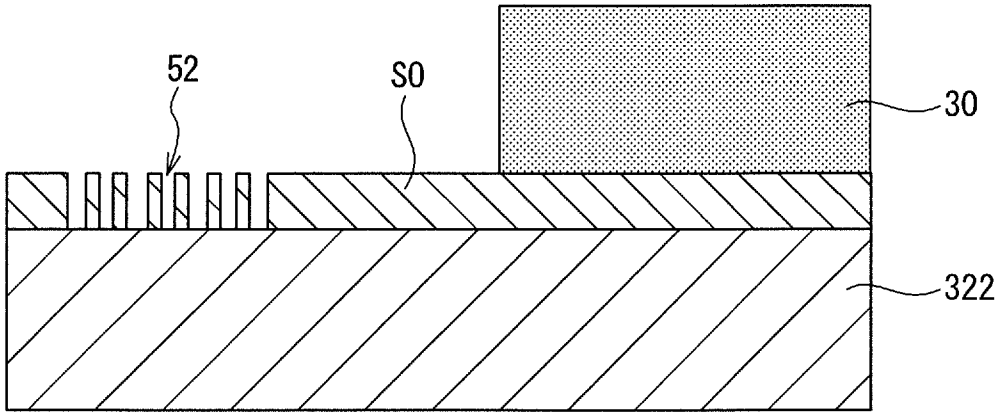
[図48]



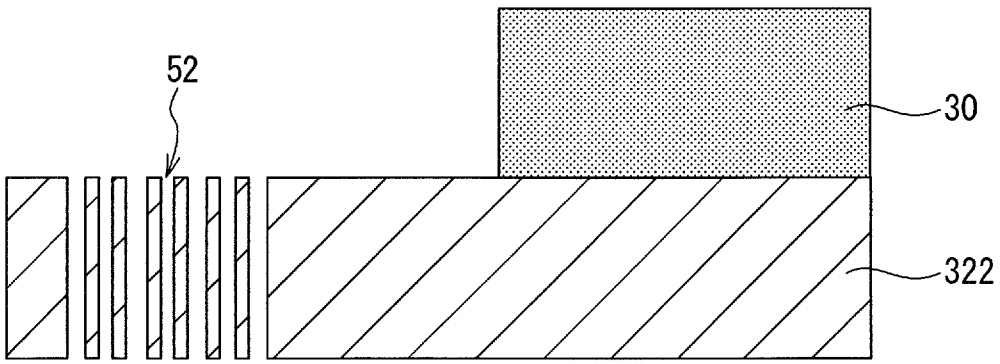
[図49]



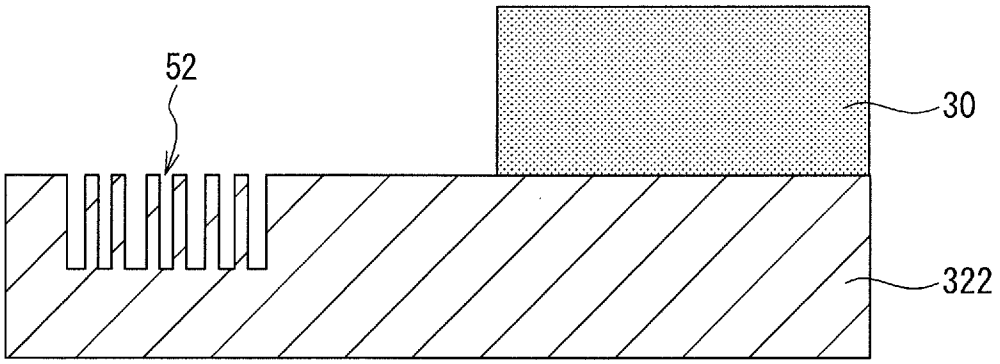
[図50]



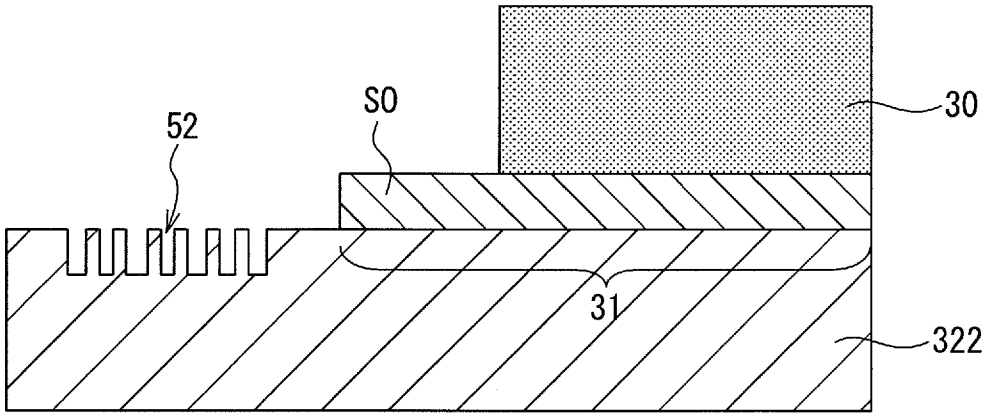
[図51]



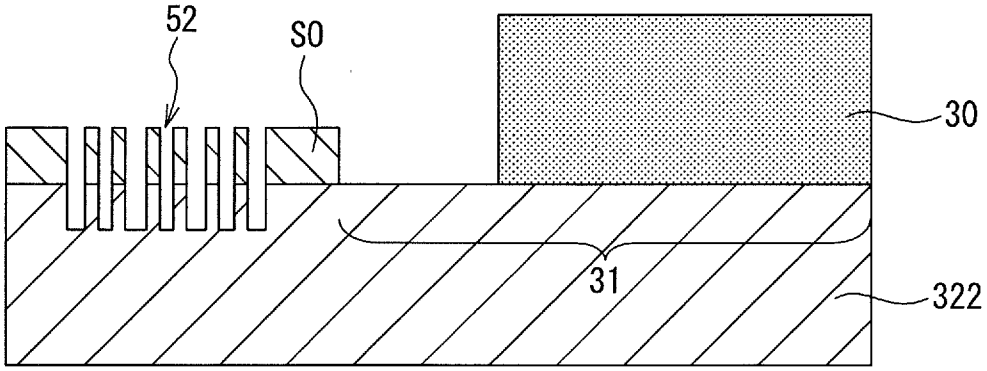
[図52]



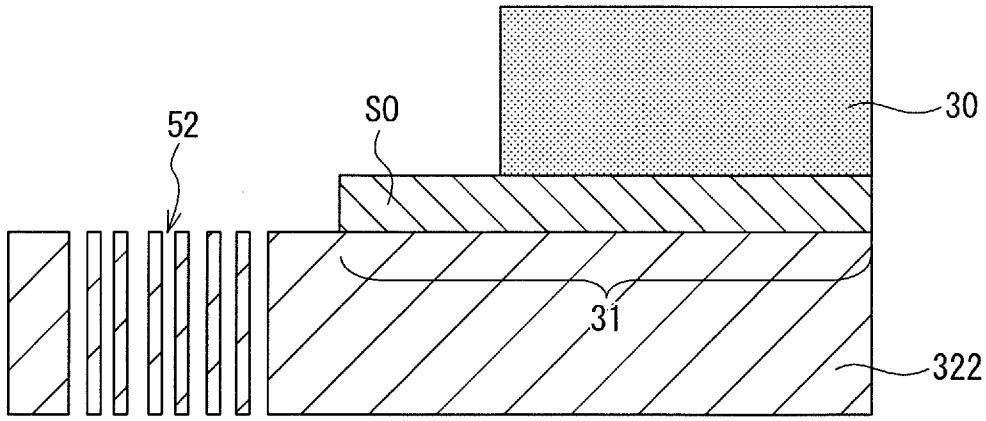
[図53]



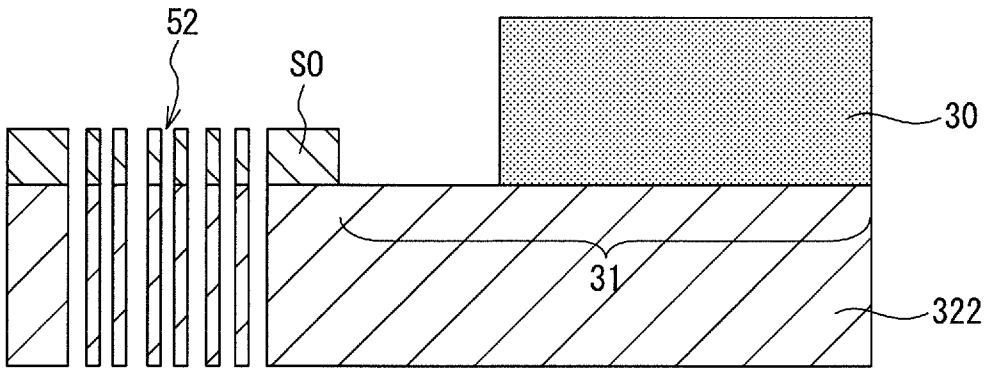
[図54]



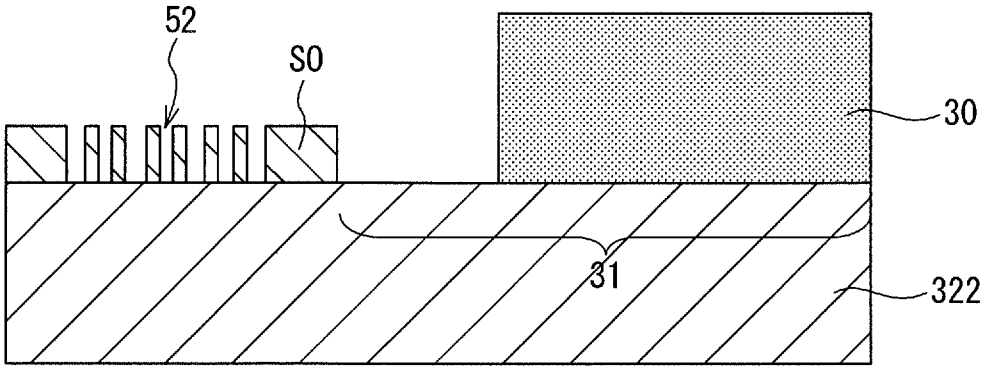
[図55]



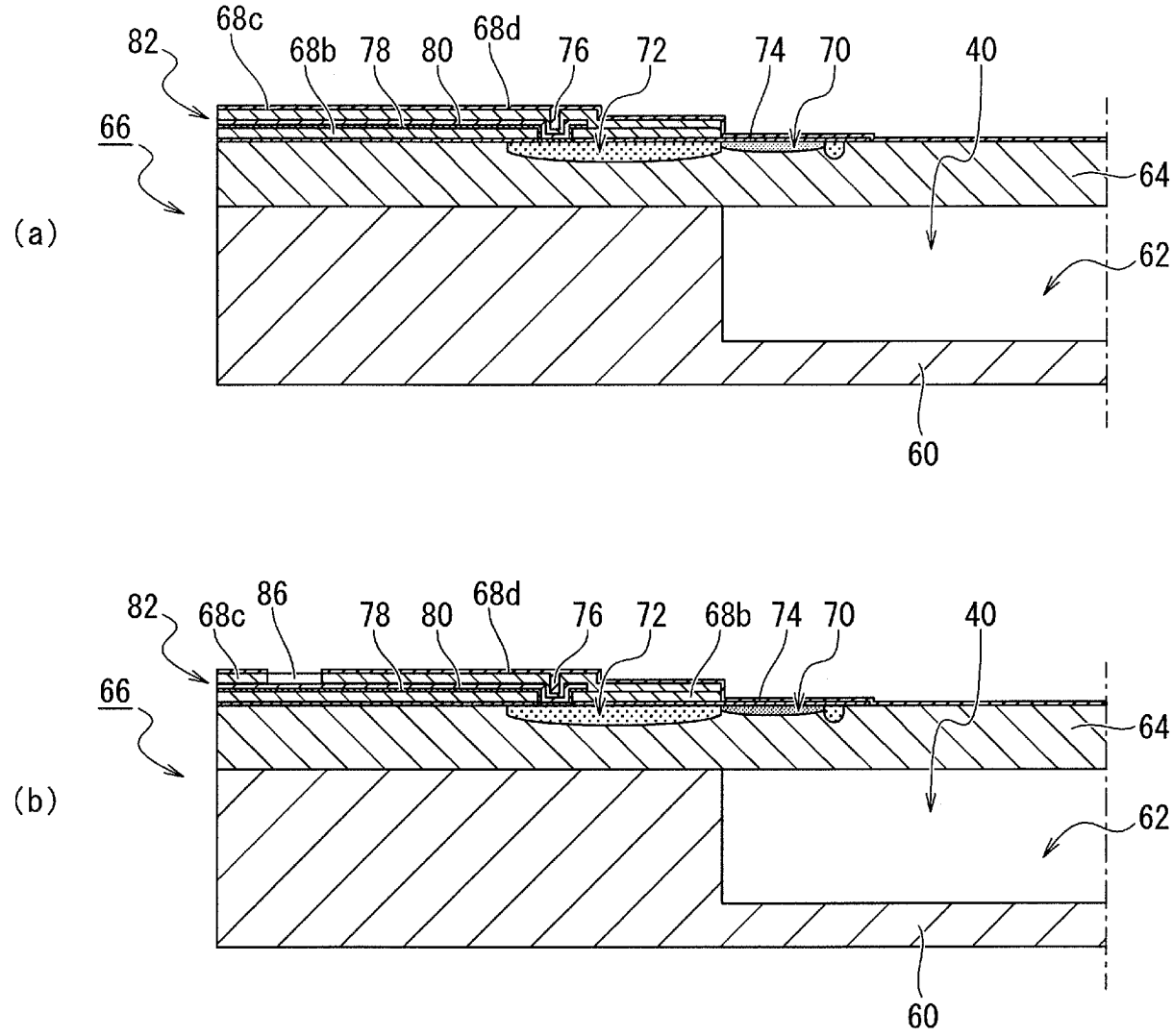
[図56]



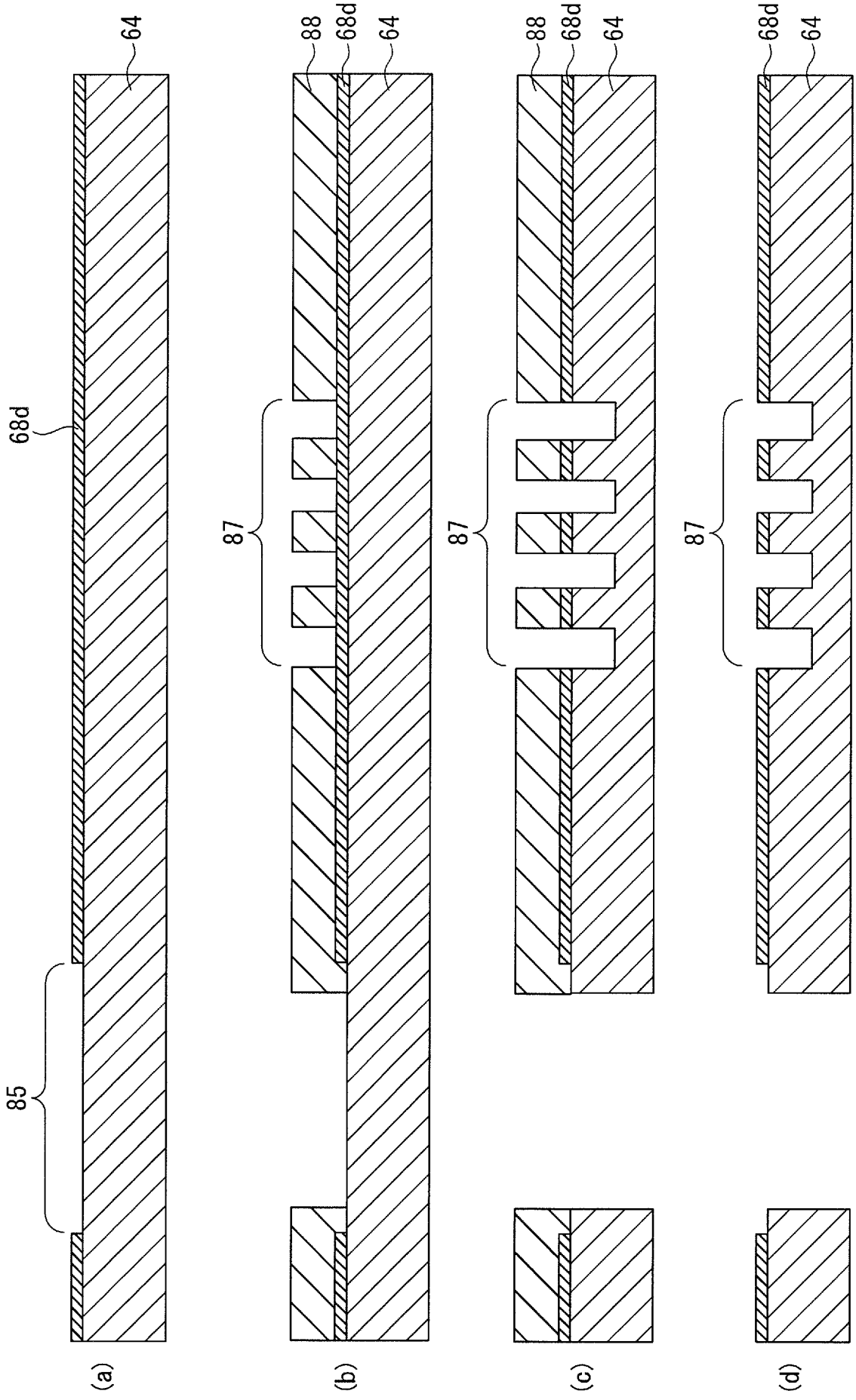
[図57]



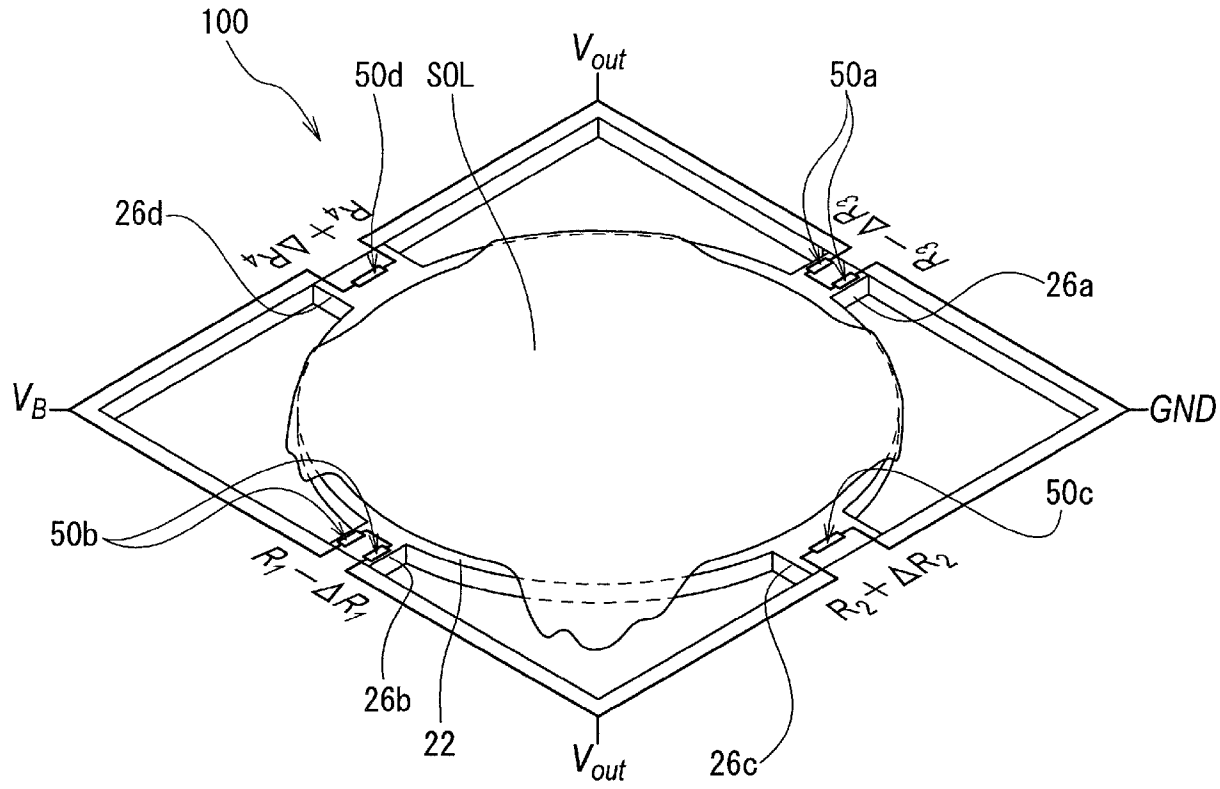
[図58]


(a)
82
68c
68b
78
80
68d
76
72
74
70
40
66
64
62
60
(b)
82
68c
86
78
80
68d
76
72
68b
74
70
40
66
64
62
60

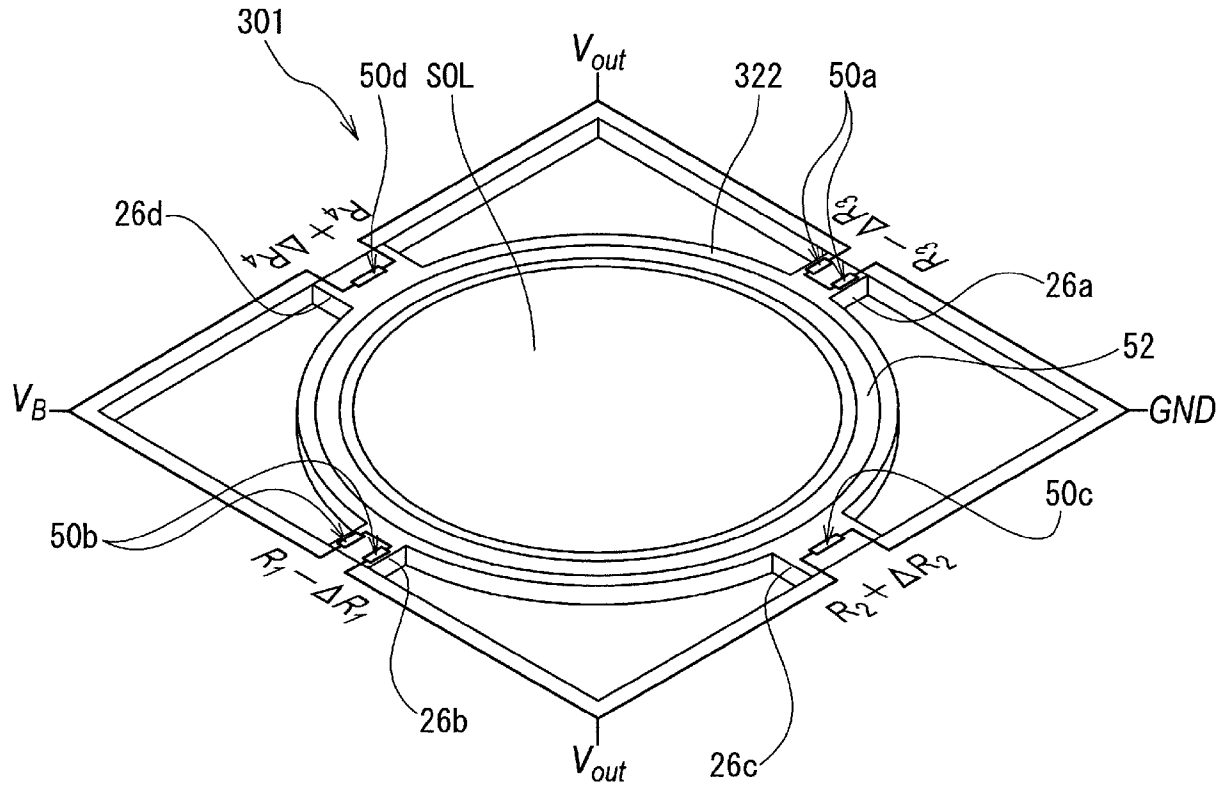
[図59]



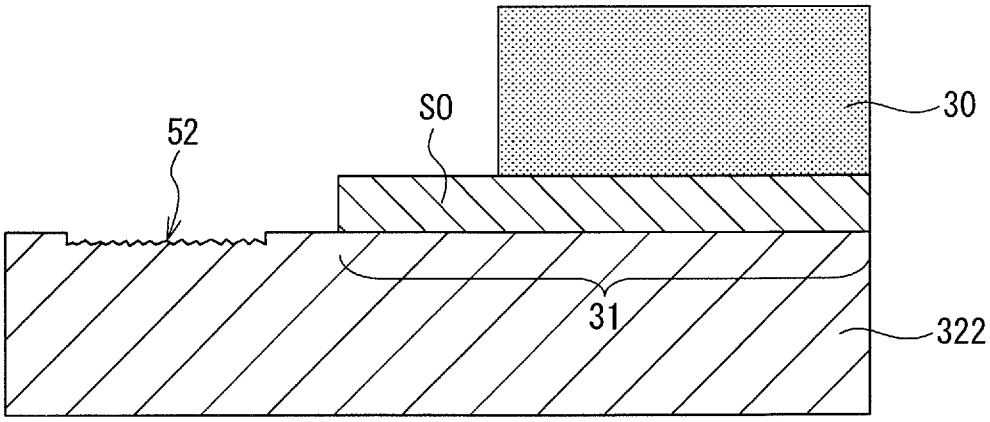
[図60]


100
50d
SOL
V_{out}
50a
26d
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
26a
V_B
GND
50c
50b
$R_1-\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
26b
22
V_{out}
26c

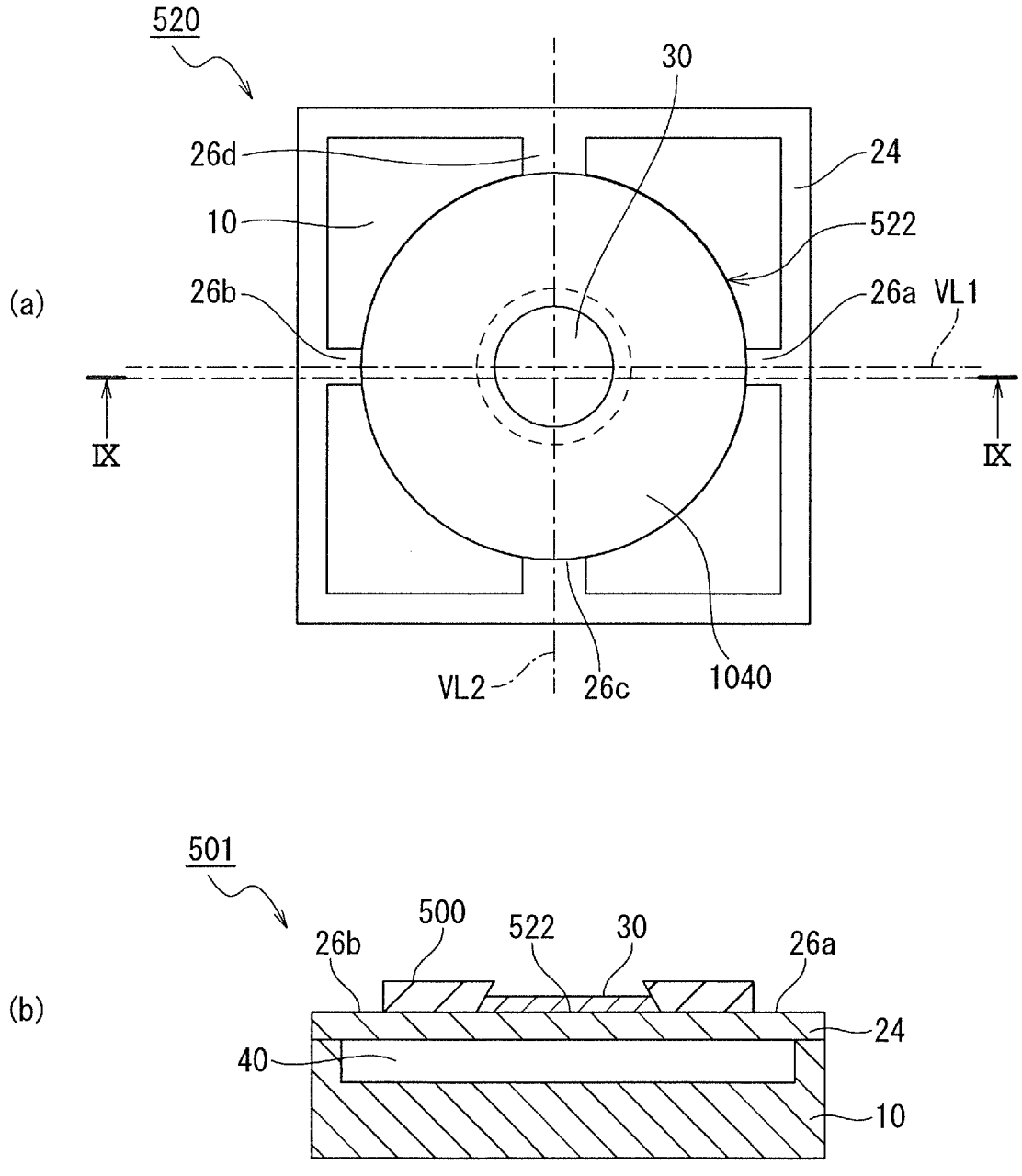
[図61]


301
50d
SOL
V_{out}
322
50a
26d
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
26a
52
V_B
GND
50c
50b
$R_1-\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
26b
V_{out}
26c

[図62]


52
S0
30
31
322

[図63]


520
30
26d
24
10
522
26b
26a
VL1
IX
IX
VL2
26c
1040
501
500
522
30
26b
26a
24
40
10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2018/034938

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G01L1/18(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, G01N5/02(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. G01L1/18, B81B3/00, B81C1/00, G01N5/02, H01L29/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 3489309 B2 (DENSO CORP.) 19 January 2004, fig. 1-11 & US 6270685 B1 (fig. 1-11)	1-14, 24-25 15-23, 26-42
A	JP 5743026 B2 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) 01 July 2015, fig. 4 & EP 2840372 B1 (fig. 4) & US 9506822 B2 (fig. 4) & WO 2013/157581 A1 (fig. 4)	1-42

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 October 2018 (04.10.2018)	16 October 2018 (16.10.2018)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１８／０３４９３８

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01L1/18(2006.01)i, B81B3/00(2006.01)i, B81C1/00(2006.01)i, G01N5/02(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01L1/18, B81B3/00, B81C1/00, G01N5/02, H01L29/84

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１８年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Ｘ	ＪＰ　３４８９３０９　Ｂ２（株式会社デンソー）	1-14, 24-25
Ａ	２００４．０１．１９，図１－図１１	15-23, 26-42
	＆ＵＳ　６２７０６８５　Ｂ１（図１－図１１）	
Ａ	ＪＰ　５７４３０２６　Ｂ２	１－４２
	（国立研究開発法人物質・材料研究機構）	
	２０１５．０７．０１，図４	
	＆ＥＰ　２８４０３７２　Ｂ１（図４）	
	＆ＵＳ　９５０６８２２　Ｂ２（図４）	
	＆ＷＯ　２０１３／１５７５８１　Ａ１（図４）	

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０４．１０．２０１８	１６．１０．２０１８

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｆ　８５０５
森　雅之
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６