(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
2021年7月15日(15.07.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/141007 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 1/00 (2006.01) *H01L 29/84* (2006.01)
G01N 19/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/000037

(22) 国際出願日： 2021年1月4日(04.01.2021)

(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 2020-002329 2020年1月9日(09.01.2020) 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).

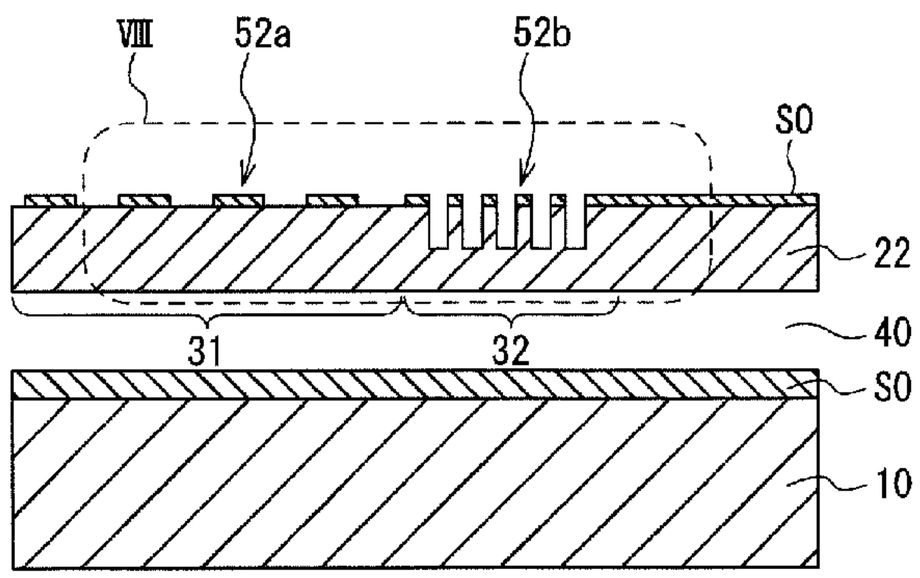
(72) 発明者: 村 上 貴 宣 (**MURAKAMI Takanori**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 旭化成株式会社内 Tokyo (JP). 辻本 浩行 (**TSUJIMOTO Hiroyuki**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 旭化成株式会社内 Tokyo (JP). 奥野 健二郎(**OKUNO Kenjiro**); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番２号 旭化成株式会社内 Tokyo (JP).

(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,

(54) **Title:** SURFACE STRESS SENSOR AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称： 表面応力センサ及びその製造方法



(57) **Abstract:** In a surface stress sensor (1), a membrane (22) has, on the surface thereof: a receptor forming region (31) including the center of the surface; and an external region (32) which is closer to a holding member (24) than the receptor forming region (31). A forming region-side relief pattern (52a) having a plurality of projections or a plurality of recesses formed in a continuous pattern is formed in the receptor forming region (31). The forming region-side relief pattern (52a) has roughness enabling a solution to exist in gaps among the plurality of projections or the plurality recesses of that form the forming region-side relief pattern (52a).

(57) 要約：メンブレン（２２）の表面が、表面の中心を含む領域である受容体形成領域（３１）と、受容体形成領域（３１）よりも保持部材（２４）に近い領域である外部領域（３２）を有し、受容体形成領域（３１）に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている形成領域側凹凸パターン（５２ａ）を備え、形成領域側凹凸パターン（５２ａ）は、形成領域側凹凸パターン（５２ａ）を形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に溶液が存在することが可能な粗度を有するパターンである表面応力センサ（１）。

［続葉有］

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, IT, JO, JP, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明　細　書

発明の名称 ： 表面応力センサ及びその製造方法

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）と、表面応力センサ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部材を有する表面応力センサの技術がある。

特許文献１に開示されている技術では、例えば、ポリエチレンイミン（ＰＥＩ）溶液を、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（表面）に塗布、乾燥することで溶質の層を形成し、検体を吸着する受容体（レセプター）を形成する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第２０１１／１４８７７４号

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に記載されているように、平坦部材の表面における、受容体が形成される受容体形成領域と、受容体形成領域よりも外側の領域（外部領域）が、共に、溶液との親和性が等しい。このため、受容体形成領域に塗布した溶液の一部が、受容体形成領域から外部領域へ逸脱することとなり、受容体の形状を、所望の形状（例えば、正円柱）に制御することが困難であるという問題が発生する可能性がある。

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、受容体を所望の形状に制御する制御性を向上させ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。

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、保持部材と、少なくとも一対の連結部と、可撓性抵抗と、受容体と、形成領域側凹凸パターンを備える。メンブレンは、印加された表面応力によって撓む。保持部材は、メンブレンよりも外側に配置されている。連結部は、メンブレンと保持部材とを連結する。可撓性抵抗は、連結部に起きた撓みに応じて抵抗値が変化する。形成領域側凹凸パターンは、メンブレンの表面に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている。また、メンブレンの表面は、表面の中心を含む領域である第一表面領域と、第一表面領域よりも保持部材に近い領域である第二表面領域を有する。そして、形成領域側凹凸パターンは、メンブレンの表面のうち第一表面領域に形成され、且つ形成領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に溶液が存在することが可能な粗度を有するパターンである。

[0006] 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、形成領域側凹凸パターン形成工程を備える。形成領域側凹凸パターン形成工程は、検出基材の一方の面である表面の中心を含む予め設定した領域である第一表面領域に、複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された形成領域側凹凸パターンを形成する工程である。そして、形成領域側凹凸パターン形成工程では、形成領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に溶液が存在することが可能な粗度を有するように、形成領域側凹凸パターンを形成する。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様によれば、メンブレンの表面のうち第一表面領域に形成領域側凹凸パターンを形成することで、第一表面領域の溶液との親和性が、第二表面領域の溶液との親和性よりも高くなる。

これにより、第一表面領域に塗布した溶液が第二表面領域へ逸脱すること

を抑制することが可能となるため、受容体を所望の形状に制御する制御性を向上させ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が可能となる。

図面の簡単な説明

[0008] [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]表面応力センサの斜視図である。

[図6]図１のＩＩ線矢視図と同様の矢視図であり、メンブレンの平面図である。

[図7]図２のＶＩＩ－ＶＩＩ線断面図である。

[図8]図７において破線で囲んだ範囲ＶＩＩＩの斜視図である。

[図9]形成領域側凹凸パターンの形状と親液性との関係を表す図である。

[図10]形成領域側凹凸パターンの形状と親液性との関係を表す図である。

[図11]形成領域側凹凸パターンの形状と親液性との関係を表す図である。

[図12]親液性の実証及び検討に用いるサンプルのメンブレンの構成を表す図である。

[図13]図１２のＸＩＩＩ－ＸＩＩＩ線断面図である。

[図14]メンブレン及び外部領域側凹凸パターンの構成の変形例を表す図である。

[図15]メンブレン及び外部領域側凹凸パターンの構成の変形例を表す図である。

[図16]メンブレン及び外部領域側凹凸パターンの構成の変形例を表す図である。

[図17]外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図18]外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図19]外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図20]形成領域側凹凸パターン及び外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図21]形成領域側凹凸パターン及び外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図22]形成領域側凹凸パターン及び外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図23]形成領域側凹凸パターン及び外部領域側凹凸パターンの変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図24]積層体形成工程を表す図である。

[図25]第一イオン注入工程及び第二イオン注入工程を表す図である。

[図26]配線層形成工程を表す図である。

[図27]配線層形成工程を表す図である。

[図28]配線層形成工程を表す図である。

[図29]配線層形成工程を表す図である。

[図30]配線層形成工程を表す図である。

[図31]図２のＹ－Ｙ断面図であり、形成領域側凹凸パターン形成工程、外部領域側凹凸パターン形成工程、除去工程を表す図である。

[図32]第一実施形態の変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図33]第一実施形態の変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図34]第一実施形態の変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図35]第一実施形態の変形例を表す図であり、（ａ）は平面図、（ｂ）は（

ａ）のｂ－ｂ線断面図である。

[図36]第一実施形態の変形例を表す図である。

[図37]第一実施形態の変形例を表す図である。

[図38]第一実施形態の変形例を表す図である。

[図39]第一実施形態の変形例を表す図である。

[図40]第一実施形態の変形例を表す図である。

[図41]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42]積層体形成工程を表す図である。

[図43]ホール形成工程を表す図である。

[図44]空隙部形成工程を表す図である。

[図45]ホール封止工程を表す図である。

[図46]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47]図４６のＡ－Ａ線断面図である。

[図48]図４６のＢ－Ｂ線断面図である。

[図49]形成領域側凹凸パターン及び外部領域側凹凸パターンの詳細な構成を示す断面図である。

[図50]第三実施形態の変形例を表す図である。

[図51]図５０のＶＸＩ線矢視図である。

発明を実施するための形態

[0009] 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、又は類似の部分には、同一、又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。

[0010] 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。

[0011] （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２３を用いて、第一実施形態の構成を説明する。

図１から図８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、検出基材２０と、支持基材１０とを備える。なお、図２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。

[0012] （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。

[0013] （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。

[0014] （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、保持部材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。

[0015]（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。

また、メンブレン２２の一方の面（図１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、以降の説明では、メンブレン２２の一方の面を、「メンブレン２２の表面」と記載する場合がある。

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。

[0016] さらに、メンブレン２２の表面は、図６に表すように、受容体形成領域（第一表面領域）３１と、外部領域（第二表面領域）３２を有する。なお、図６は、図２と同様、表面応力センサ１の平面図であるが、説明のために、メンブレン２２と連結部２６のみを図示している。

受容体形成領域３１は、メンブレン２２の表面の中心を含む領域であり、予め設定する。また、受容体形成領域３１は、後述する受容体３０を形成する目安となる領域である。なお、受容体形成領域３１のうち、受容体３０が実際に形成される領域は、受容体形成領域３１の全体の領域としてもよく、また、受容体形成領域３１の一部のみの領域としてもよい。また、受容体形成領域３１のうち、受容体３０が実際に形成される領域は、受容体形成領域

３１の全体に加え、外部領域３２の一部を含む領域としてもよい。

第一実施形態では、一例として、受容体形成領域３１を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、真円となる領域に設定した場合について説明する。

[0017] 外部領域３２は、受容体形成領域３１よりも保持部材２４に近い領域であり、予め設定する。

第一実施形態では、一例として、外部領域３２を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、真円の領域である受容体形成領域３１の周囲を、全周に亘って同心円状に包囲する領域に設定した場合について説明する。

[0018] 図７に示すように、受容体形成領域３１には、形成領域側凹凸パターン５２ａが形成されており、外部領域３２には、外部領域側凹凸パターン５２ｂが形成されている。また、図示を省略するが、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂは、酸化膜ＳＯの上に形成されている。なお、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂの説明は後述する。

また、受容体形成領域３１には、受容体３０（レセプター）が塗布されている。すなわち、受容体形成領域３１は、メンブレン２２の表面のうち、受容体３０が形成される領域である。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、広い方が好ましい。

[0019] 受容体３０（レセプター）は、特に限定されないが、例えば、ポリエチレンイミン（ＰＥＩ）等の樹脂が溶解された溶液（以降の説明では、「ＰＥＩ溶液」と記載する場合がある）を塗布、乾燥させて形成されている。また、受容体３０は、ガスの分子が受容体３０に吸着することで歪みが発生する。受容体を溶解する溶液としては、受容体を溶解すれば特に限定されず、一般的な有機溶媒や水を用いることが可能である。

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。

[0020] （保持部材）

保持部材２４は、メンブレン２２の中心よりも外側に配置されている。また、保持部材２４は、四辺形（正方形）の枠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、保持部材２４の中心は、メンブレン２２の中心と重なっている。

また、保持部材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。

[0021] 第一実施形態では、一例として、保持部材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の外周面と保持部材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、保持部材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、保持部材２４と支持基材１０とを接続した後に、保持部材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、保持部材２４の中心は、支持基材１０の中心と重なっている。

[0022] 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及び保持部材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２２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。

[0023]（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と保持部材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と保持部材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と保持部材２４とを連結する。したがって、保持部材２４は、連結部２６を介して、メンブレン２２を保持している。

[0024] 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。

したがって、支持基材１０は、保持部材２４に接続されてメンブレン２２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２２の厚さ方向から見て、メンブレン

２２及び連結部２６と重なる。

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。

[0025] （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に表すように、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に表すフルホイートストンブリッジを形成している。

[0026] （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。

[0027]

[数1]

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

[0028] [数2]

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

[0029] [数3]

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

[0030] 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。

[0031] [数4]

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

[0032] [数5]

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

[0033] [数6]

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

[0034] 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$\sigma_z=0$）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。

[0035] [数7]

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

[0036] 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）で表す関係によって決定される。

[0037] [数8]

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

[0038] [数9]

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

[0039] 式（８）及び式（９）において、π_{11}、π_{12}及びπ_{44}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、π_{11}が、$10^{-11}Pa^{-1}$を単位として＋６．６である。これに加え、π_{12}が、$10^{-11}Pa^{-1}$を単位として－１．１であり、π_{44}が、$10^{-11}Pa^{-1}$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、$71.8\times10^{-11}Pa^{-1}$と計算され、ピエゾ抵抗係数$\pi y$は、$-66.3\times10^{-11}Pa^{-1}$と計算される。また、Ｅは１．７０×$10^{11}$Ｐａであり、$\nu$は０．２８である。そして、$\pi_x>>(1+2\nu)/E$であり、$\pi_y>>-1/E$であり、$\pi_x\fallingdotseq-\pi_y\fallingdotseq\pi_{44}/2$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。

[0040]

[数10]

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

[0041] したがって、ピエゾ抵抗の信号（すなわち、ΔＲ／Ｒ）は、主にσ$_x$とσ$_y$の差によって決まる。

[0042] （形成領域側凹凸パターン）

形成領域側凹凸パターン５２ａは、メンブレン２２の表面のうち、受容体形成領域３１に形成されている。

また、形成領域側凹凸パターン５２ａは、複数の凸部（突起、ピラー）、又は、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。第一実施形態では、一例として、凸部を円柱状に形成し、凹部を円形の孔で形成した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。

[0043] 第一実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数の凸部（ピラー）で形成した場合について説明する。

さらに、第一実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部（ピラー）を、同じ形状（外径及び高さ）で形成した場合について説明する。

また、第一実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部が、メンブレン２２の厚さ方向から見て、円形に形成されている場合について説明する。なお、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部の「円形」とは、真円に限定するものではなく、楕円等、真円以外の円形状としてもよい。

[0044] なお、図７には、説明のために、形成領域側凹凸パターン５２ａの断面のうち、図２に表すＶＩＩ－ＶＩＩ線の部分のみ断面図を図示することで、形成領域側凹凸パターン５２ａの断面を、複数の凸部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、形成領域側凹凸パターン５２ａの実際の

構造は、図８及び図９に表すように、複数の凸部が間隔を空けてアレイ状に配置されている構造である。

[0045] 次に、形成領域側凹凸パターン５２ａの具体的な構成について説明する。

図７に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａの断面は、凸部が並んだ形状である。

また、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部の高さＨは、例えば、以下の式（１１）及び式（１２）を用いて設定する。

[0046] [数11]

$$P_L = \frac{2\gamma_L}{R} = \frac{16\gamma_L \delta}{(\sqrt{2}\mathrm{p} - D)^2} \quad \cdots (11)$$

[0047] [数12]

$$\delta = \frac{P_L (\sqrt{2}\mathrm{p} - D)^2}{16\gamma_L} \quad \cdots (12)$$

[0048] 式（１１）及び式（１２）において、「Ｐ$_L$」はラプラス圧であり、「γ_L」は気液海面の表面張力である。また、式（１１）及び式（１２）において、「ｐ」は、図９及び図１０に表すように、隣り合う凸部のピッチであり、「Ｄ」は、凸部の外径である。

また、式（１１）及び式（１２）における「Ｒ」は、図１１に表すように、受容体形成領域３１に塗布した溶液の、凸部に対する接触角である。さらに、式（１１）及び式（１２）における「δ」は、図１１に表すように、隣り合う凸部の間に塗布した溶液の表面のうち、凸部との高さが最も異なる部分（最も凹んだ部分）の、凸部との高さの差（凹みの厚さ）である。

[0049] 式（１１）より、凹みの厚さδを小さくするためには、隣り合う凸部のピッチｐを狭くすることが好ましく、また、凸部の高さＨが高いほど、隣り合う凸部の間に塗布した溶液は、隣り合う凸部の間に形成された空間に侵入しにくくなる。

したがって、式（１１）において、δ＞Ｈの関係式が成立するように、形

成領域側凹凸パターン５２ａを形成することで、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１の撥液性を低下させることが可能となる。すなわち、式（１１）において、δ＞Ｈの関係式が成立するように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成することで、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１の親液性を向上させることが可能となる。

[0050] また、式（１２）より、隣り合う凸部のピッチｐと凸部の外径Ｄとの差分が大きくなるほど（隣り合う凸部の間隔を広げるほど）、凹みの厚さδを増大させることが可能となる。さらに、溶液の液量に対して凸部の高さＨが低いほど、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１は、撥液性を示すことなく親液性に寄与することとなる。

以上により、形成領域側凹凸パターン５２ａは、上記の式（１１）及び式（１２）を用いて、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１が、溶液に対する親液性を有するように形成する。

[0051] なお、第一実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン５２ａを、隣り合う凸部のピッチｐを３［μｍ］、凸部の外径Ｄを２［μｍ］、凸部の高さＨを０．０５［μｍ］として形成した場合について説明する。これにより、第一実施形態では、受容体形成領域３１の親液性を向上させることが可能となる。

また、形成領域側凹凸パターン５２ａのピッチｐ、凸部の外径Ｄ、凸部の高さＨは、受容体３０の物性（受容体３０形成する溶液の物性）に応じた値に設定する。すなわち、形成領域側凹凸パターン５２ａは、受容体３０の物性に応じた形状に形成されている。

[0052] ピッチと、高さと、外径を、上述した関係に応じて設定した複数の凸部で形成されるパターンは、親液性を示すことが知られている。これは、公知であるＷａｎｚｅｌの式（以下の式（１３））で示される表面荒れ（ラフネス）の増加によって親液性が向上するという、物理的にも説明されている現象である。

[0053]

[数13]

$$\cos\theta_w = r_{rough}\cos\theta_{eq} \quad \cdots (13)$$

[0054] 以上により、形成領域側凹凸パターン５２ａは、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に、受容体３０を形成する溶液が存在することが可能な粗度を有するパターンである。

これは、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の深さが、溶液の液滴から見て十分に小さい場合は、溶液が複数の凸部又は複数の凹部の全体を被覆することが可能となる。これにより、形成領域側凹凸パターン５２ａを単一面とみなすことが可能となるため、上述したＷａｎｚｅｌの式が成立することに起因する。

[0055] （外部領域側凹凸パターン）

外部領域側凹凸パターン５２ｂは、メンブレン２２の表面のうち、外部領域３２に形成されている。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、形成領域側凹凸パターン５２ａと同様、複数の凸部、又は、複数の凹部が連続して繰り返されたパターンで形成されている。第一実施形態では、一例として、凸部を円柱状に形成し、凹部を円形の孔で形成した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。

[0056] 第一実施形態では、一例として、外部領域側凹凸パターン５２ｂを、複数の凹部（ホール）で形成した場合について説明する。

また、第一実施形態では、一例として、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部が、メンブレン２２の厚さ方向から見て、円形に形成されている場合について説明する。なお、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の「円形」とは、真円に限定するものではなく、楕円等、真円以外の円形状としてもよい。

[0057] 図７に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂの断面は、凹部が並ん

だ形状である。外部領域側凹凸パターン５２ｂが形成する溝の深さは、メンブレン２２を厚さ方向へ貫通しない程度の深さである。このように、凹部が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。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、上記の式（１１）及び式（１２）を用いて、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した外部領域３２が、溶液に対する撥液性を有するように形成する。

[0058] 第一実施形態では、一例として、外部領域側凹凸パターン５２ｂを、隣り合う凹部のピッチを１［μｍ］、凹部の内径を１［μｍ］、凹部の深さを１［μｍ］として形成した場合について説明する。なお、凹部の深さは、例えば、１［μｍ］以上１．５［μｍ］以下の範囲内に設定する。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂのピッチ、凹部の内径、凹部の深さは、受容体３０の物性（受容体３０形成する溶液の物性）に応じた値に設定する。すなわち、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、受容体３０の物性に応じた形状に形成されている。

[0059] なお、図７には、説明のために、外部領域側凹凸パターン５２ｂの断面のうち、図２に表すＶＩＩ－ＶＩＩ線の部分のみ断面図を図示することで、外部領域側凹凸パターン５２ｂ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、外部領域側凹凸パターン５２ｂの実際の構造は、複数の凹部が間隔を空けてアレイ状に配置されている構造である。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂ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、凸部を用いて外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成すると、凹部を用いて外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した場合と比較して、撥液性はより強くなる。

[0060] したがって、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への、受容体３０を形成

する溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するパターンである。

これは、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の凸部又は複数の凹部の深さが、溶液の液滴から見て十分に大きい場合は、溶液が複数の凸部又は複数の凹部に液が浸み込まない。このため、外部領域側凹凸パターン５２ｂを複合面とみなすことが可能となるため、公知であるＣａｓｓｉｅ－Ｂａｘｔｅｒの式が成立することで、上述したロータス効果により溶液が撥液することに起因する。

[0061] 以上により、形成領域側凹凸パターン５２ａは、受容体形成領域３１の粗度が、外部領域３２の粗度よりも低くなるパターンで形成されている。これに加え、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域３２の粗度が、受容体形成領域３１の粗度よりも高くなるパターンで形成されている。すなわち、形成領域側凹凸パターン５２ａの粗度は、外部領域側凹凸パターン５２ｂの粗度よりも低い。

したがって、形成領域側凹凸パターン５２ａは、受容体形成領域３１の親液性が外部領域３２の親液性よりも高くなるパターンである。

[0062] 上述したように、受容体３０は、メンブレン２２の中心付近に対し、インクジェットスポッティング等によって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２２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２２の表面に塗布されたＰＥＩ溶液は、メンブレン２２の表面に密着性良く分布する。

[0063] これに加え、メンブレン２２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と、形成領域側凹凸パターン５２ａが有する親液性により、受容体形成領域３１の内部において、効率的に拡張する。

一方、メンブレン２２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と、形成領域側凹凸パターン５２ａが有する親液性により、メンブレン２２の外周に向かって流出しやすくなる。しかしながら、メンブレン２２の外周に向かうＰＥＩ溶液は、外部領域側凹凸パターン５２ｂが有

する撥液性によって流出が遮られることとなる。これにより、受容体形成領域３１に対し、受容体３０を効率良く塗布することが可能となる。

[0064] （親液性の実証及び検討）

以下、図１２及び図１３を用いて、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１が有する親液性を実証及び検討した結果について説明する。

親液性の実証及び検討には、サンプルのメンブレンと、比較対象のメンブレンを用いた。

サンプルのメンブレンは、図１２及び図１３に示すように、受容体形成領域３１に、複数の凸部（ピラー）が連続して繰り返されたパターンの形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した。これに加え、サンプルのメンブレンは、図１２及び図１３に示すように、外部領域３２に、複数の凹部（ホール）が連続して繰り返されたパターンの外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した。

[0065] なお、凸部の外径は２［μｍ］に設定し、凹部の内径は１［μｍ］に設定し、凸部の高さ及び凹部の深さは５０［μｍ］に設定した。

比較対象のメンブレンは、受容体形成領域３１に形成領域側凹凸パターン５２ａを形成せず、受容体形成領域３１を、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の外縁と同じ高さの均一な面で形成した。

そして、サンプルのメンブレンと比較対象のメンブレンに対し、受容体形成領域３１に２滴の溶液を１回のみ塗布したところ、サンプルのメンブレンでは、比較対象のメンブレンに比べ、溶液が広範囲に拡張することが確認された。

[0066] （接触角Ｒと形成領域側凹凸パターン５２ａとの関係）

接触角Ｒと形成領域側凹凸パターン５２ａとの関係は、形成領域側凹凸パターン５２ａを複数の凸部で形成する場合、例えば、形成領域側凹凸パターン５２ａのフラットな面（底面）に対して、接触角Ｒを１／２倍（１０［°］以下）とする。一方、形成領域側凹凸パターン５２ａを複数の凹部で形成

する場合、例えば、形成領域側凹凸パターン５２ａのフラットな面（外縁面）に対して、接触角Ｒを２倍以上２．５倍以下の範囲内（４０［°］以上）とする。

[0067] （メンブレン、形成領域側凹凸パターン、外部領域側凹凸パターンの変形例）

したがって、メンブレン２２及び外部領域側凹凸パターン５２ｂの構成の変形例としては、例えば、図１４から図１６に表す構成がある。

すなわち、図１４（ａ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂ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１４（ｂ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを四角形に配置してもよい。また、図１４（ｃ）に表すように、四角形に配置した外部領域側凹凸パターン５２ｂの一部に、切れ目がある構成としてもよい。

[0068] 外部領域側凹凸パターン５２ｂ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外部領域側凹凸パターン５２ｂ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、外部領域側凹凸パターン５２ｂ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、隣り合う凸部又は凹部の間隔が、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、外部領域側凹凸パターン５２ｂに切れ目があるように見える。

[0069] また、図１５（ａ）から図１５（ｃ）に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂ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よい。

例えば、図１５（ａ）に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを、メンブレン２２の中心部を含む十字の領域を有する形状に形成してもよい。これに加え、外部領域側凹凸パターン５２ｂを、外周がメンブレン２２の外周に沿った円形状に形成してもよい。ここで、図１５（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、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した十字の受容体

形成領域３１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の近傍に、受容体３０を選択的に形成することが可能となり、メンブレン２２の撓みを効率的に可撓性抵抗５０に伝えることが可能となる。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。

[0070] また、図１５（ｂ）に表すように、十字の端部が、四つの連結部２６間において、メンブレン２２が有する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、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した十字の受容体形成領域３１上に、例えば、十字形状に形成される。図１５（ｂ）に表す形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した場合、受容体３０を、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが形成された連結部２６から離れた領域へ、選択的に形成することが可能となる。これにより、表面応力センサ１の感度バラつきを低減することが可能となる。

[0071] また、図１５（ｃ）に表すように、円環状の形成領域側凹凸パターン５２ａを形成してもよい。これに加え、形成領域側凹凸パターン５２ａよりも外側に円環状の外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成し、メンブレン２２の中心を含む領域に円形状の外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成してもよい。図１５（ｃ）の場合、受容体３０は、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した円環状の受容体形成領域３１上に形成される。図１５（ｃ）に表す形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した場合、可撓性抵抗５０ａ～５０ｄが形成された連結部２６の近傍に、受容体３０を選択的に形成することが可能となる。これにより、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。これに加え、検出精度のバラつきを低減させることが可能となる。

[0072] なお、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外周がメンブレン２２の外周に沿った円形状であり、メンブレン２２の中心部において形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する受容体形成領域３１の形状は、上述した形状に限られない。また、受容体形成領域３１の形状は、例えば、多角形状や、メンブレ

ン２２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１のセンサ感度を十分に維持することが可能であれば、いずれの形状としてもよい。

[0073] また、図１６（ａ）から図１６（ｃ）に表すように、メンブレン２２の形状を四角形としてもよい。この場合で、図１６（ａ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを四角形に配置してもよく、図１６（ｂ）に表すように、四角形に配置した外部領域側凹凸パターン５２ｂの一部に、切れ目がある構成としてもよい。また、図１６（ｃ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂ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１６（ｃ）に表すような外部領域側凹凸パターン５２ｂの一部に、切れ目がある構成としてもよい。

[0074] 外部領域側凹凸パターン５２ｂの一部に切れ目がある構成を採用する場合は、図１４（ａ）、図１４（ｃ）及び図１６（ｂ）に表すように、切れ目の位置を、メンブレン２２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１４（ｂ）、図１４（ｃ）、図１６（ａ）、図１６（ｂ）に表すように、受容体３０の形状を四角形としてもよい。

なお、図１４から図１６には、メンブレン２２の厚さ方向から見て、メンブレン２２と、保持部材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２０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。

[0075] また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域３２の粗度が、受容体形成領域３１の粗度よりも高くなるパターンであれば、図１７に表すように、複数の凸部で形成してもよい。この場合、図１７（ｂ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凸部は、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部よりも高くする。

また、形成領域側凹凸パターン５２ａを複数の凹部で形成した場合、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域３２の粗度が、受容体形成領域３１の粗度よりも高くなるパターンであれば、図１８に表すように、複数の凹部で形成してもよい。この場合、図１８（ｂ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部は、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部よりも深くする。

[0076] また、形成領域側凹凸パターン５２ａを複数の凹部で形成した場合、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域３２の粗度が、受容体形成領域３１の粗度よりも高くなるパターンであれば、図１９に表すように、複数の凸部で形成してもよい。この場合、図１９（ｂ）に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凸部の高さは、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部の深さよりも大きくする。

なお、第一実施形態で説明した形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂは、メンブレン２２の表面が酸化膜ＳＯに覆われており、親水性の溶液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。なお、親水性の溶液とは、例えば、エタノールやイソプロパノール、プロピレングリコールモノメチルエーテル等のアルコール類、アセトン、ＤＭＦ等、水と相溶する溶媒である。

[0077] しかしながら、疎水性の溶液（例えば、１，１，２，２－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２２の表面には、図２０から図２３に表すように、シリコンが露出していることが好ましい。なお、図２０は、図８に表す構成に対し、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂを酸化膜で覆わずに、シリコンを露出させた構成を表す。同様に、図２１から図２３は、図１７から図１９に表す構成に対し、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂを酸化膜で覆わずに、シリコンを露出させた構成を表す。

[0078]（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。

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。

[0079] 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。

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。

[0080] 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。

また、支持基材１０のうち、検出基材２０と対向する面と、空隙部４０と対向する面には、図３及び図４に示すように、酸化膜ＳＯが形成されている。

[0081]（表面応力センサの製造方法）

図１から図２３を参照しつつ、図２４から図３１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２４から図３０の断面図は、図５のＸ－Ｘ線断面図に対応する。また、図３１の断面図は、図２のＹ－Ｙ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、配線層形成工程と、酸化膜形成工程を備える。これに加え、表面応力センサ１の製造方法は、形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側凹凸パターン形成工程と、除去工程と、受容体形成工程を備える。

[0082]（積層体形成工程）

積層体形成工程では、まず、図２４（ａ）に表すように、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。その後、熱酸化により、凹部６２を含む第一シリコン基板６０の一方の面に、酸化膜ＳＯ（シリコン酸化膜）を形成する。酸化膜ＳＯの厚さは、例えば、１［μｍ］に設定する。

次に、凹部６２と酸化膜ＳＯ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２４（ｂ）に表すように、積層体６６（Ｃａｖｉｔｙウェーハ）を形成する。

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。

[0083] （第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、まず、図２５に表すように、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。

[0084] （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２５に表すように、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。

[0085] （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。

[0086]（配線層形成工程、酸化膜形成工程）

配線層形成工程では、図２６（ａ）に表すように、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２６（ｂ）に表すように、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２７（ａ）に表すように、第二のシリコン酸化膜６８ｂの上へ、Ｔｉおよび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、Ａｌ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２７（ｂ）に表すように、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。

[0087] 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２８（ａ）に表すような配線層８２を形成する。さらに、図２８（ｂ）に表すように、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２９（ａ）に表すように、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２９（

ｂ）に表すように、メンブレン設定領域８４のシリコン窒化膜７４を除去する。

[0088] その後、酸化膜形成工程として、図３０（ａ）に表すように、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、受容体形成領域３１及び外部領域３２に、酸化膜を形成する。なお、受容体形成領域３１及び外部領域３２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３０（ｂ）に表すように、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。

[0089] （形成領域側凹凸パターン形成工程、外部領域側凹凸パターン形成工程、除去工程）

形成領域側凹凸パターン形成工程では、受容体形成領域３１に、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する。

外部領域側凹凸パターン形成工程では、外部領域３２に、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

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。

第一実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側凹凸パターン形成工程と、除去工程とを、同時に行う場合について説明する。

[0090] 以下、形成領域側凹凸パターン形成工程、外部領域側凹凸パターン形成工程、除去工程の詳細を、図２４から図３０を参照しつつ、図３１を用いて説明する。なお、図３１では、説明のために、図２４から図３０までに図示していた構成のうち、第一シリコン基板６０、第二シリコン基板６４、第四の

シリコン酸化膜６８ｄ以外の図示を省略する。

まず、図３１（ａ）に表すように、第四のシリコン酸化膜６８ｄの上に、さらに、第５のシリコン酸化膜６８ｅを積層する。

第５のシリコン酸化膜６８ｅの厚さは、例えば、５０［ｎｍ］に設定する。

[0091] 次に、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。

これに加え、受容体形成領域３１のうち、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部以外の領域（以下、平面領域８７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。第一実施形態では、平面領域８７が露出するようなフォトレジストのパターンを、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部の外径が２［μｍ］となるように形成する。

[0092] なお、除去領域８５が露出するようなフォトレジストのパターンとして形成する開口部は、平面領域８７が露出するようなフォトレジストのパターンとして形成する開口部よりも、開口面積が大きい。また、除去領域８５が露出するようなフォトレジストのパターンと、平面領域８７が露出するようなフォトレジストのパターンは、例えば、同一のマスクによって同時に形成する。

その後、図３１（ｂ）に表すように、エッチング技術によって、除去領域８５の第四のシリコン酸化膜６８ｄ及び第５のシリコン酸化膜６８ｅと、平面領域８７の第四のシリコン酸化膜６８ｄ及び第５のシリコン酸化膜６８ｅを除去する。

[0093] 次に、外部領域３２のうち、除去領域８５が露出するようなフォトレジストのパターンと、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の領域（以下、凹部領域８８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。

第一実施形態では、凹部領域８８が露出するようなフォトレジストのパターンを、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の内径が１［μｍ］となるように形成する。

なお、除去領域８５が露出するようなフォトレジストのパターンとして形成する開口部は、凹部領域８８が露出するようなフォトレジストのパターンとして形成する開口部よりも、開口面積が大きい。また、除去領域８５が露出するようなフォトレジストのパターンと、凹部領域８８が露出するようなフォトレジストのパターンは、例えば、同一のマスクによって同時に形成する。

[0094] 続いて、例えば、反応性イオンエッチングによって、図３１（ｃ）に表すように、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と共に、エッチングを施す。このとき、開口面積の大小関係と、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、受容体形成領域３１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を除去することで、受容体形成領域３１に形成領域側凹凸パターン５２ａを形成するとともに、外部領域３２に外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

[0095] 以上により、形成領域側凹凸パターン形成工程及び外部領域側凹凸パターン形成工程では、形成領域側凹凸パターン５２ａの粗度が外部領域側凹凸パターン５２ｂの粗度よりも低くなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂとを形成する。

したがって、形成領域側凹凸パターン形成工程では、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に、受容体３０を形成する溶液が存在することが可能な粗度を有するように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する。すなわち、形成領域側凹凸パターン形成工程では、受容体形成領域３１の親液性が外部領域３２の親液性よりも高くなるよう

に、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する。

[0096] さらに、外部領域側凹凸パターン形成工程では、外部領域３２の粗度が受容体形成領域３１の粗度よりも高くなるように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。これにより、外部領域側凹凸パターン形成工程では、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への、受容体３０を形成する溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

また、形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側凹凸パターン形成工程と、除去工程とを、同時に行う。

[0097] （受容体形成工程）

受容体形成工程では、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した外部領域３２に囲まれているとともに、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成した受容体形成領域３１に、ＰＥＩ溶液等を塗布し、乾燥させる。これにより、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。

[0098] （動作・作用）

図１から図３１を参照して、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、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が撓む。

保持部材２４は四辺形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と保持部材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、保持部材２４に連結している端部は固定端となっている。

[0099] 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又は

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。

ここで、従来の構成を備える表面応力センサ、すなわち、受容体形成領域３１と外部領域３２が、共に、溶液との親和性が等しい構成のメンブレン２２に受容体３０を形成する場合には、以下の問題が発生する。

[0100] 受容体形成領域３１に塗布した溶液の一部が、受容体形成領域３１から外部領域３２へ逸脱する可能性があるため、受容体の形状を、所望の形状（例えば、正円柱）に制御することが困難であり、受容体の形状が、所望の形状から崩れた形状となる可能性がある。

受容体の形状が、所望の形状から崩れた形状となった場合、ガスの分子が吸着して受容体３０に発生する歪みが、設計値等の想定していた値とは異なることとなる。このため、嗅覚センサとして用いる際に、受容体３０にガスの分子が吸着すると、受容体３０に発生した歪みに応じて連結部２６に起きる撓みが、想定していた撓みとは異なることとなり、可撓性抵抗５０で発生する抵抗変化が、想定していた値と異なる。これは、センサとしての感度が落ちることを意味する。

したがって、従来の構成を備える表面応力センサでは、表面応力センサの感度が低下することが懸念される。

[0101] これに対し、第一実施形態の表面応力センサ１であれば、受容体形成領域３１に、形成領域側凹凸パターン５２ａが形成されている。そして、形成領域側凹凸パターン５２ａは、受容体形成領域３１の粗度が外部領域３２の粗度よりも低くなるパターンである。すなわち、形成領域側凹凸パターン５２ａは、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に、受容体３０を形成する溶液が存在することが可能な粗度を有するパターンである。

これに加え、外部領域３２に、外部領域側凹凸パターン５２ｂがメンブレン２２に対して同心円状に形成されている。そして、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、ロータス効果により撥液作用を有し、外部領域３２の粗度が受

容体形成領域３１の粗度よりも高くなるパターンである。

このため、受容体３０の形状を、所望の形状（例えば、正円柱）に制御する制御性を向上させることが可能となる。したがって、表面応力センサ１の感度が劣化することはない。

[0102] 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。

[0103] （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よりも外側に配置された保持部材２４と、メンブレン２２と保持部材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。

これに加え、メンブレン２２の表面に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている形成領域側凹凸パターン５２ａを備える。そして、形成領域側凹凸パターン５２ａは、メンブレン２２の表面のうち受容体形成領域３１に形成されている。また、形成領域側凹凸パターン５２ａは、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に、受容体３０を形成する溶液が存在することが可能な粗度を有するパターンである。

[0104] このため、メンブレン２２の表面のうち受容体形成領域３１に形成領域側凹凸パターン５２ａを形成することで、受容体形成領域３１の溶液との親和性が、外部領域３２の溶液との親和性よりも高くなる。

これにより、受容体形成領域３１に塗布した溶液が、形成領域側凹凸パターン５２ａにより向上した親液性（Ｗａｎｚｅｌ効果）によって、受容体形成領域３１において拡張しやすくなる。これに加え、外部領域３２が有する

撥液性により、受容体形成領域３１に塗布した溶液が外部領域３２へ逸脱することを抑制することが可能となる。

その結果、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能な、表面応力センサ１を提供することが可能となる。

[0105] また、受容体形成領域３１の溶液との親和性が高いため、受容体形成領域３１に塗布する溶液を追加した場合であっても、形成領域側凹凸パターン５２ａにより向上した親液性によって、受容体形成領域３１において拡張しやすくなる。これに加え、外部領域３２が有する撥液性により、受容体形成領域３１に塗布した溶液が外部領域３２へ逸脱することを抑制することが可能となる。

したがって、受容体形成領域３１に塗布する溶液を追加した場合であっても、溶液が受容体形成領域３１の中で円滑に拡張する。このため、受容体３０に、膜厚が大きい部分と膜厚が小さい部分とが形成される場合であっても、膜厚が大きい部分と膜厚が小さい部分との厚さの差を制御することが可能となり、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能となる。

[0106] （２）外部領域３２に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている外部領域側凹凸パターン５２ｂを備える。また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への、受容体３０を形成する溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するパターンである。

このため、メンブレン２２の表面のうち外部領域３２に、受容体形成領域３１よりも粗度が高くなる外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成することで、外部領域３２の溶液との親和性が、受容体形成領域３１の溶液との親和性よりも低くなる。

[0107] これにより、受容体形成領域３１に塗布した溶液が、受容体形成領域３１から外部領域３２へ逸脱することを、外部領域側凹凸パターン５２ｂにより向上した外部領域３２の撥液性によって、抑制することが可能となる。

その結果、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成しない構成と比較して、受容体３０を所望の形状に制御する制御性をさらに向上させることが可能となる。

[0108] （３）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を備え、外部領域側凹凸パターン５２ｂが、受容体３０の物性に応じた形状に形成されている。

その結果、外部領域側凹凸パターン５２ｂの撥液性を、受容体３０の物性に応じた値とすることが可能となる。

[0109] （４）外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凸部又は凹部が、メンブレン２２の厚さ方向から見て、円形に形成されている。

その結果、外部領域側凹凸パターン５２ｂの形成が容易となる。

[0110] （５）形成領域側凹凸パターン５２ａの粗度が、外部領域３２の粗度よりも低い。

その結果、受容体形成領域３１の溶液との親和性が、外部領域３２の溶液との親和性よりも高くなるため、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能となる。

[0111] （６）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を備え、形成領域側凹凸パターン５２ａが、受容体３０の物性に応じた形状に形成されている。

その結果、形成領域側凹凸パターン５２ａの親液性を、受容体３０の物性に応じた値とすることが可能となる。

[0112] （７）形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部又は凹部が、メンブレン２２の厚さ方向から見て、円形に形成されている。

その結果、形成領域側凹凸パターン５２ａの形成が容易となる。

[0113] 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。

（８）形成領域側凹凸パターン形成工程を備える。形成領域側凹凸パターン形成工程では、受容体形成領域３１に、形成領域側凹凸パターン５２ａを、

形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に溶液が存在することが可能な粗度を有するように形成する。

このため、メンブレン２２の表面のうち受容体形成領域３１に、外部領域３２よりも親液性が高くなる形成領域側凹凸パターン５２ａを形成することで、受容体形成領域３１の溶液との親和性が、外部領域３２の溶液との親和性よりも高くなる。

[0114] これにより、受容体形成領域３１に塗布した溶液が、形成領域側凹凸パターン５２ａにより向上した親液性によって、受容体形成領域３１において拡張しやすくなる。これに加え、外部領域３２が有する撥液性により、受容体形成領域３１に塗布した溶液が外部領域３２へ逸脱することを抑制することが可能となる。

その結果、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能な、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。

[0115] また、受容体形成領域３１の溶液との親和性が高いため、受容体形成領域３１に塗布する溶液を追加した場合であっても、形成領域側凹凸パターン５２ａにより向上した親液性によって、受容体形成領域３１において拡張しやすくなる。これに加え、外部領域３２が有する撥液性により、受容体形成領域３１に塗布した溶液が外部領域３２へ逸脱することを抑制することが可能となる。

したがって、受容体形成領域３１に塗布する溶液を追加した場合であっても、溶液が受容体形成領域３１の中で円滑に拡張するため、受容体３０の膜厚に発生するムラを抑制して、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能となる。

[0116] （９）形成領域側凹凸パターン形成工程と除去工程とを、同時に行う。

その結果、表面応力センサ１の製造工程を簡略化することが可能となる。

[0117] （１０）外部領域３２に複数の外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する外部領域側凹凸パターン形成工程をさらに備える。これに加え、外部領域側凹凸パターン形成工程では、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の

凸部又は複数の凹部の隙間への溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するように、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

これにより、受容体形成領域３１に塗布した溶液が、受容体形成領域３１から外部領域３２へ逸脱することを、外部領域側凹凸パターン５２ｂにより向上した外部領域３２の撥液性によって、抑制することが可能となる。

その結果、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成しない構成と比較して、受容体３０を所望の形状に制御する制御性をさらに向上させることが可能となる。

[0118] （１１）形成領域側凹凸パターン形成工程と外部領域側凹凸パターン形成工程とを、同時に行う。

その結果、表面応力センサ１の製造工程を簡略化することが可能となる。

[0119] （１２）外部領域側凹凸パターン形成工程と除去工程とを、同時に行う。

その結果、表面応力センサ１の製造工程を簡略化することが可能となる。

[0120] （１３）形成領域側凹凸パターン形成工程及び外部領域側凹凸パターン形成工程では、形成領域側凹凸パターン５２ａの粗度が外部領域側凹凸パターン５２ｂの粗度よりも低くなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂとを形成する。

その結果、受容体形成領域３１の溶液との親和性が、外部領域３２の溶液との親和性よりも高くなるため、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能となる。

[0121] （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。

[0122] （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。

[0123] （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。

[0124] （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。

[0125] （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。

[0126] （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$^{-5}$／℃以下とすることで、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。

[0127] （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。

[0128] （８）第一実施形態では、外部領域３２に外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成したが、これに限定するものではない。

すなわち、例えば、外部領域３２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、外部領域３２の粗度を、受容体形成領域３１の粗度よりも高くしてもよい。

この構成であれば、メンブレン２２に親水性の溶液を塗布すると、受容体形成領域３１は濡れ性が高いために、メンブレン２２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、外部領域３２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、溶液の流出を防ぐ作用を向上させることが可能となる。

[0129] （９）第一実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成したが、これに限定するものではない。すなわち、例えば、図３２に表すように、外部領域３２に外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成せず、外部領域３２を、凹部や凸部が形成されておらず、酸化膜Ｓｏを表面に形成した平面（平滑な面、平坦な面）としてもよい。すなわち、外部領域３２（第二表面領域）を、平滑な面としてもよい。

この場合、例えば、図３３に表すように、シリコンが露出している構成としてもよい。また、例えば、図３４に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数の凹部で形成した構成としてもよい。また、例えば、図３５に表すように、シリコンが露出しているとともに、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数の凹部で形成した構成としてもよい。

[0130] （１０）第一実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数のピラーによる凸部で形成したが、これに限定するものではない。すなわち、例えば、図３６に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数の円筒による凸部で形成してもよい。なお、外部領域側凹凸パターン５２ｂについても、同様である。

[0131] （１１）第一実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する複数の凸部（ピラー）を、同じ形状（外径及び高さ）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３７に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを、外径が異なる複数の凸部で形成する等、形状が異なる複数の凸部で形成してもよい。また、形成領域側凹凸パターン５２ａを凹部で形成した場合についても、同様である。なお、外部領域側凹凸パターン５２ｂについても、同様である。

[0132] （１２）第一実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、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、例えば、図３８に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、三角形を形成する線分を密集させたパターンで形成してもよい。また、例えば、図３９に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、三角形を形成する線分と、三角柱とを混在させて密集させたパターンで形成してもよい。さらに、例えば、図４０に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凸部を、メンブレン２２の厚さ方向から見て、三角形を形成する線分と、面積の異なる三角柱とを混在させて密集させたパターンで形成してもよい。なお、外部領域側凹凸パターン５２ｂについても、同様である。

[0133] （１３）第一実施形態では、表面応力センサ１の構成を、パッケージ基板２と、接続部４と、検出基材２０と、支持基材１０とを備える構成としたが、これに限定するものではない。すなわち、表面応力センサ１の構成を、パッケージ基板２と、接続部４と、検出基材２０とを備える構成としてもよい。すなわち、表面応力センサ１の構成を、支持基材１０を備えていない構成としてもよい。

[0134] （１４）第一実施形態では、保持部材２４の構成を、四辺形（正方形）の枠状に形成されて、隙間を空けてメンブレン２２を包囲し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、保持部材２４の構成を、例えば、菱形等の正方形以外の四辺形に形成した構成としてもよい。また、保持部材２４の構成を、例えば、コの字状等、空隙部を有する不連続な形状に形成

した構成としてもよい。すなわち、保持部材２４の構成は、メンブレン２２を外側から支持して固定することが可能な構成であればよい。

[0135] （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４０を参照しつつ、図４１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４１に表すように、保持部材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４１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。

[0136] （表面応力センサの製造方法）

図１から図４１を参照しつつ、図４２から図４５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４２から図４５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、ホール封止工程を備える。これに加え、表面応力センサ１の製造方法は、形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側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。

[0137] （積層体形成工程）

積層体形成工程では、まず、図４２に表すように、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。

[0138] （第一イオン注入工程）

第一イオン注入工程では、まず、図４２に表すように、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７０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。

[0139] （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。

[0140] （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。

[0141] （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４３に表すように、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。

[0142] （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４４に表すように、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。

[0143] （ホール封止工程）

ホール封止工程では、図４５に表すように、酸化膜９４によってホール７

６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。

[0144] （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。

[0145] （形成領域側凹凸パターン形成工程、外部領域側凹凸パターン形成工程、除去工程）

形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側凹凸パターン形成工程と、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。

[0146] （受容体形成工程）

受容体形成工程では、受容体形成領域３１に、ＰＥＩ溶液等を塗布して、乾燥させることで、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。

[0147] （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。

[0148] （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、第一実施形態と同様、受容体３０を所望の形状に制御する制御性を向上させることが可能な、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。

[0149] （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。

（構成）

図１から図４５を参照しつつ、図４６から図４９を用いて、第三実施形態の構成を説明する。

第三実施形態の構成は、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂの構成を除き、上述した第一実施形態と同様である。

形成領域側凹凸パターン５２ａは、メンブレン２２の表面のうち、受容体形成領域３１（第一表面領域）に形成されている。

[0150] また、形成領域側凹凸パターン５２ａは、複数の凸部（突起、ピラー）、又は、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。第三実施形態では、一例として、形成領域側凹凸パターン５２ａを、複数の凹部で形成した場合について説明する。

したがって、図４７及び図４８に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａの断面は、凹部が並んだ形状である。

[0151] 外部領域側凹凸パターン５２ｂは、メンブレン２２の表面のうち、外部領域３２（第二表面領域）に形成されている。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、形成領域側凹凸パターン５２ａと同様、複数の凸部、又は、複数の凹部が連続して繰り返されたパターンで形成されている。第三実施形態では、一例として、外部領域側凹凸パターン５２ｂを、複数の凹部（ホール）で形成した場合について説明する。

したがって、図４７及び図４８に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂの断面は、凹部が並んだ形状である。

[0152] また、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、上記の式（１１）及び式（１２）を用いて、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成した外部領域３２が、溶

液に対する撥液性を有するように形成する。

また、外部領域側凹凸パターン５２ｂのピッチ、凹部の内径、凹部の深さは、受容体３０の物性（受容体３０形成する溶液の物性）に応じた値に設定する。すなわち、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、受容体３０の物性に応じた形状に形成されている。

上述したように、形成領域側凹凸パターン５２ａは、受容体形成領域３１の親液性が外部領域３２の親液性よりも高くなるパターンである。さらに、外部領域側凹凸パターン５２ｂは、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への、受容体３０を形成する溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するパターンである。

[0153] 次に、形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂの、具体的な構成について説明する。

形成領域側凹凸パターン５２ａ及び外部領域側凹凸パターン５２ｂは、図４９に示すように、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部の深さＨｐが、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の深さＨｈよりも大きくなるように形成する。

すなわち、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部の深さＨｐと、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の深さＨｈとの関係は、以下の式（１４）で示す関係となる。

Ｈｈ＜Ｈｐ … （１４）

[0154] したがって、図４９に表すように、メンブレン２２の厚さ方向と直交する方向から見て、形成領域側凹凸パターン５２ａに形成される天面Ｔａと底面Ｂａとの高さの差（「Ｈｐ」に相当）は、外部領域側凹凸パターン５２ｂに形成される天面Ｔｂと底面Ｂｂとの高さの差（「Ｈｈ」に相当）よりも大きい。

なお、「メンブレン２２の厚さ方向と直交する方向」とは、「表面応力センサ１を側面から見た方向」と同じ方向である。

また、「天面Ｔａ」は、受容体形成領域３１に形成した酸化膜ＳＯの天面

であり、「天面Ｔｂ」は、外部領域３２に形成した酸化膜ＳＯの天面である。

[0155] また、第三実施形態では、式（１２）に基づき、δｐ＞δｈの関係式が成立するように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

「δｐ」は、図４９に表すように、形成領域側凹凸パターン５２ａにおける、隣り合う凸部（天面Ｔａ）の間に塗布した溶液の表面のうち、凸部との高さが最も異なる部分（最も凹んだ部分）の、凸部との高さの差（凹みの厚さ）である。

「δｈ」は、図４９に表すように、外部領域側凹凸パターン５２ｂにおける、隣り合う凸部（天面Ｔｂ）の間に塗布した溶液の表面のうち、凸部との高さが最も異なる部分（最も凹んだ部分）の、凸部との高さの差（凹みの厚さ）である。

[0156] また、図４７及び図４８に表すように、メンブレン２２の厚さ方向から見て、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する隣り合う凹部のピッチｐａは、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する隣り合う凹部のピッチｐｂよりも大きい。

さらに、メンブレン２２の厚さ方向から見て、底面Ｂａの総面積は、底面Ｂｂの総面積よりも大きい。

すなわち、メンブレン２２の厚さ方向から見て、形成領域側凹凸パターン５２ａの総面積に対する凹部（底面Ｂａ）の面積の割合は、外部領域側凹凸パターン５２ｂの総面積に対する凹部（底面Ｂｂ）の面積の割合よりも大きい。

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。

[0157] （表面応力センサの製造方法）

図１から図４９を参照して、表面応力センサ１の製造方法を説明する。

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、配線層形成工程と、酸化膜形成工程を備える。これに加え、表面応力センサ１の製造方法は、形成領域側凹凸パターン形成工程と、外部領域側凹凸パターン形成工程と、除去工程と、受容体形成工程を備える。

なお、積層体形成工程、第一イオン注入工程、第二イオン注入工程、熱処理工程、配線層形成工程、酸化膜形成工程、除去工程、受容体形成工程は、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。

[0158] （形成領域側凹凸パターン形成工程、外部領域側凹凸パターン形成工程）

形成領域側凹凸パターン形成工程では、受容体形成領域３１に、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する。

外部領域側凹凸パターン形成工程では、外部領域３２に、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

第三実施形態では、検出基材２０の厚さ方向と直交する方向から見て、天面Ｔａと底面Ｂａとの高さの差が、天面Ｔｂと底面Ｂｂとの高さの差よりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

[0159] なお、「検出基材２０の厚さ方向」は、「メンブレン２２の厚さ方向」と同じ方向である。したがって、「検出基材２０の厚さ方向と直交する方向」は、「メンブレン２２の厚さ方向と直交する方向」及び「表面応力センサ１を側面から見た方向」と同じ方向である。

したがって、第三実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａに形成される凹部の深さが、外部領域側凹凸パターン５２ｂに形成される凹部の深さよりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

また、第三実施形態では、検出基材２０の厚さ方向から見て、ピッチｐａがピッチｐｂよりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

[0160] さらに、第三実施形態では、検出基材２０の厚さ方向から見た底面Ｂａの

、検出基材２０の厚さ方向から見た総面積が、検出基材２０の厚さ方向から見た底面Ｂｂの、検出基材２０の厚さ方向から見た総面積よりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

したがって、第三実施形態では、検出基材２０の厚さ方向から見て、形成領域側凹凸パターン５２ａの総面積に対する凹部（底面Ｂａ）の面積の割合が、外部領域側凹凸パターン５２ｂの総面積に対する凹部（底面Ｂｂ）の面積の割合よりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

[0161] （動作・作用）

図１から図４９を参照して、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、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。

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、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する。

[0162] 第三実施形態の表面応力センサ１では、天面Ｔａと底面Ｂａとの高さの差が、天面Ｔｂと底面Ｂｂとの高さの差よりも大きい。

このため、深さＨｐよりも深さＨｈが小さく、外部領域３２の剛性が受容体形成領域３１の合成よりも高くなる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、外部領域３２の変形量が受容体形成領域３１の変形量よりも小さくなり、深さＨｈが深さＨｐ以上である場合と比較して、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みが連結部２６に伝達されることとなる。

[0163] したがって、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となるため、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、

電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0164] また、第三実施形態の表面応力センサ１では、天面Ｔａと底面Ｂａとの高さの差が、天面Ｔｂと底面Ｂｂとの高さの差よりも大きい。

このため、深さＨｈよりも深さＨｐが大きく、深さＨｐが深さＨｈ以上である場合と比較して、受容体３０を形成する溶液を保持することが可能な量を増加させることが可能となり、受容体３０の体積を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みを増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

[0165] したがって、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

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。

[0166] （第三実施形態の効果）

第三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）形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部の深さＨｐが、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の深さＨｈよりも大きい。

このため、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となるため、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させ

ることが可能となる。

その結果、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0167] （２）メンブレン２２の厚さ方向から見た形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する隣り合う凹部のピッチｐａは、メンブレン２２の厚さ方向から見た外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する隣り合う凹部のピッチｐｂよりも大きい。

このため、外部領域３２の剛性が受容体形成領域３１の合成よりも高くなり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となるため、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となる。これにより、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0168] また、受容体３０を形成する溶液を保持することが可能な量を増加させることが可能となり、受容体３０の体積を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みを増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0169] （３）メンブレン２２の厚さ方向から見た形成領域側凹凸パターン５２ａの

総面積に対する凹部（底面Ｂａ）の面積の割合が、メンブレン２２の厚さ方向から見た外部領域側凹凸パターン５２ｂの総面積に対する凹部（底面Ｂｂ）の面積の割合よりも大きい。

このため、外部領域３２の剛性が受容体形成領域３１の合成よりも高くなり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となるため、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となる。これにより、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0170] また、受容体３０を形成する溶液を保持することが可能な量を増加させることが可能となり、受容体３０の体積を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みを増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0171] 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、以下に記載する効果を奏することが可能となる。

（４）形成領域側凹凸パターン形成工程及び外部領域側凹凸パターン形成工程では、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する凹部の深さＨｐが、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する凹部の深さＨｈよりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成

する。

このため、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となるため、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。

その結果、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0172] （５）形成領域側凹凸パターン形成工程及び外部領域側凹凸パターン形成工程では、検出基材２０の厚さ方向から見た形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する隣り合う凹部のピッチが、検出基材２０の厚さ方向から見た外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する隣り合う凹部のピッチよりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

このため、外部領域３２の剛性が受容体形成領域３１の合成よりも高くなり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となるため、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となる。これにより、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0173] また、受容体３０を形成する溶液を保持することが可能な量を増加させることが可能となり、受容体３０の体積を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みを増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0174] （６）形成領域側凹凸パターン形成工程及び外部領域側凹凸パターン形成工程では、検出基材２０の厚さ方向から見た形成領域側凹凸パターン５２ａの総面積に対する凹部（底面Ｂａ）の面積の割合が、検出基材２０の厚さ方向から見た外部領域側凹凸パターン５２ｂの総面積に対する凹部（底面Ｂｂ）の面積の割合よりも大きくなるように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する。

このため、外部領域３２の剛性が受容体形成領域３１の合成よりも高くなり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となるため、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となり、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となる。これにより、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0175] また、受容体３０を形成する溶液を保持することが可能な量を増加させることが可能となり、受容体３０の体積を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、受容体３０に発生した歪みに応じた撓みを増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。

その結果、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となる。これにより、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となるため、表面応力センサ１の感度

を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0176] （第三実施形態の変形例）

（１）第三実施形態では、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを、複数の凹部で形成したが、これに限定するものではない。すなわち、例えば、図５０及び図５１に示すように、形成領域側凹凸パターン５２ａと外部領域側凹凸パターン５２ｂを、複数の凸部で形成してもよい。

図５０及び図５１に示す構成であっても、メンブレン２２に撓みが起きた際の、連結部２６の変形量を増加させることが可能となり、可撓性抵抗５０の変形量を増加させることが可能となる。これにより、連結部２６に起きた撓みに応じた抵抗値の変化量を増加させることが可能となるため、メンブレン２２に撓みが起きた際の、電気信号の変化量を増加させることが可能となり、表面応力センサ１の感度を向上させることが可能となり、表面応力センサ１の検出精度を向上させることが可能となる。

[0177] （２）第三実施形態では、ピッチｐａを、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する隣り合う凹部のピッチとしたが、これに限定するものではない。すなわち、ピッチｐａを、形成領域側凹凸パターン５２ａを形成する隣り合う凸部のピッチとしてもよい。

[0178] （３）第三実施形態では、ピッチｐｂを、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する隣り合う凹部のピッチとしたが、これに限定するものではない。すなわち、ピッチｐｂを、外部領域側凹凸パターン５２ｂを形成する隣り合う凸部のピッチとしてもよい。

符号の説明

[0179] １…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…検出基材、２２…メンブレン、２４…保持部材、２６…連結部、３０…受容体、３１…受容体形成領域、３２…外部領域、４０…空隙部、５０…可撓性抵抗、５２ａ…形成領域側凹凸パターン、５２ｂ…外部領域側凹凸

パターン、６０…第一シリコン基板、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、７８…積層膜、８０…金属膜、８２…配線層、８４…メンブレン設定領域、８５…除去領域、８６…ＰＡＤ、８７…平面領域、８８…凹部領域、９０…接続層、９２…犠牲層、９４…酸化膜、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、ＳＯ…シリコン酸化膜

請求の範囲

[請求項1] 吸着した物質に応じた変形を生じる受容体と、

印加された表面応力によって撓むメンブレンと、を有する表面応力センサであって、

前記メンブレンよりも外側に配置された保持部材と、

前記メンブレンと前記保持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、

前記メンブレンの表面に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている形成領域側凹凸パターンと、を備え、

前記メンブレンは、前記表面の中心を含む領域である第一表面領域と、前記第一表面領域よりも前記保持部材に近い領域である第二表面領域と、を有し、

前記形成領域側凹凸パターンは、前記第一表面領域に形成され、

前記受容体は、前記形成領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に存在する表面応力センサ。

[請求項2] 前記第二表面領域は、平滑な面である請求項１に記載した表面応力センサ。

[請求項3] 前記第二表面領域に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている外部領域側凹凸パターンをさらに備え、

前記外部領域側凹凸パターンは、前記外部領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への溶液の進入を防止することが可能な粗度を有するパターンである請求項１に記載した表面応力センサ。

[請求項4] 前記外部領域側凹凸パターンは、前記受容体の物性に応じた形状に形成されている請求項３に記載した表面応力センサ。

[請求項5] 前記外部領域側凹凸パターンを形成する前記凸部又は前記凹部は、前記メンブレンの厚さ方向から見て円形に形成されている請求項３又は請求項４に記載した表面応力センサ。

[請求項6] 前記形成領域側凹凸パターンの粗度は、前記外部領域側凹凸パターンの粗度よりも低い請求項３から請求項５のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項7] 前記第二表面領域に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている外部領域側凹凸パターンをさらに備え、

前記形成領域側凹凸パターンに形成される凹部の深さは、前記外部領域側凹凸パターンに形成される凹部の深さよりも大きい請求項１から請求項６のうちいずれか１項に記載した表面応力センサ。

[請求項8] 前記第二表面領域に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている外部領域側凹凸パターンをさらに備え、

前記メンブレンの厚さ方向から見た前記形成領域側凹凸パターンを形成する隣り合う前記凸部又は隣り合う前記凹部のピッチは、前記メンブレンの厚さ方向から見た前記外部領域側凹凸パターンを形成する隣り合う前記凸部又は隣り合う前記凹部のピッチよりも大きい請求項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] 前記第二表面領域に形成され、且つ複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成されている外部領域側凹凸パターンをさらに備え、

前記メンブレンの厚さ方向から見た前記形成領域側凹凸パターンの総面積に対する凹部の面積の割合が、前記メンブレンの厚さ方向から見た前記外部領域側凹凸パターンの総面積に対する凹部の面積の割合よりも大きい請求項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] 前記形成領域側凹凸パターンは、前記受容体の物性に応じた形状に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] 前記形成領域側凹凸パターンを形成する前記凸部又は前記凹部は、前記メンブレンの厚さ方向から見て円形に形成されている請求項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] 検出基材の表面の中心を含む予め設定した領域である第一表面領域に、複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された形成領域側凹凸パターンを形成する形成領域側凹凸パターン形成工程を備え、

前記形成領域側凹凸パターン形成工程では、前記形成領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間に溶液が存在することが可能な粗度を有するように形成領域側凹凸パターンを形成する表面応力センサの製造方法。

[請求項13] 前記検出基材のうち前記形成領域側凹凸パターンを形成した領域の周囲を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、前記メンブレンの中心よりも外側に配置された保持部材、前記メンブレンと前記保持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をさらに備え、

前記形成領域側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１２に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項14] 前記表面のうち前記第一表面領域の周囲を取り囲む領域である第二表面領域に複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された外部領域側凹凸パターンを形成する外部領域側凹凸パターン形成工程をさらに備え、

前記外部領域側凹凸パターン形成工程では、前記外部領域側凹凸パターンを形成する複数の凸部又は複数の凹部の隙間への溶液の進入を

防止することが可能な粗度を有するように外部領域側凹凸パターンを形成する請求項１２又は請求項１３に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項15] 前記形成領域側凹凸パターン形成工程と前記外部領域側凹凸パターン形成工程とを、同時に行う請求項１４に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項16] 前記検出基材のうち前記形成領域側凹凸パターンを形成した領域の周囲を除去することで、印加された表面応力によって撓むメンブレン、前記メンブレンの中心よりも外側に配置された保持部材、前記メンブレンと前記保持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をさらに備え、

前記外部領域側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１４又は請求項１５に記載した表面応力センサの製造方法。

[請求項17] 前記形成領域側凹凸パターン形成工程及び前記外部領域側凹凸パターン形成工程では、前記形成領域側凹凸パターンの粗度が前記外部領域側凹凸パターンの粗度よりも低くなるように前記形成領域側凹凸パターンと前記外部領域側凹凸パターンとを形成する請求項１４から請求項１６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18] 前記表面のうち前記第一表面領域の周囲を取り囲む領域である第二表面領域に複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された外部領域側凹凸パターンを形成する外部領域側凹凸パターン形成工程をさらに備え、

前記形成領域側凹凸パターン形成工程及び前記外部領域側凹凸パターン形成工程では、前記形成領域側凹凸パターンに形成される凹部の深さが、前記外部領域側凹凸パターンに形成される凹部の深さよりも大きくなるように、前記形成領域側凹凸パターンと前記外部領域側凹

凸パターンを形成する請求項１２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の製造方法。

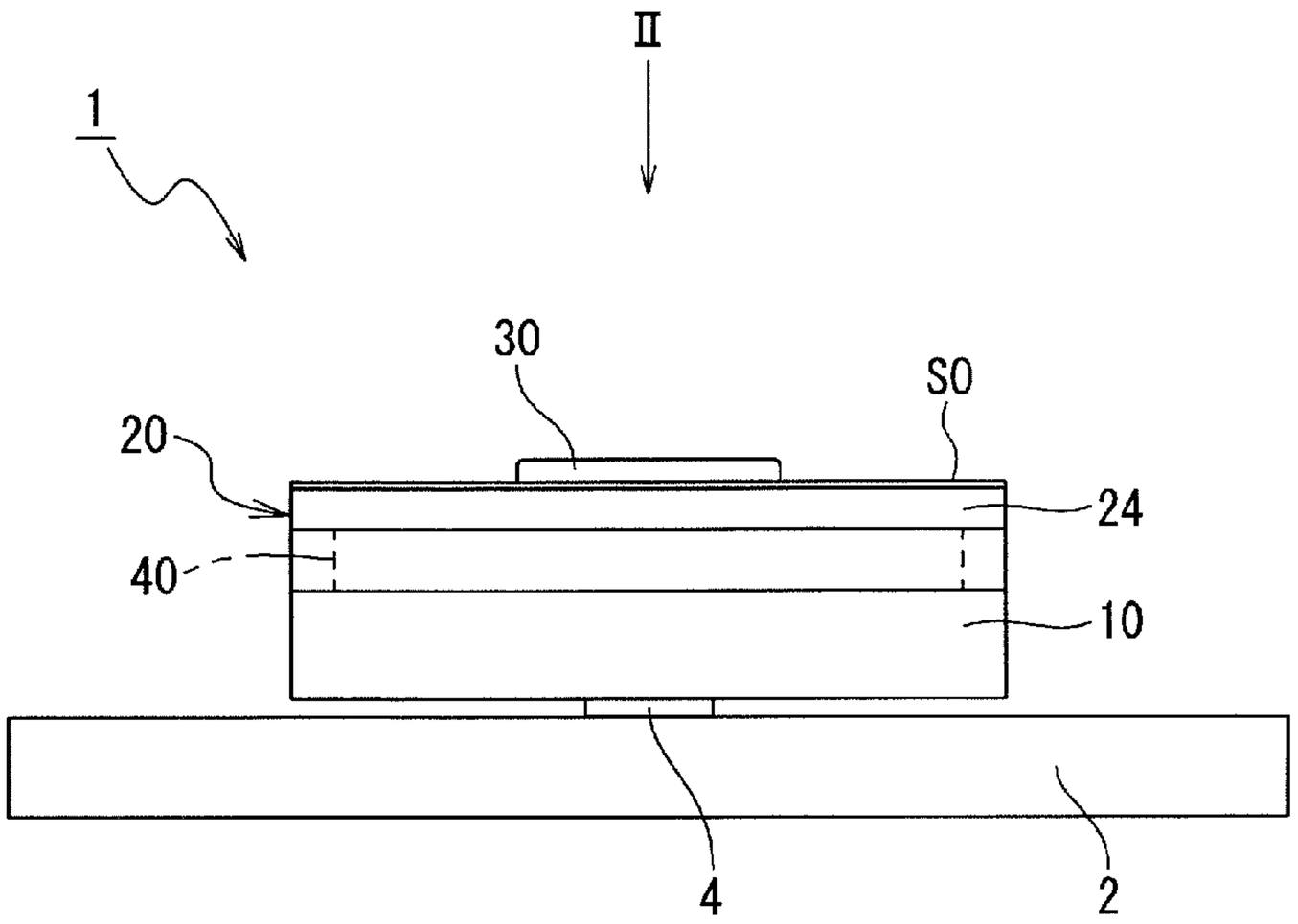
[請求項19] 前記表面のうち前記第一表面領域の周囲を取り囲む領域である第二表面領域に複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された外部領域側凹凸パターンを形成する外部領域側凹凸パターン形成工程をさらに備え、

前記形成領域側凹凸パターン形成工程及び前記外部領域側凹凸パターン形成工程では、前記検出基材の厚さ方向から見た前記形成領域側凹凸パターンを形成する隣り合う前記凸部又は隣り合う前記凹部のピッチが、前記検出基材の厚さ方向から見た前記外部領域側凹凸パターンを形成する隣り合う前記凸部又は隣り合う前記凹部のピッチよりも大きくなるように、前記形成領域側凹凸パターンと前記外部領域側凹凸パターンを形成する請求項１２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の製造方法。

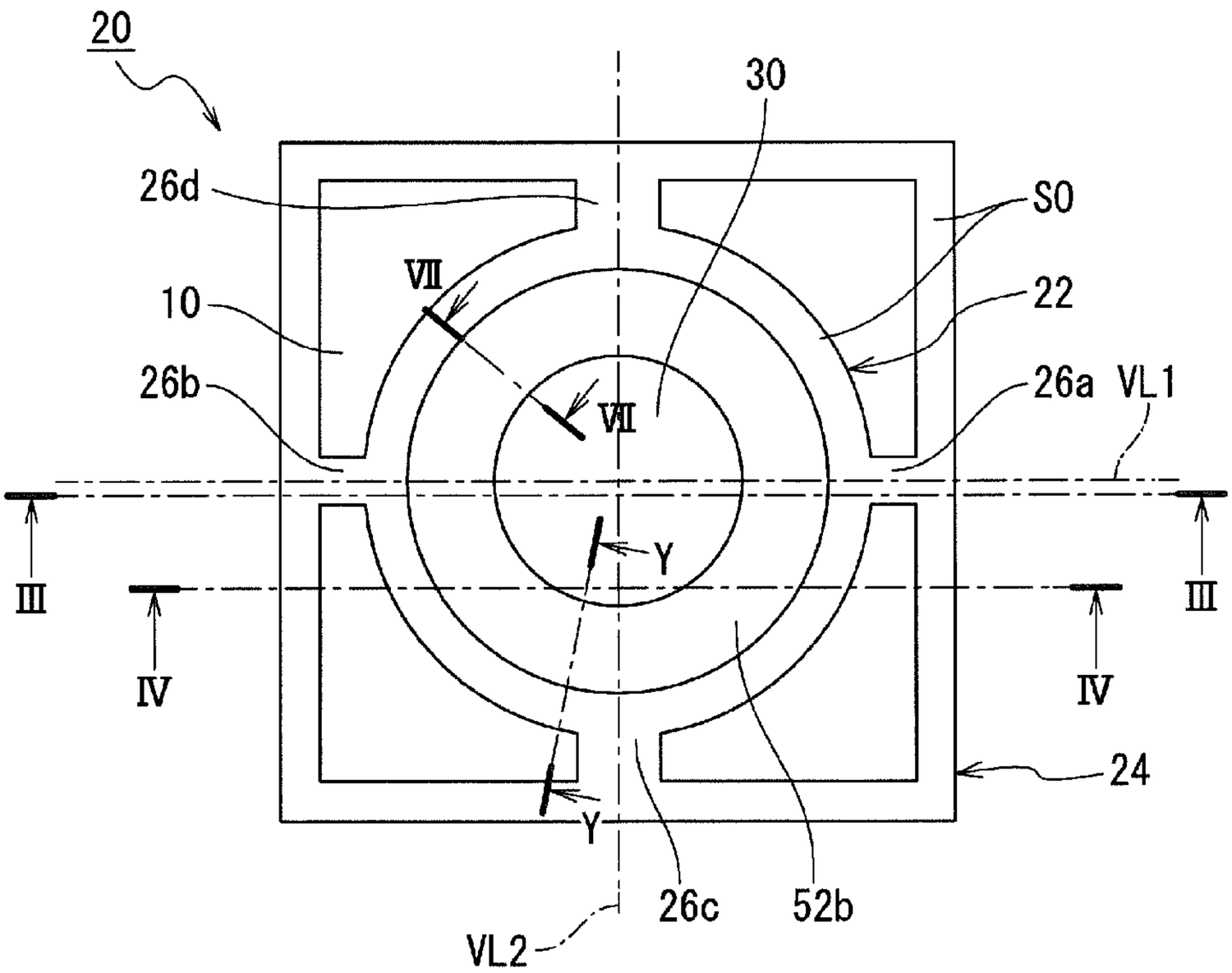
[請求項20] 前記表面のうち前記第一表面領域の周囲を取り囲む領域である第二表面領域に複数の凸部又は複数の凹部が連続したパターンで形成された外部領域側凹凸パターンを形成する外部領域側凹凸パターン形成工程をさらに備え、

前記形成領域側凹凸パターン形成工程及び前記外部領域側凹凸パターン形成工程では、前記検出基材の厚さ方向から見た前記形成領域側凹凸パターンの総面積に対する凹部の面積の割合が、前記検出基材の厚さ方向から見た前記外部領域側凹凸パターンの総面積に対する凹部の面積の割合よりも大きくなるように、前記形成領域側凹凸パターンと前記外部領域側凹凸パターンを形成する請求項１２から請求項１９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。

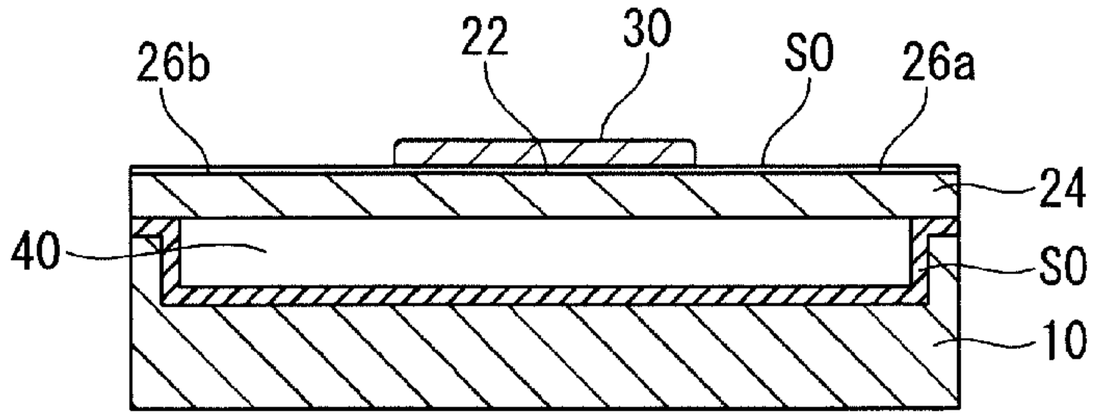
[図1]


II
1
30
S0
20
24
40
10
4
2

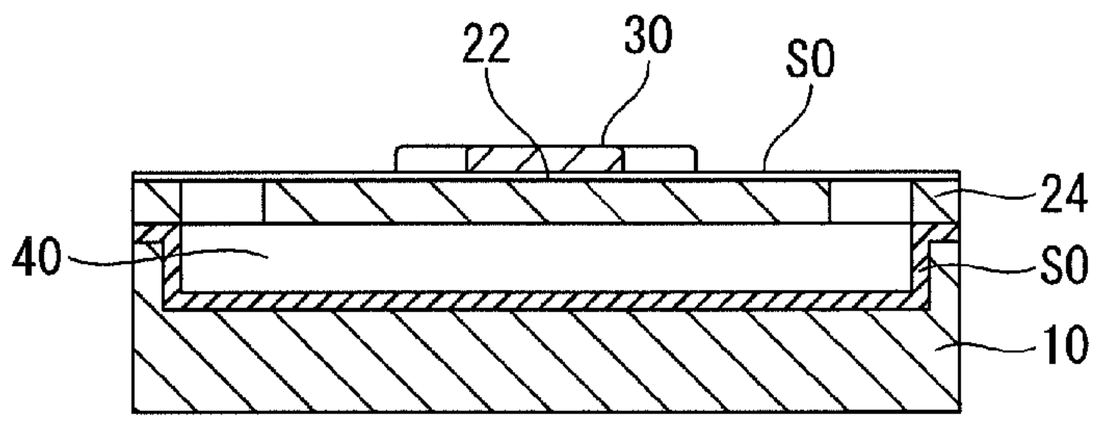
[図2]


20
30
26d
S0
VII
22
10
26b
26a
VL1
VII
III
III
Y
IV
IV
24
Y
26c
52b
VL2

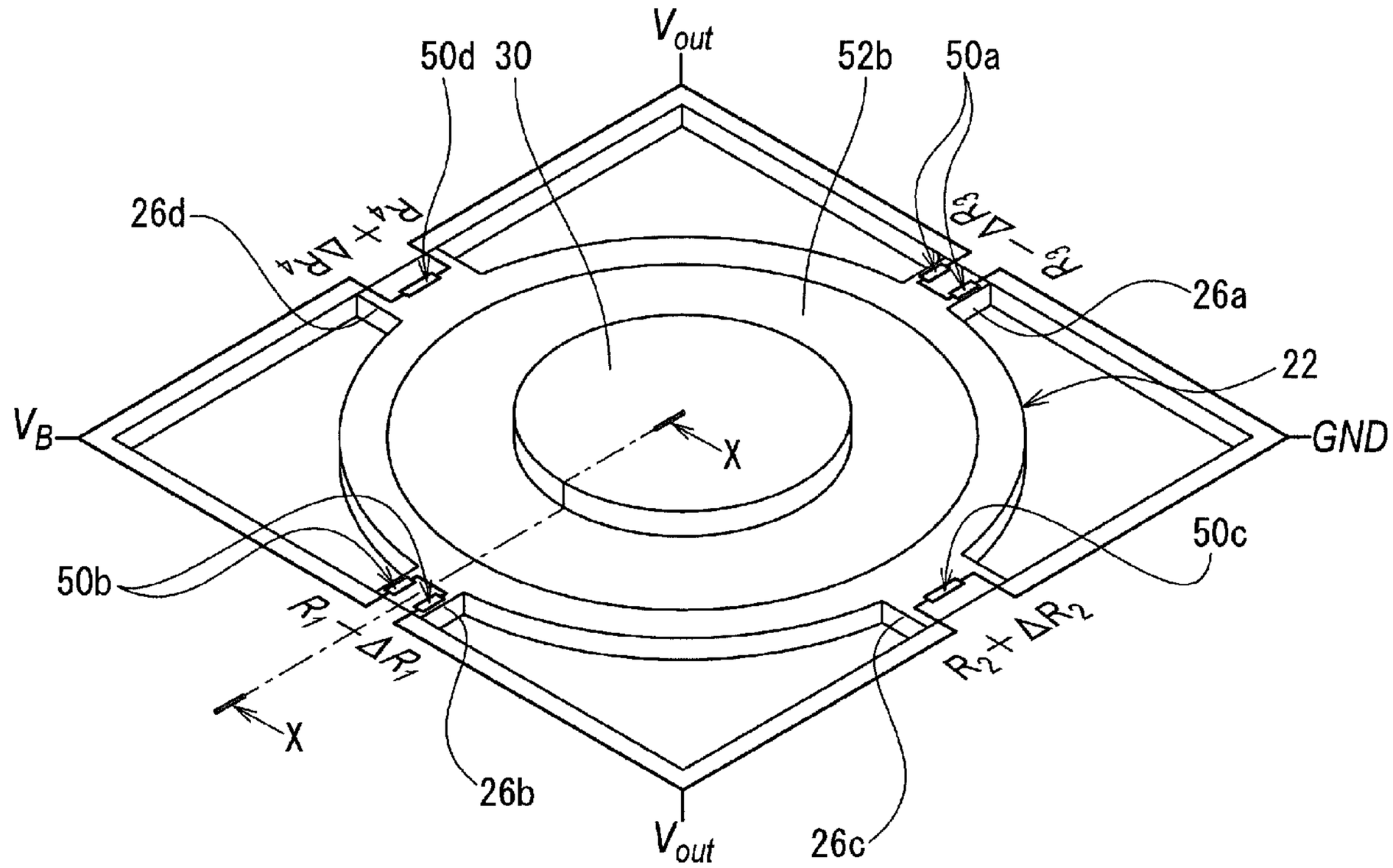
[図3]


26b
22
30
S0
26a
24
40
S0
10

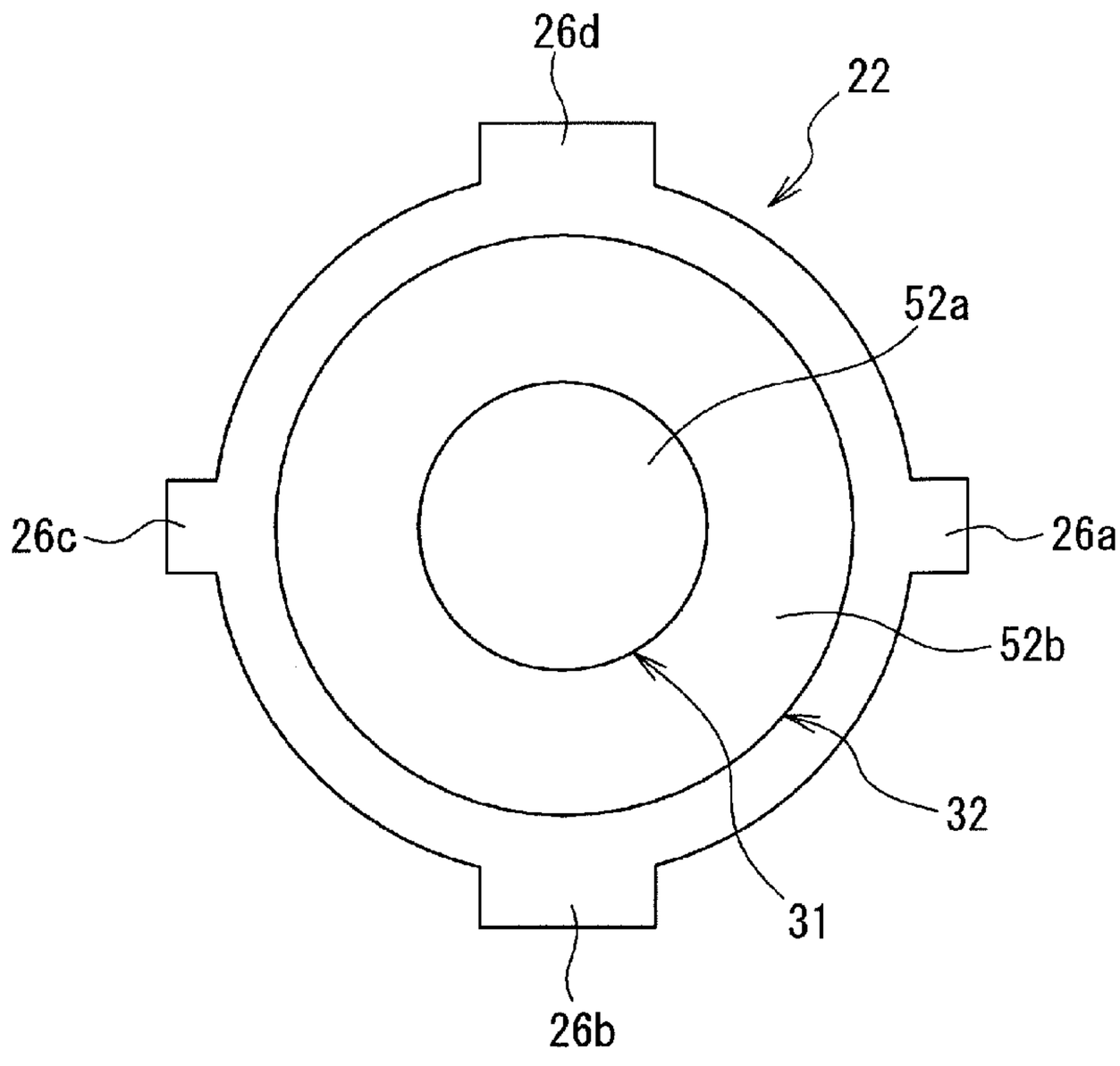
[図4]


22
30
S0
24
40
S0
10

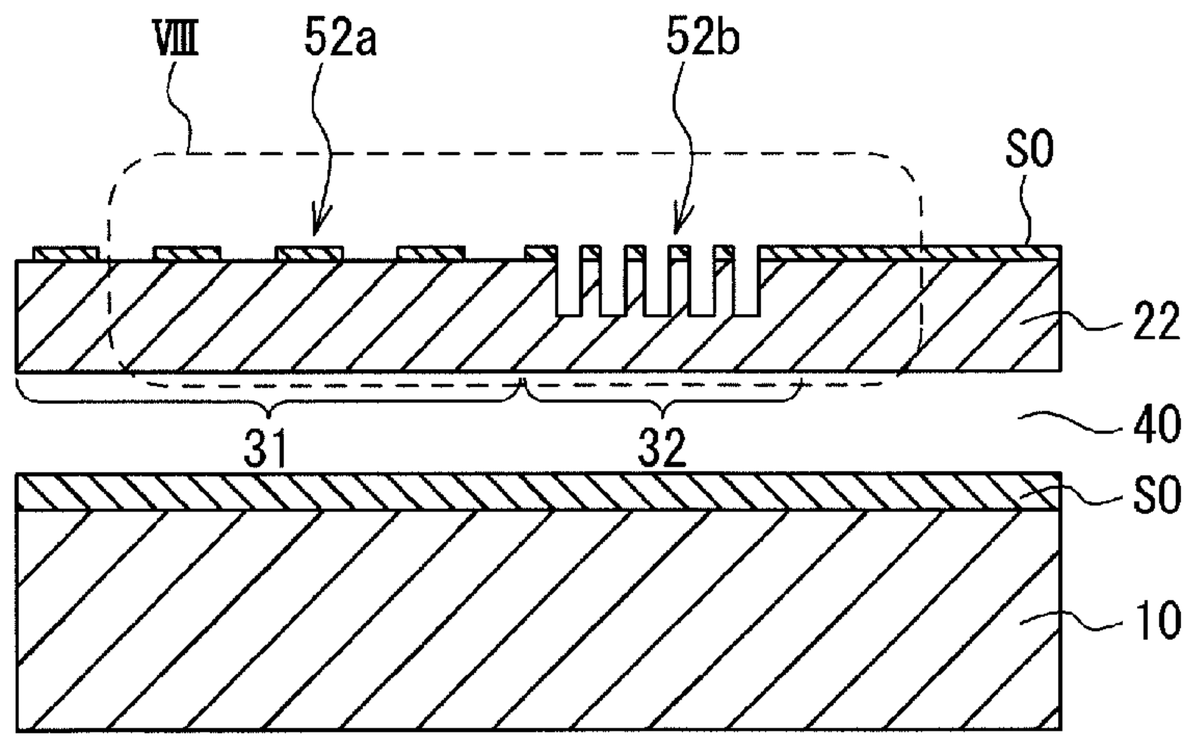
[図5]


V_{out}
50d
30
52b
50a
26d
$R_4+\Delta R_4$
$R_3-\Delta R_3$
26a
22
V_B
X
GND
50c
50b
$R_1+\Delta R_1$
$R_2+\Delta R_2$
X
26b
V_{out}
26c

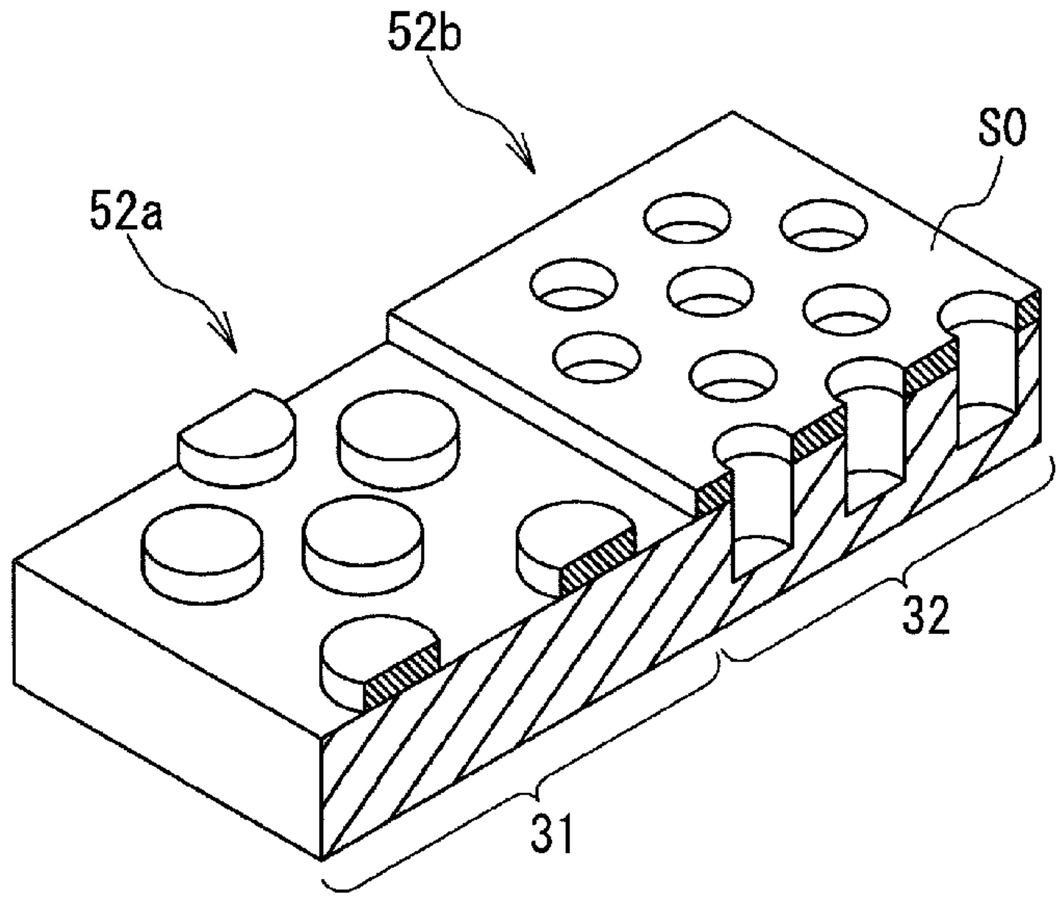
[図6]



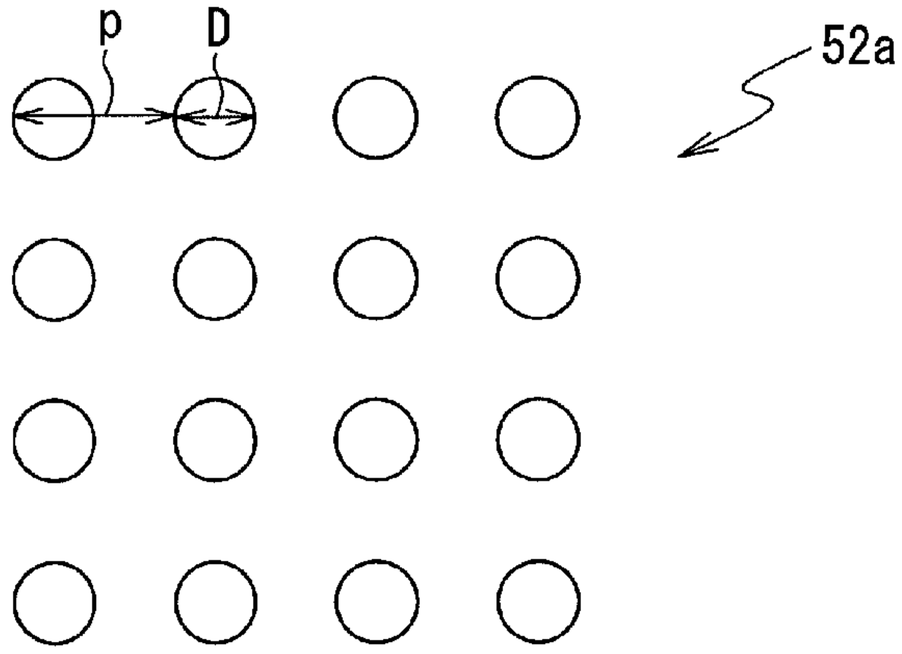
[図7]



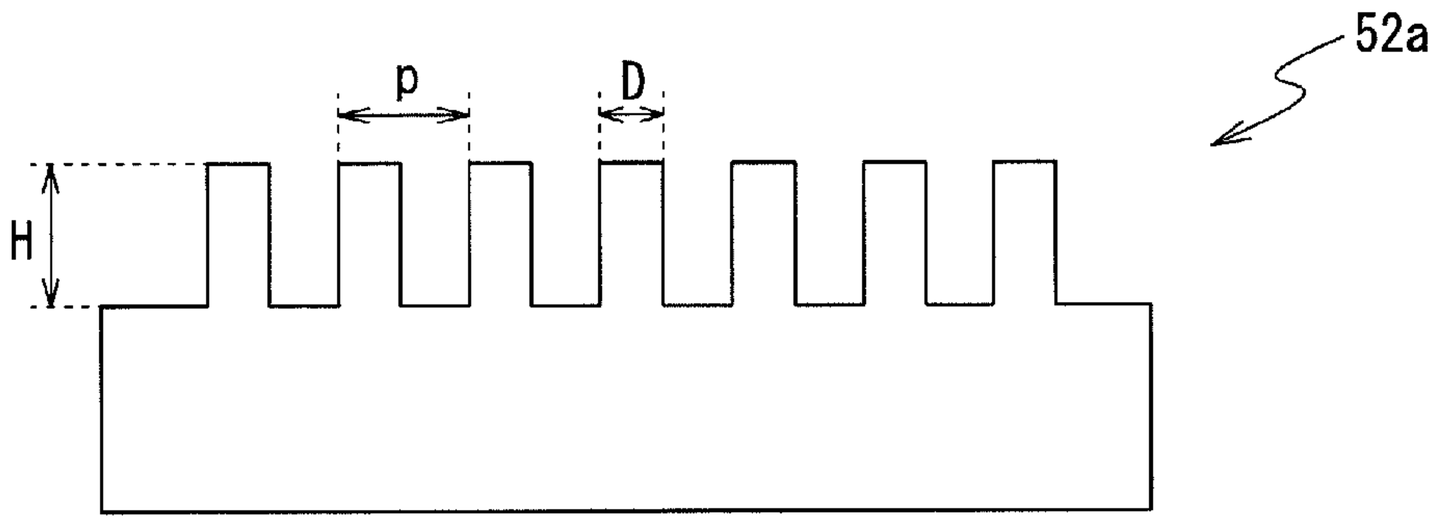
[図8]



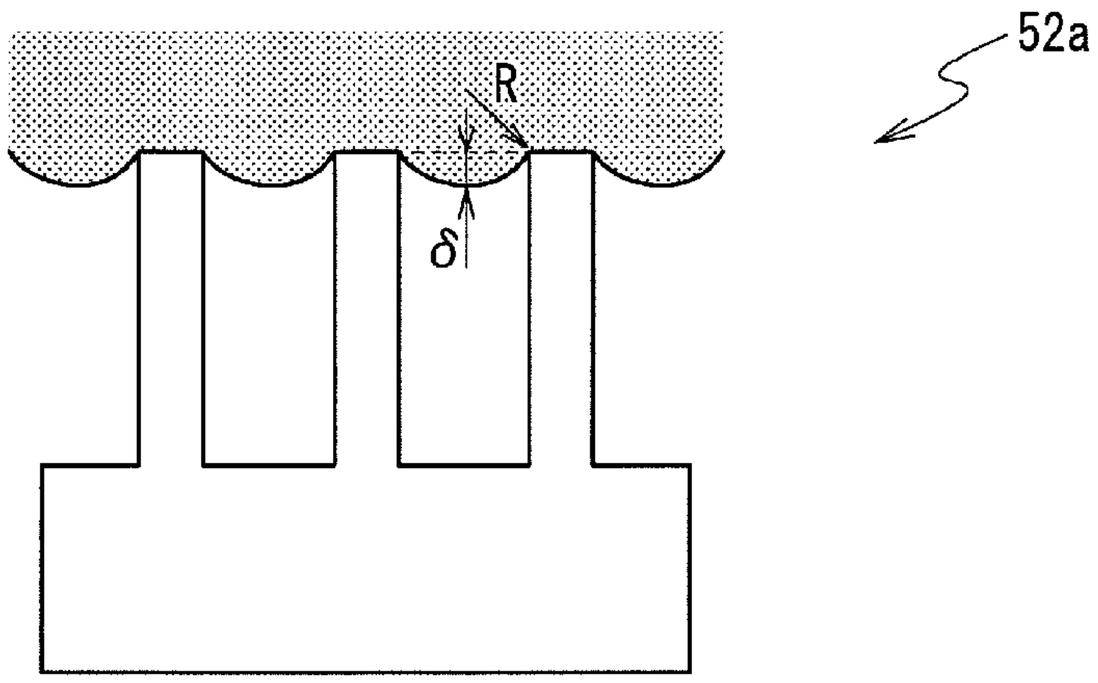
[図9]



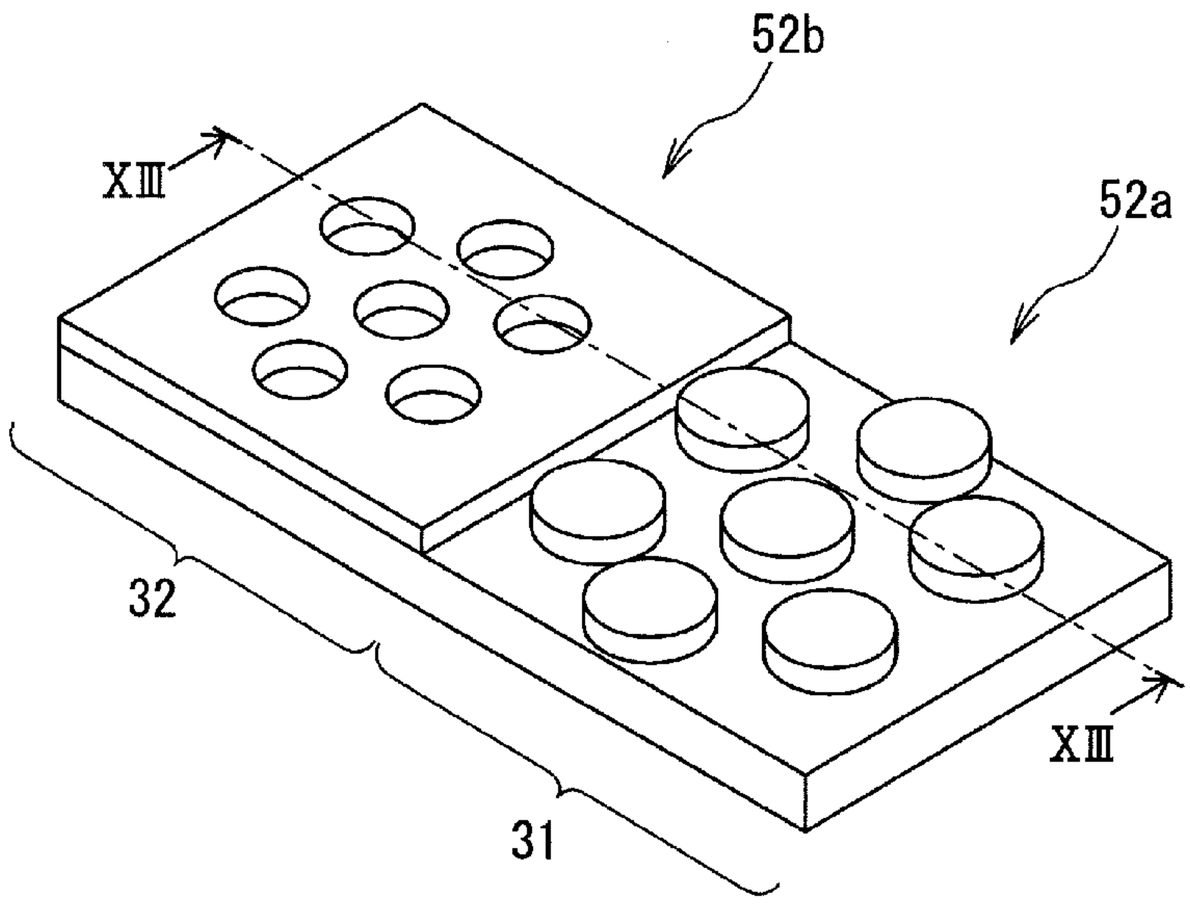
[図10]



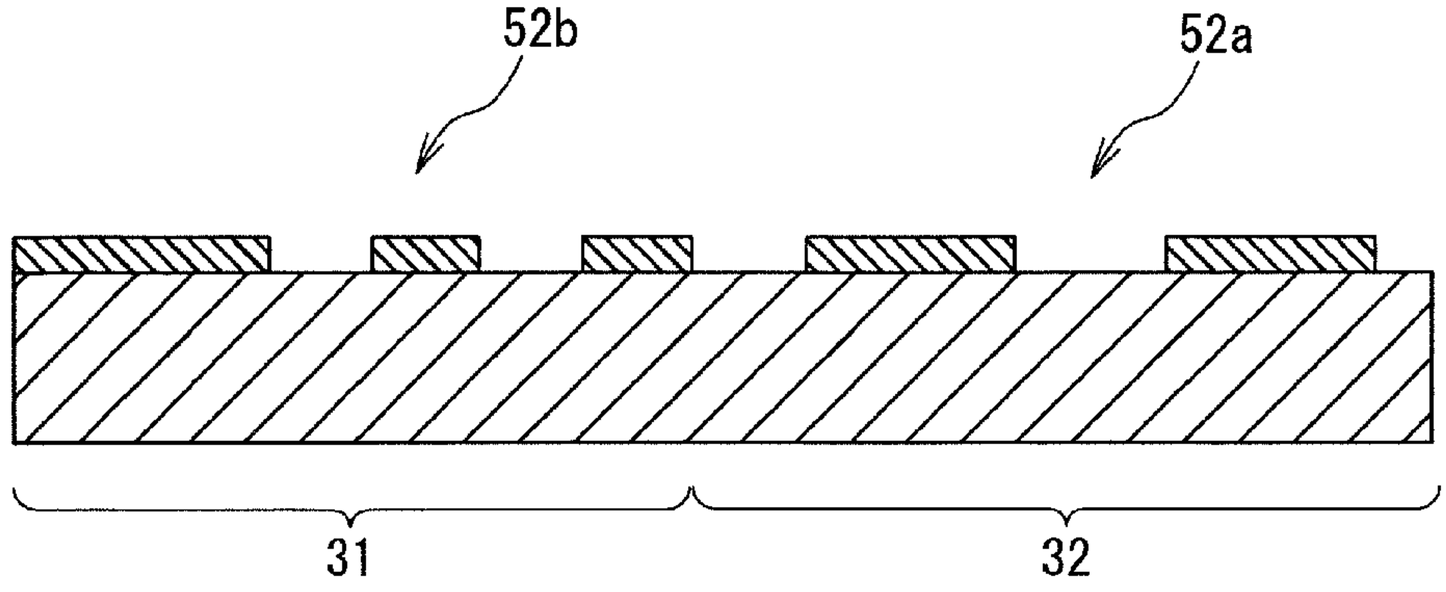
[図11]



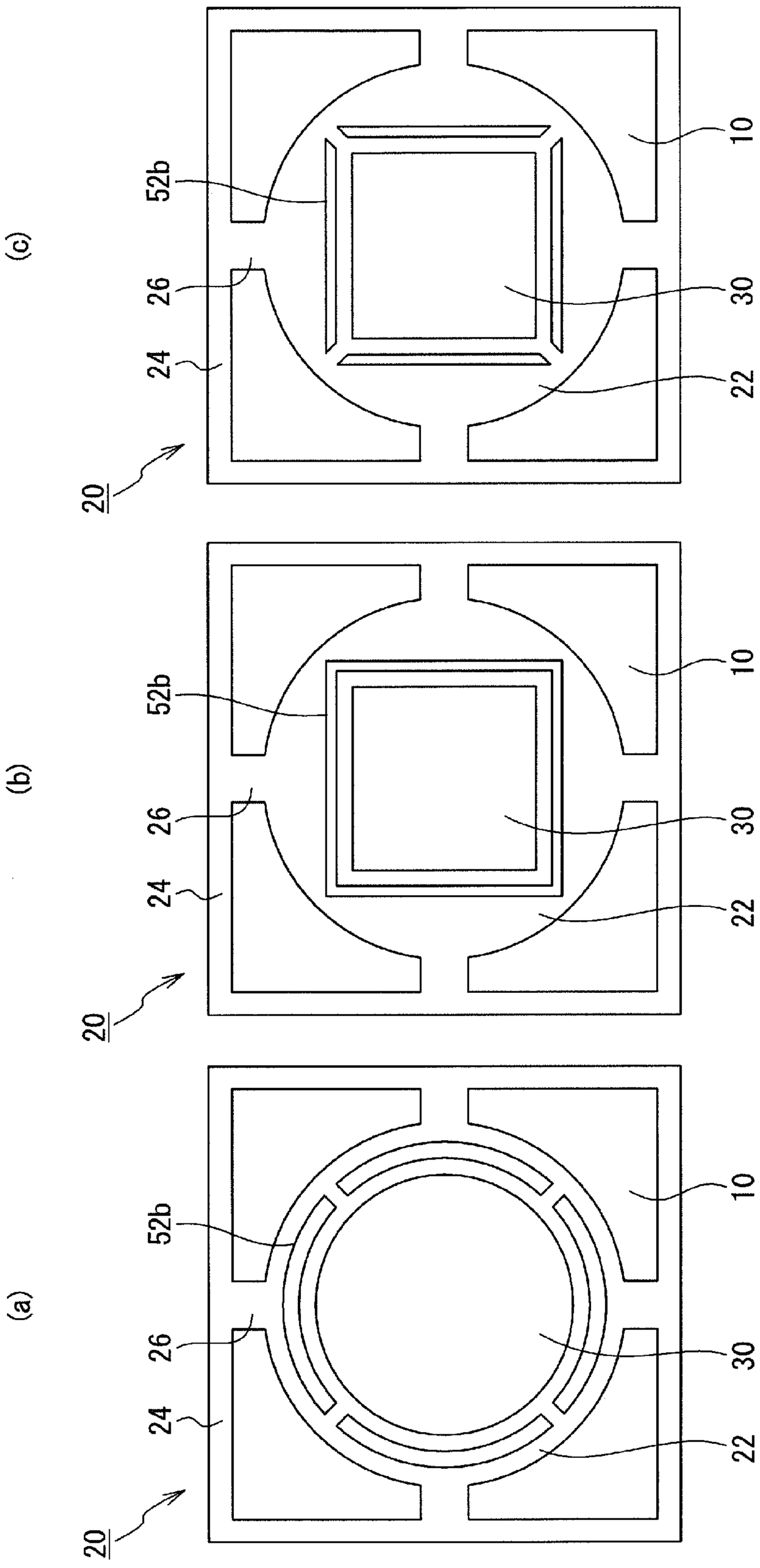
[図12]



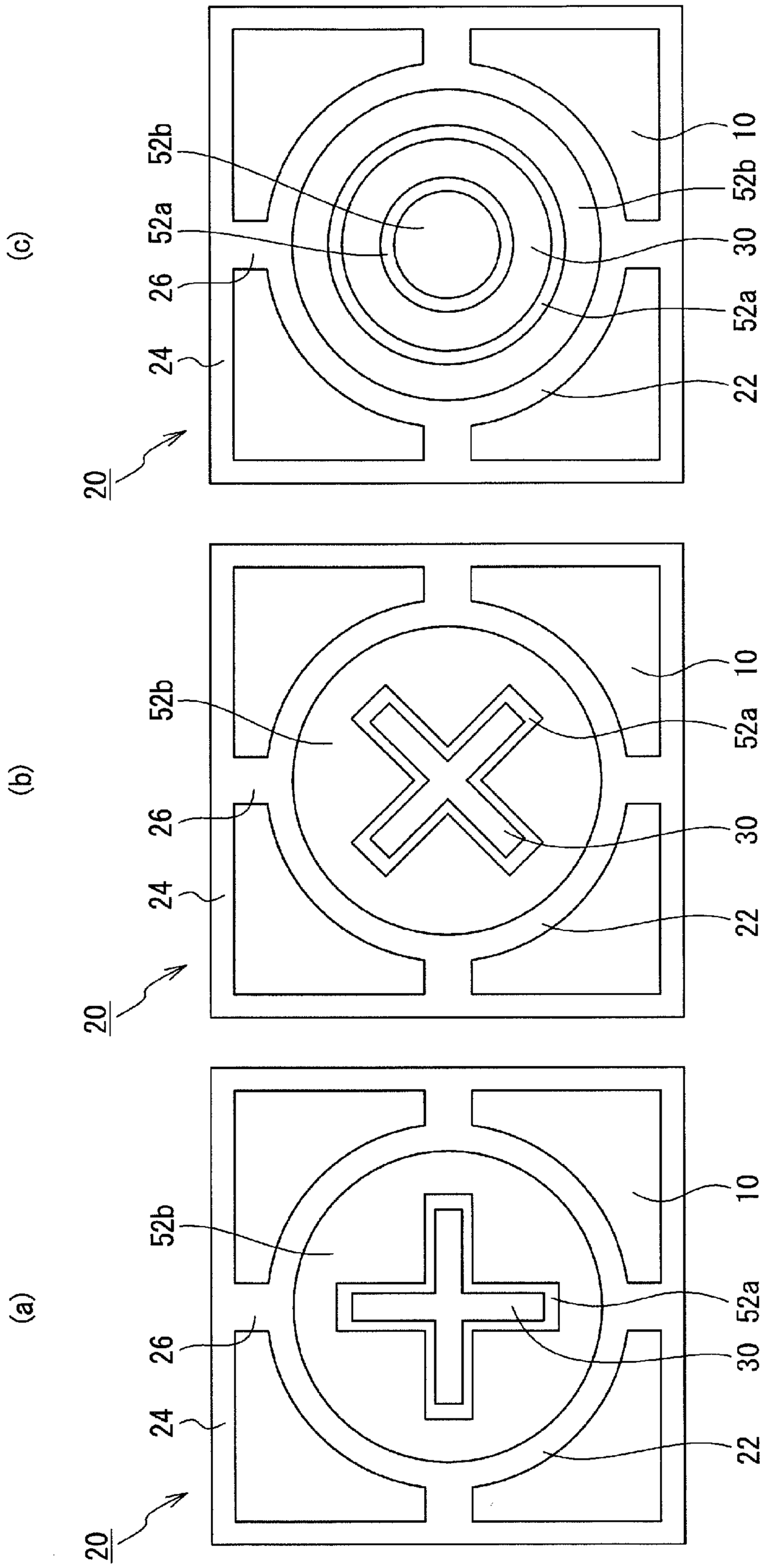
[図13]



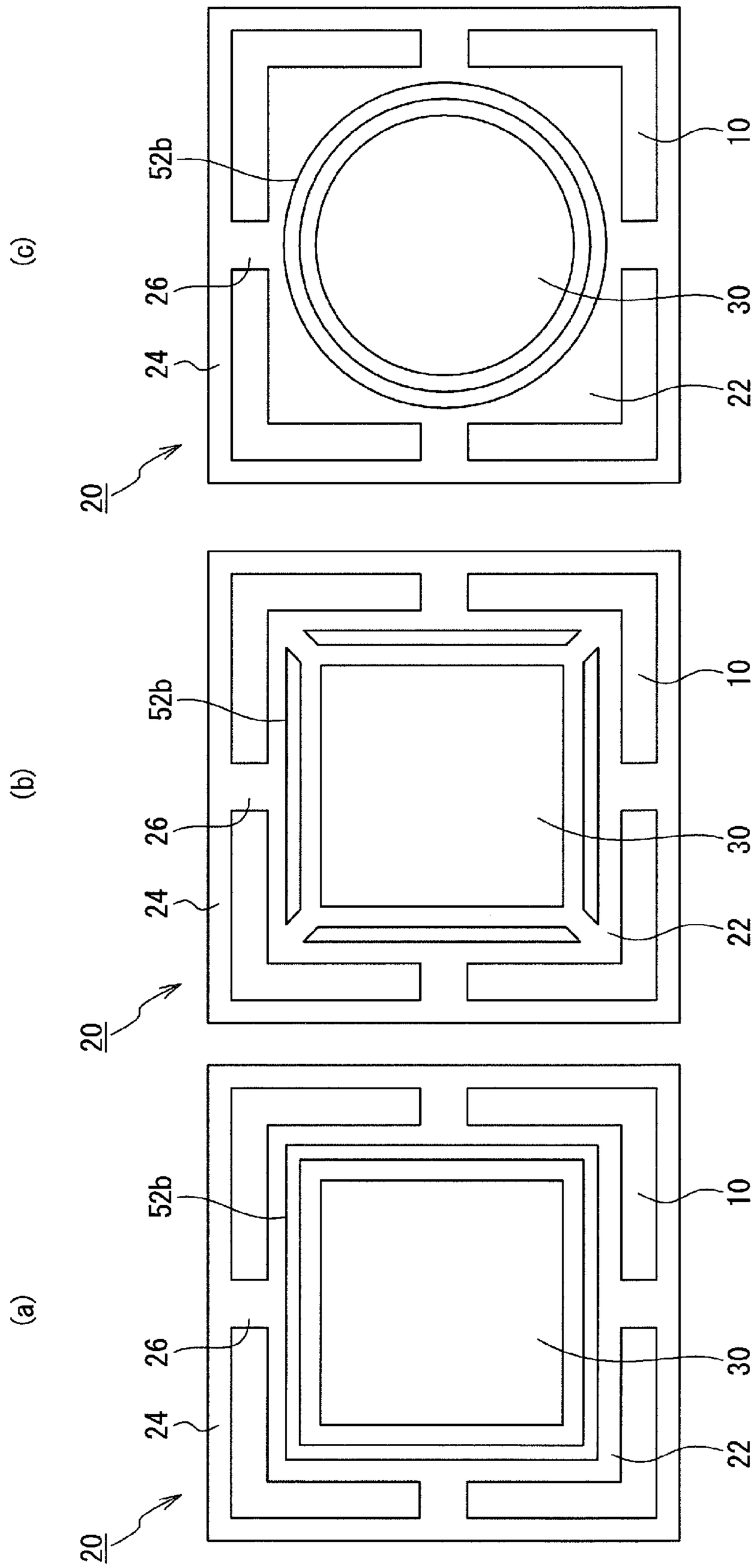
[図14]



[図15]

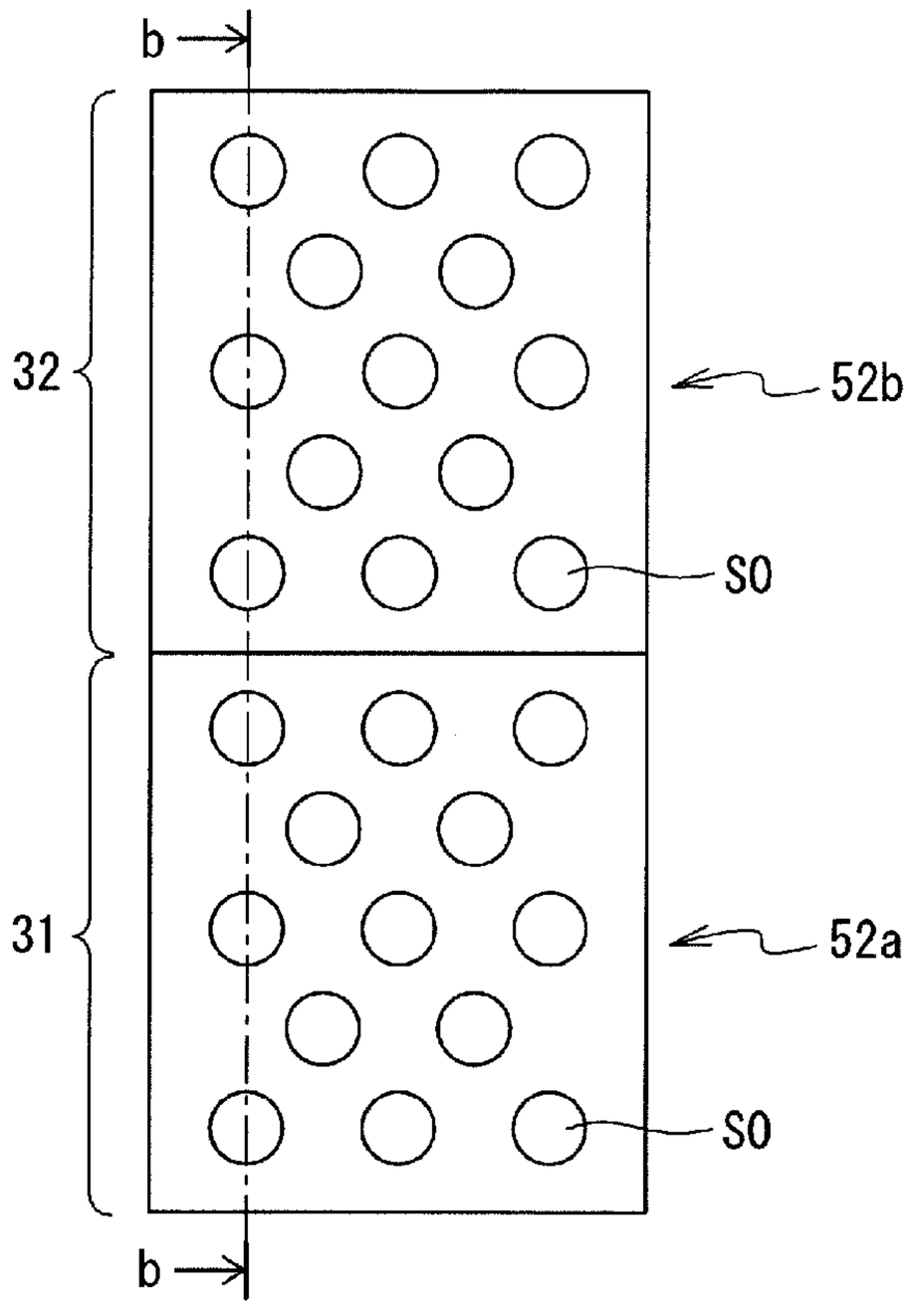

(c)
52b
52a
26
24
20
10
52b
30
52a
22
(b)
52b
26
24
20
10
52a
30
22
(a)
52b
26
24
20
10
52a
30
22

[図16]

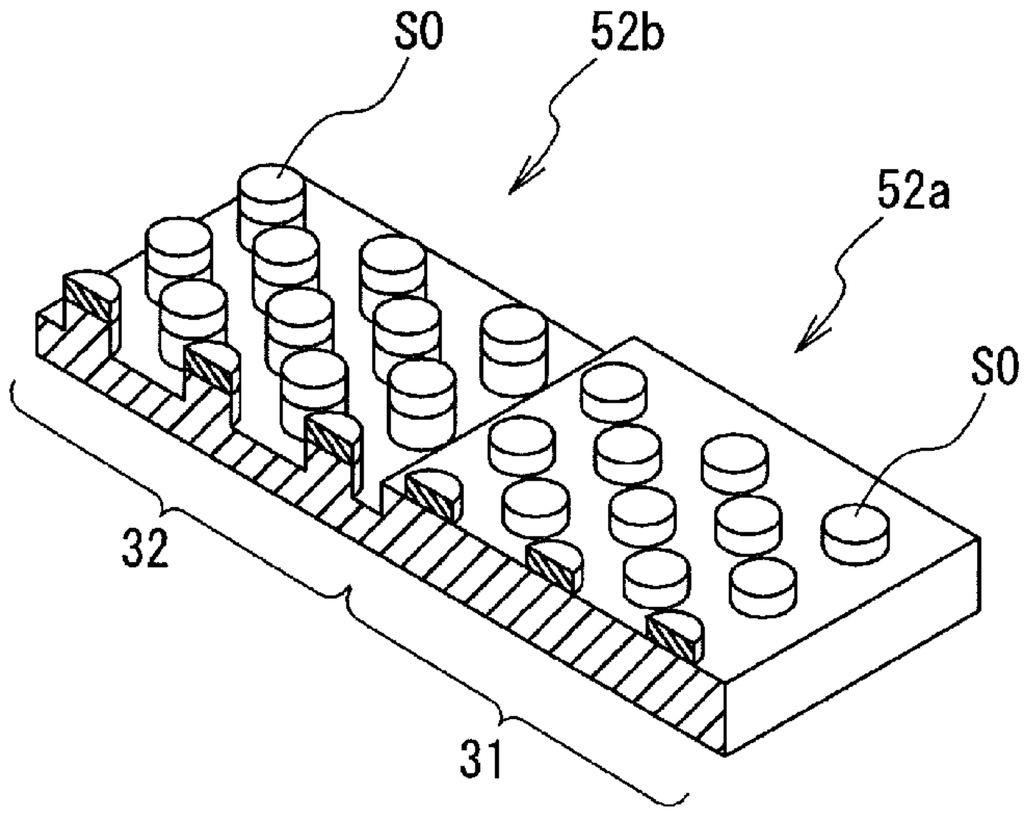


[図17]

(a)

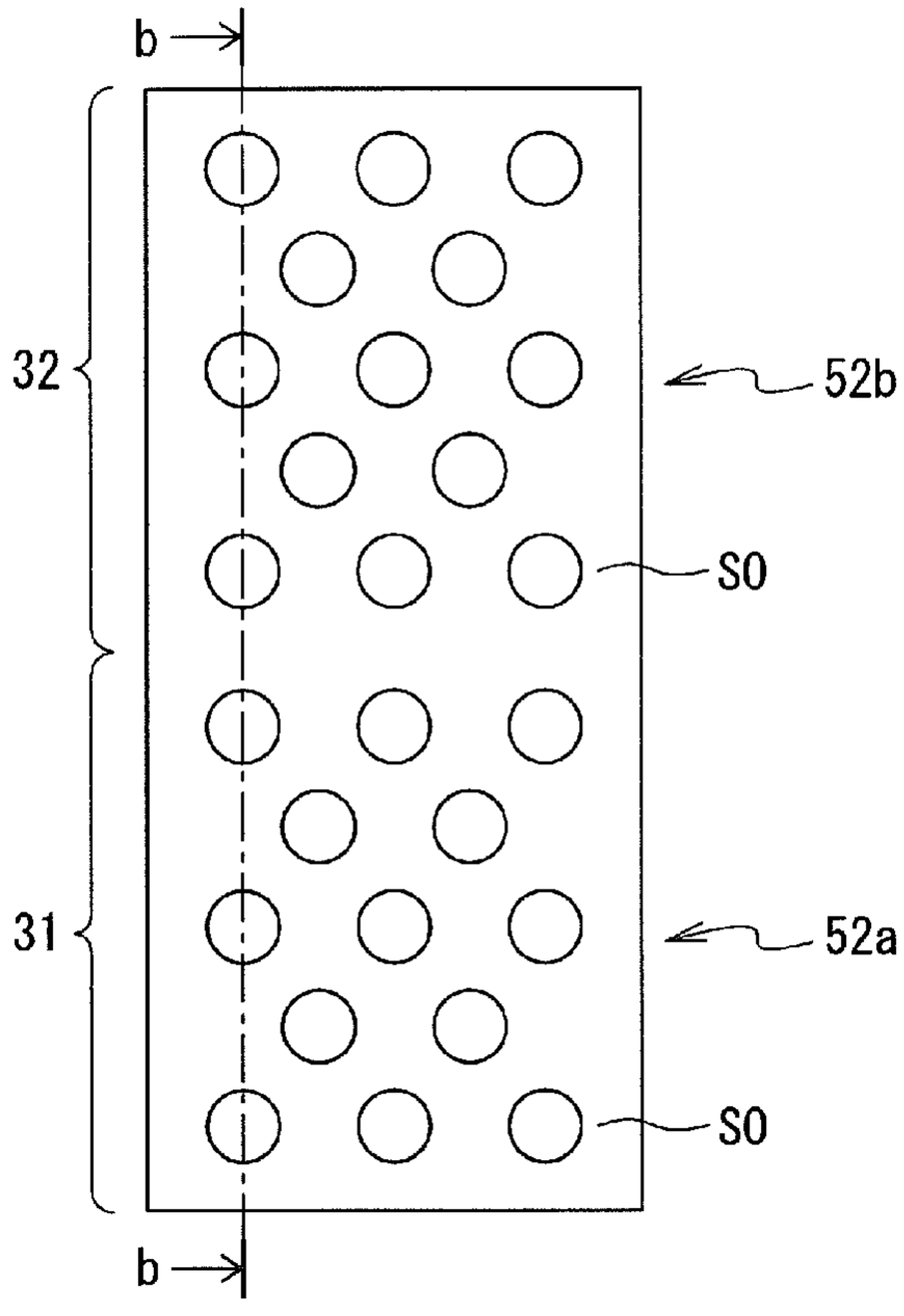


(b)

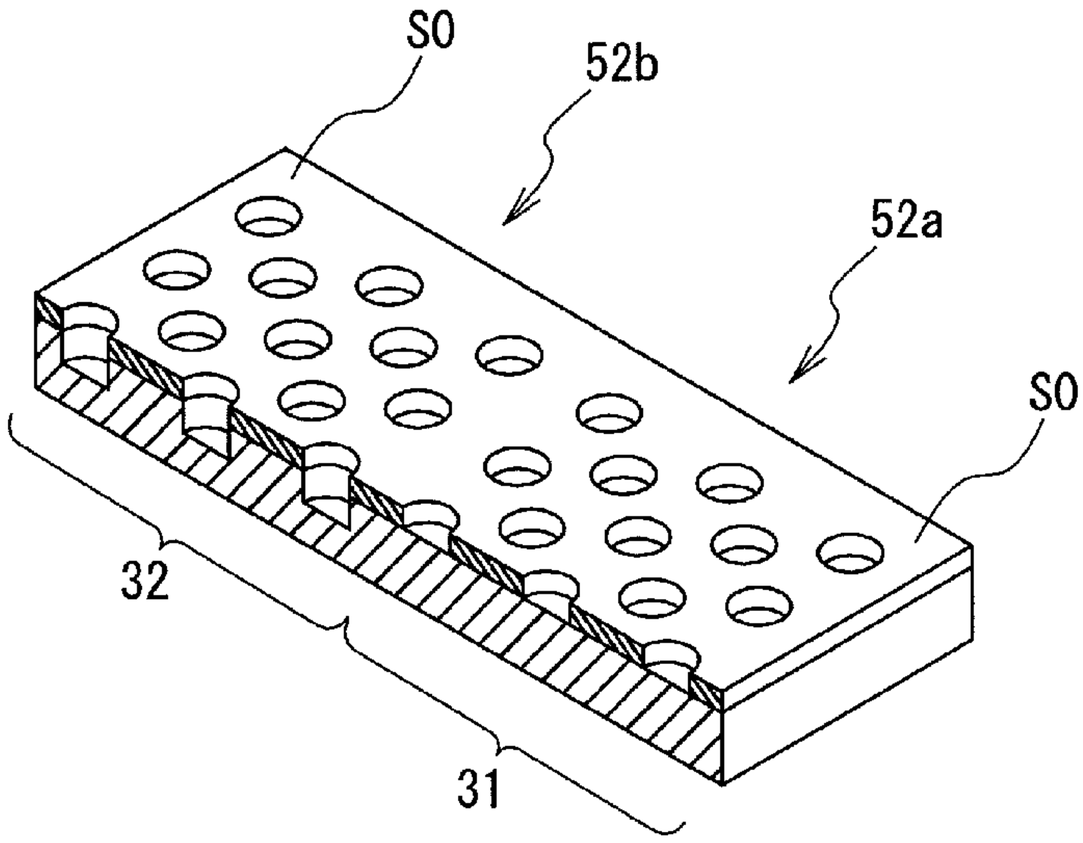


[図18]

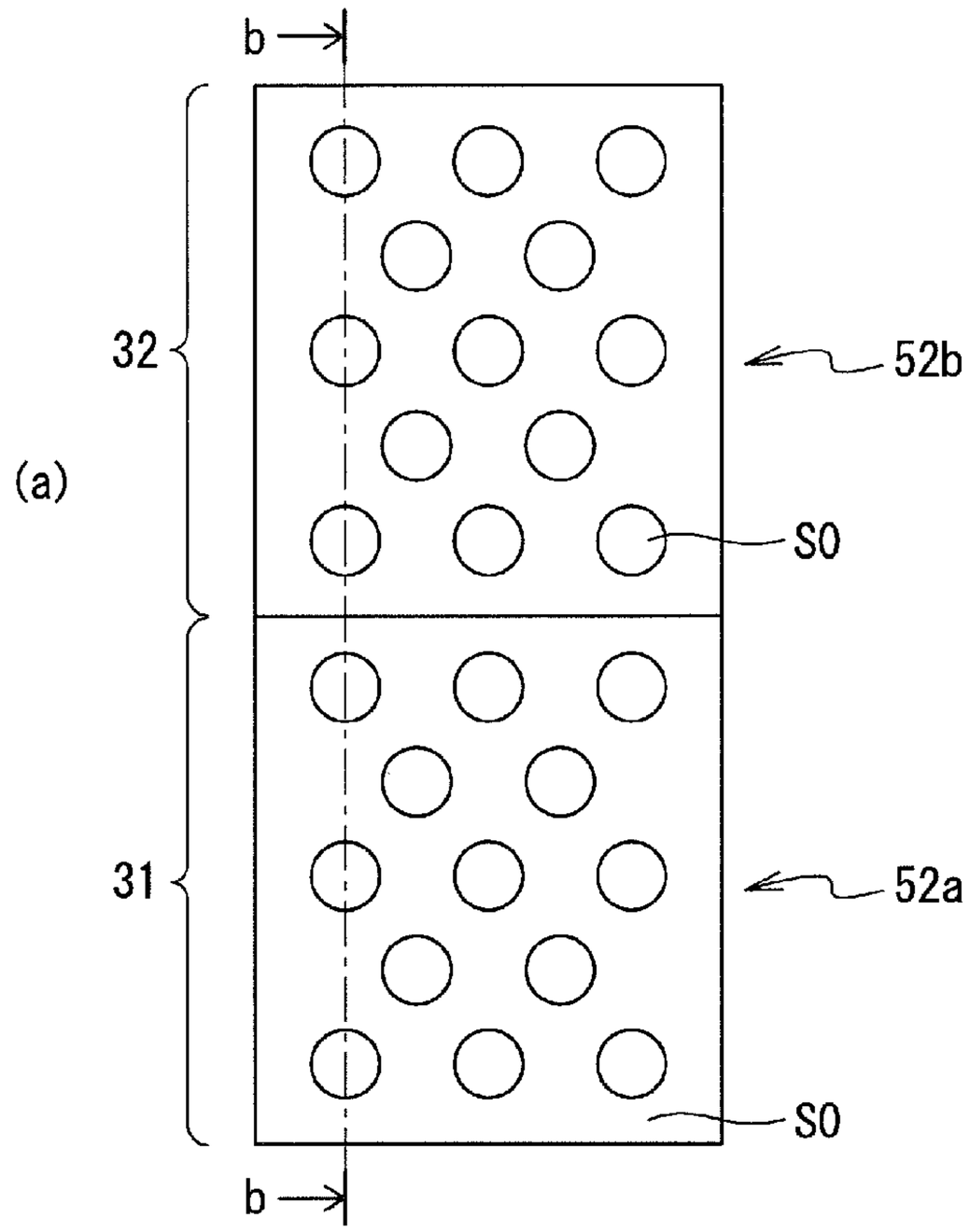
(a)

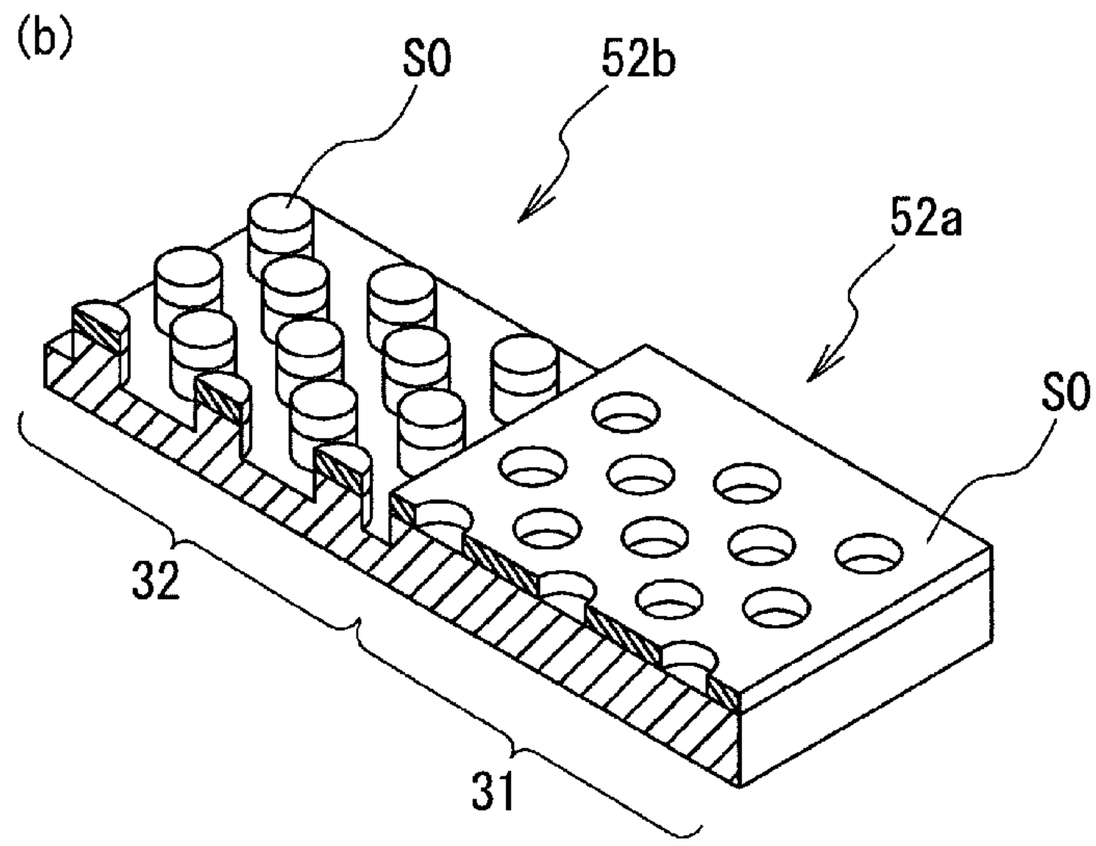


(b)

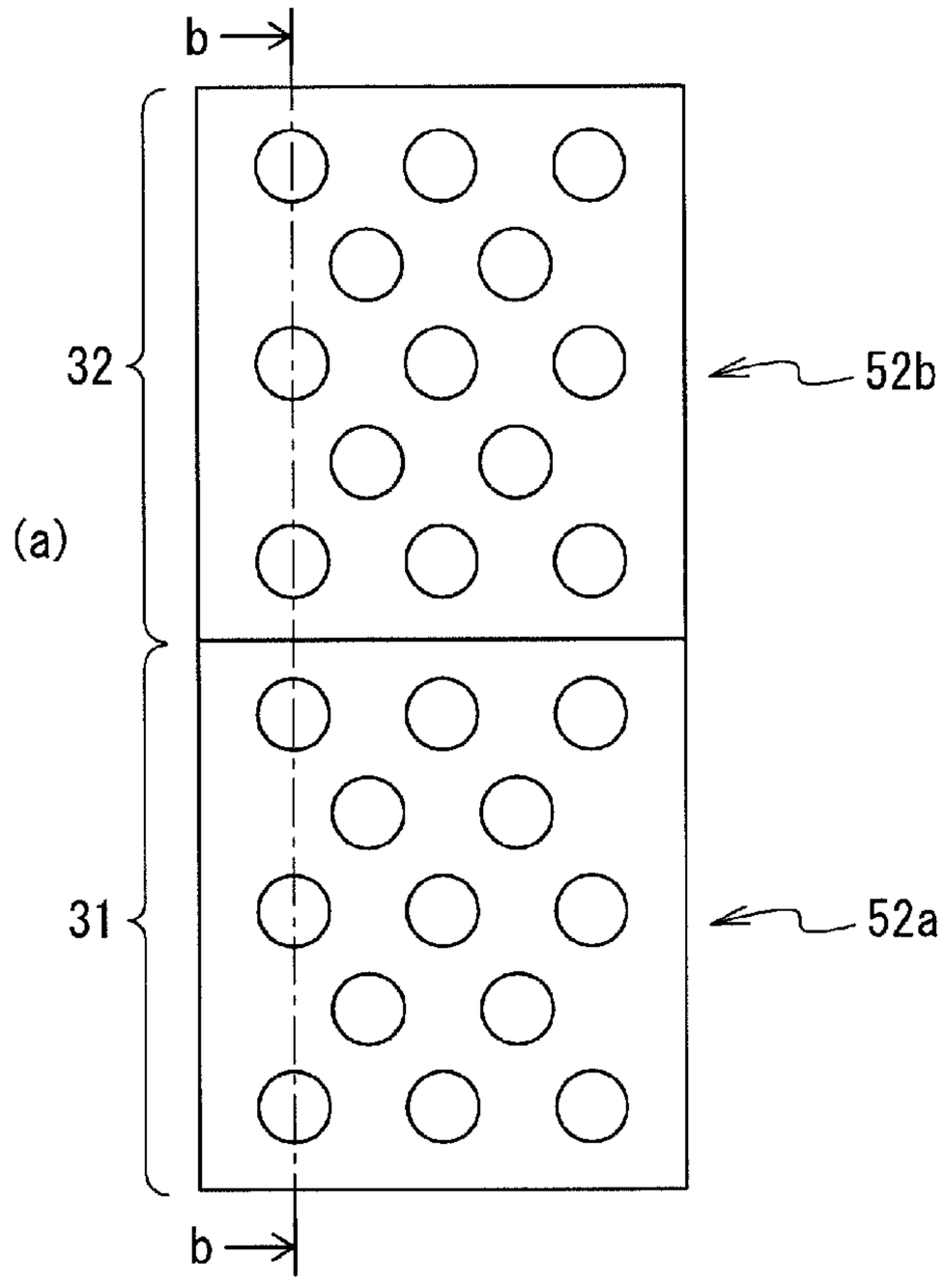


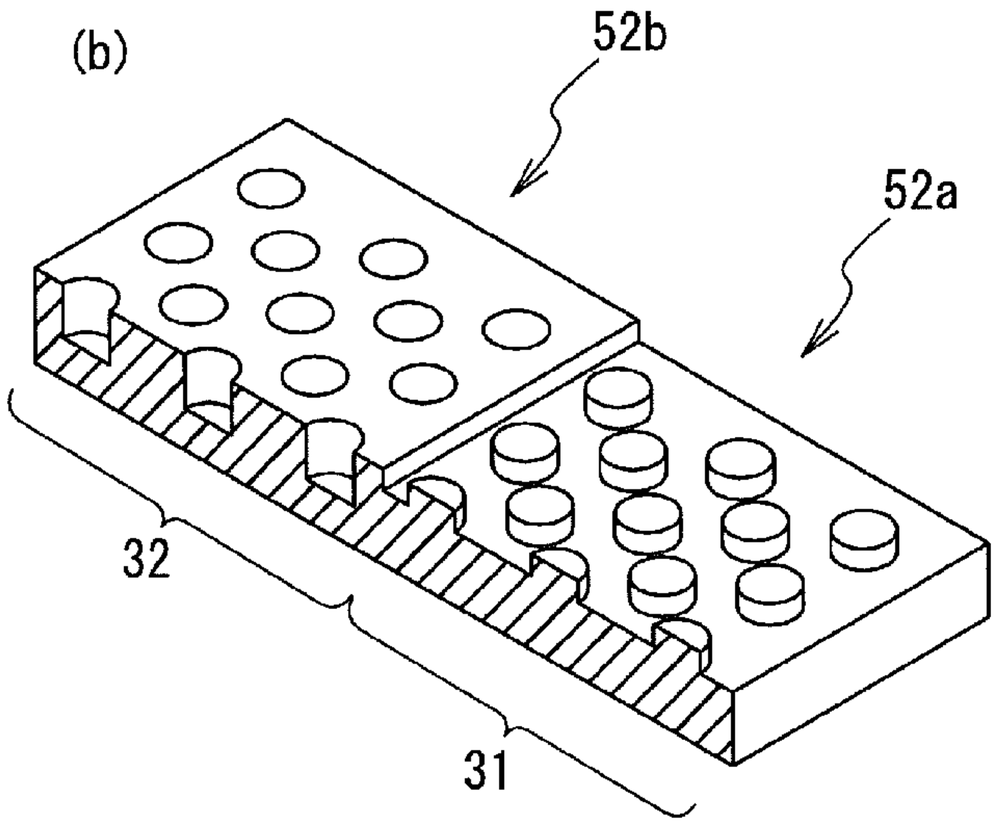
[図19]



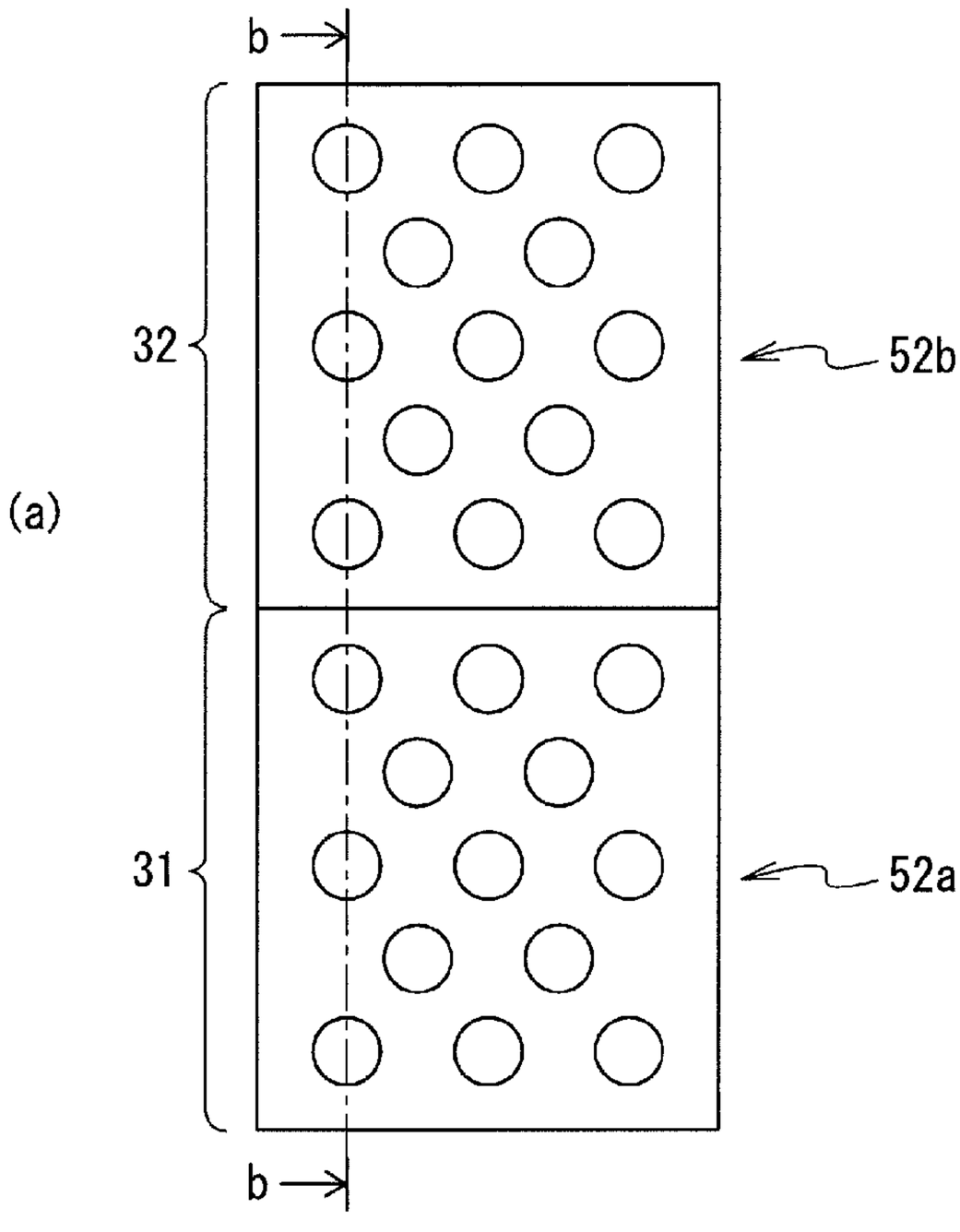


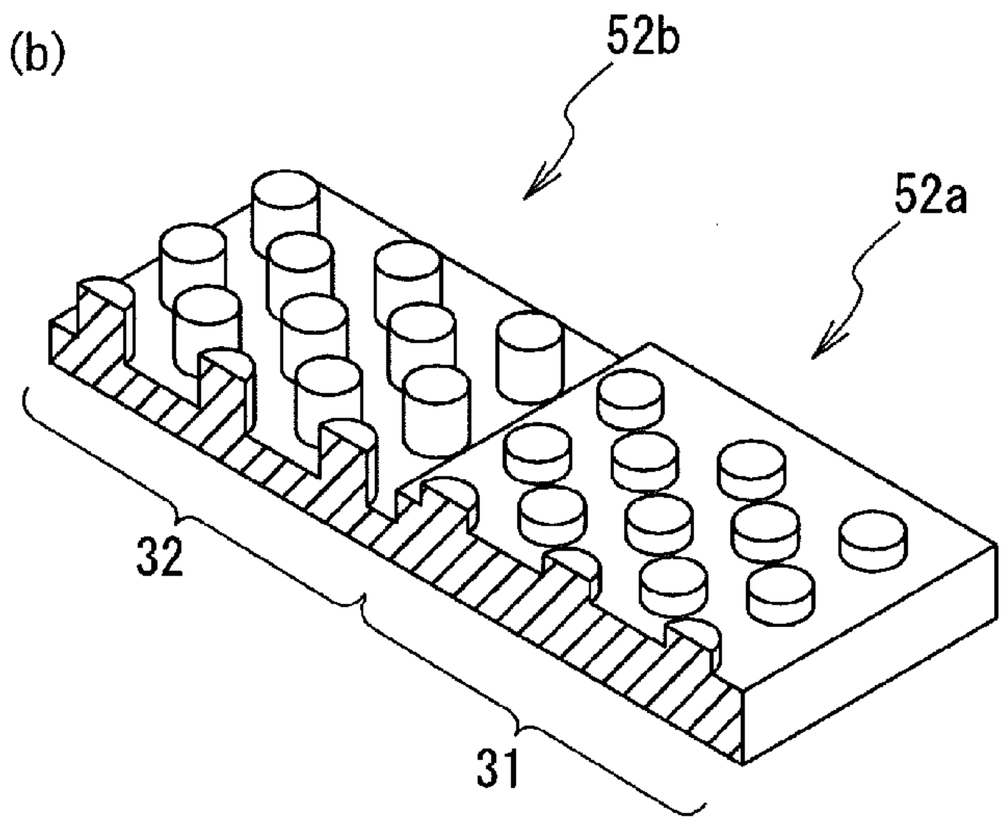
[図20]



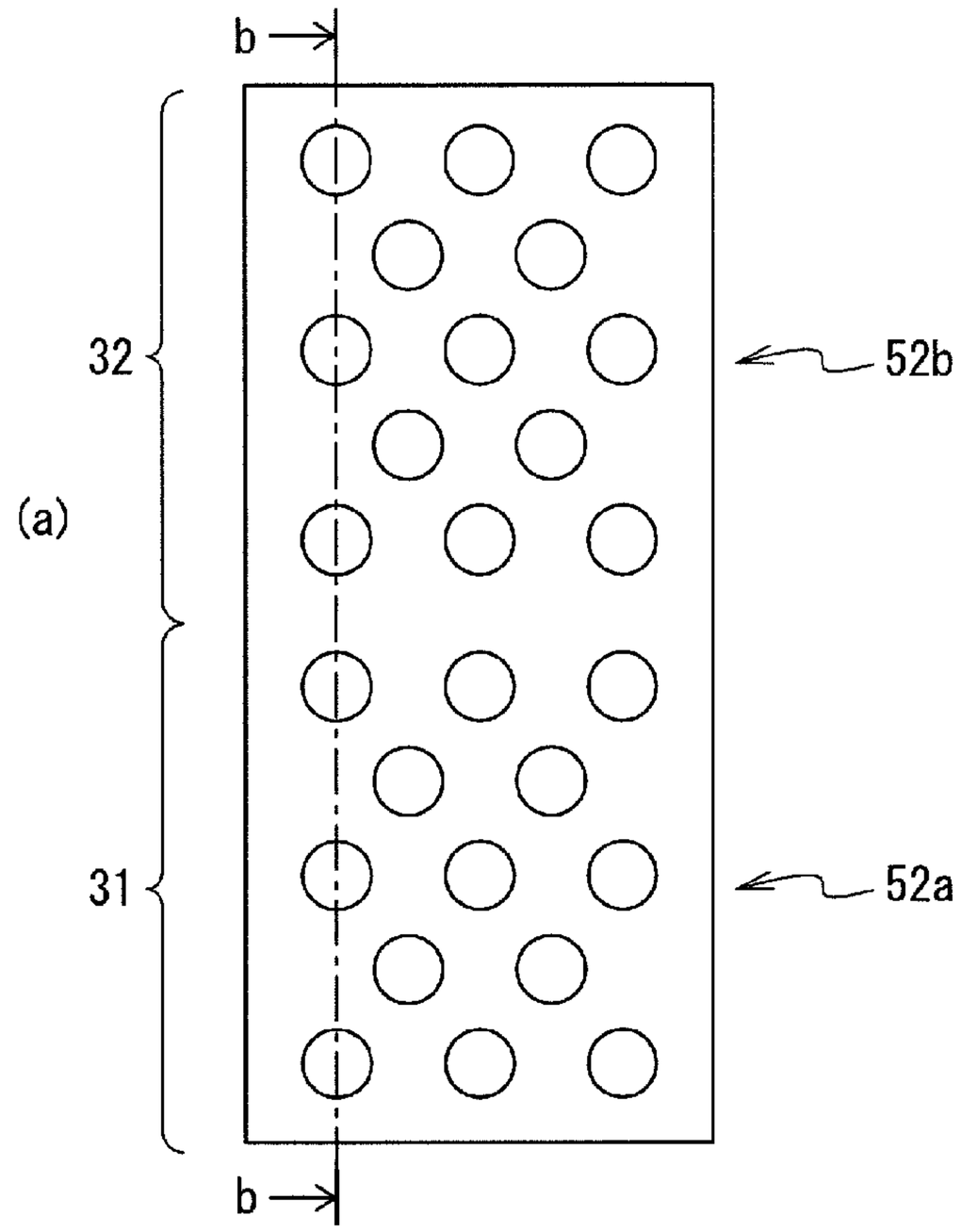


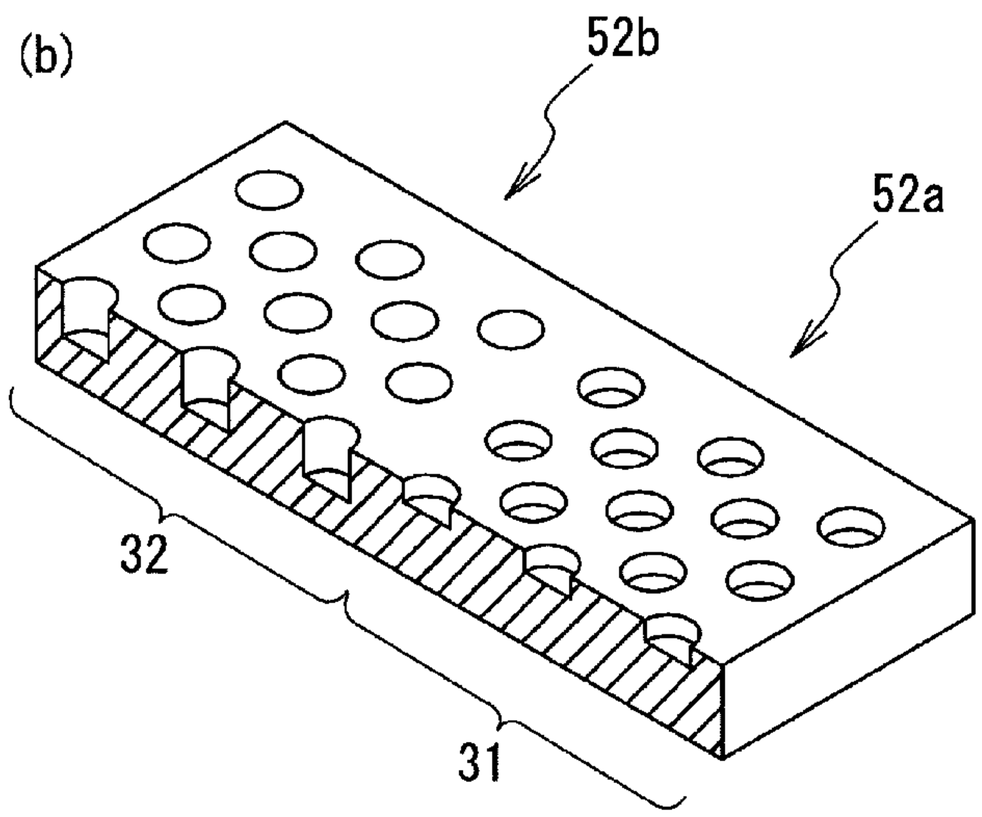
[図21]



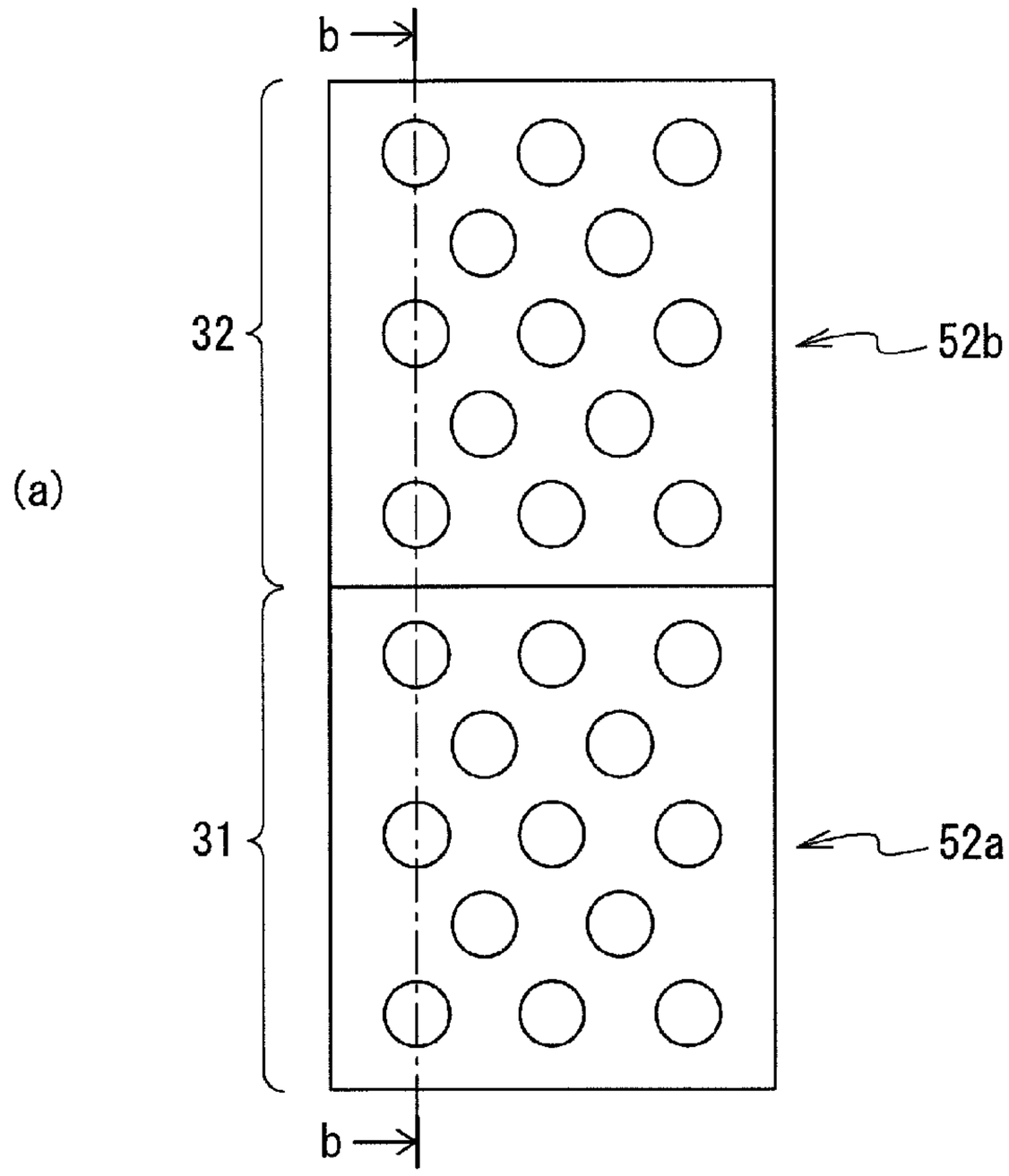


[図22]

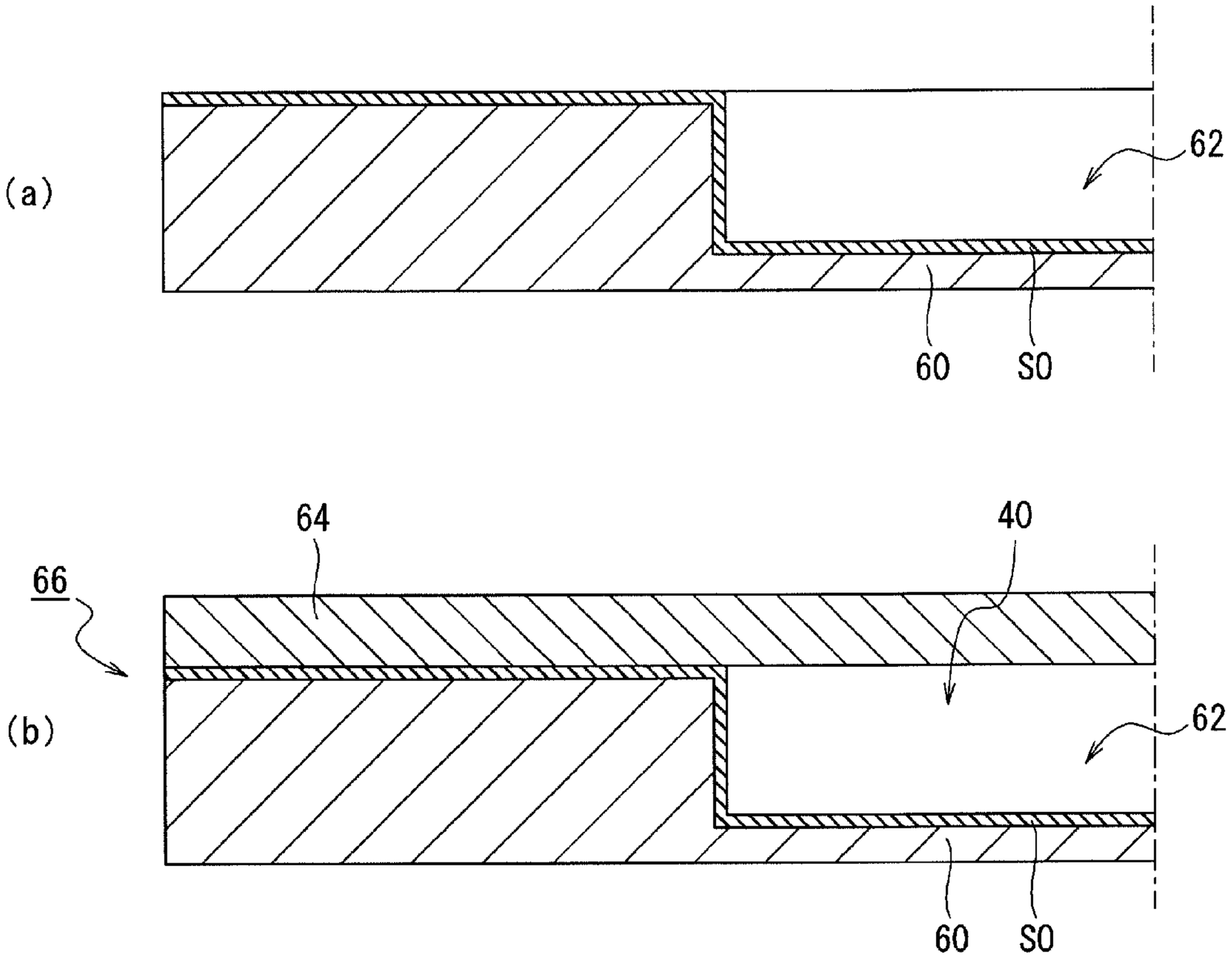




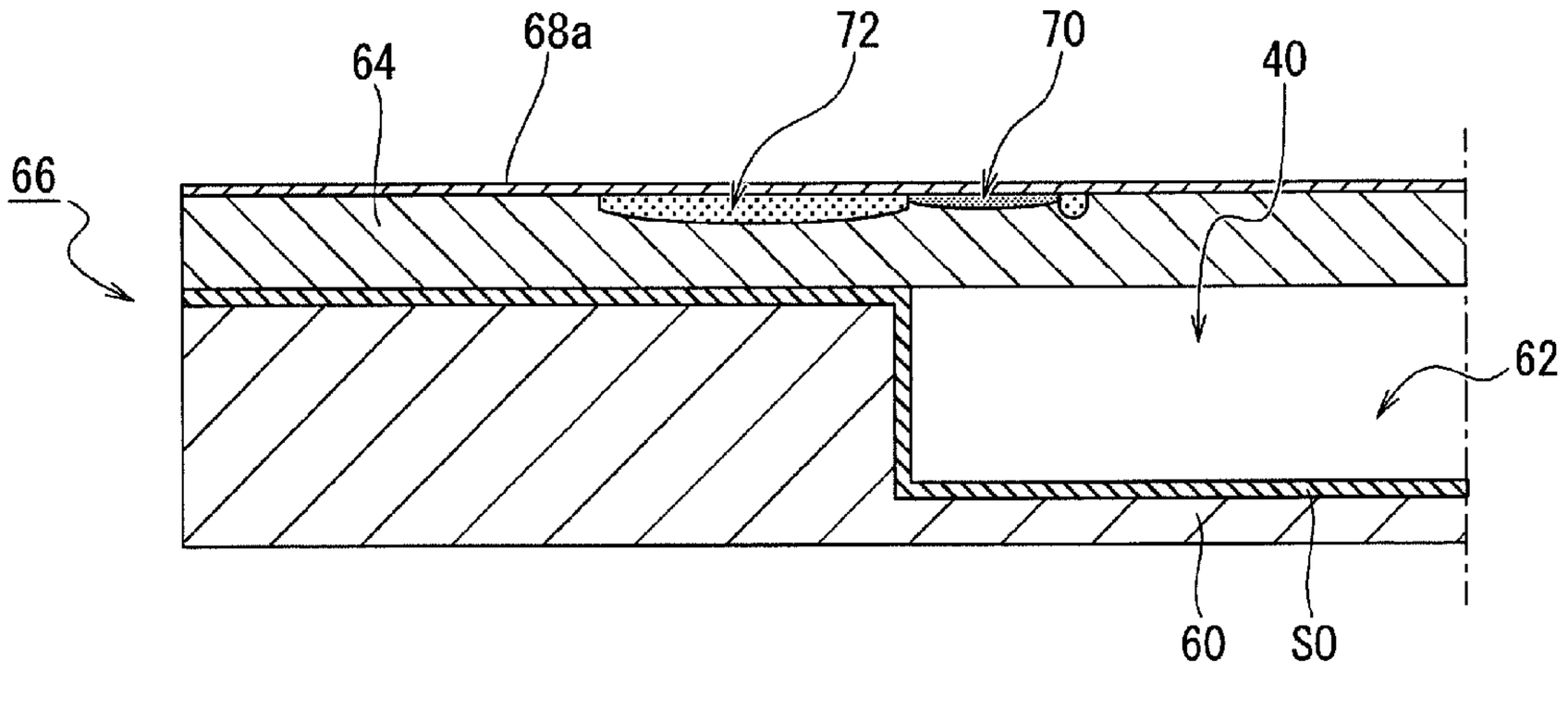
[図23]



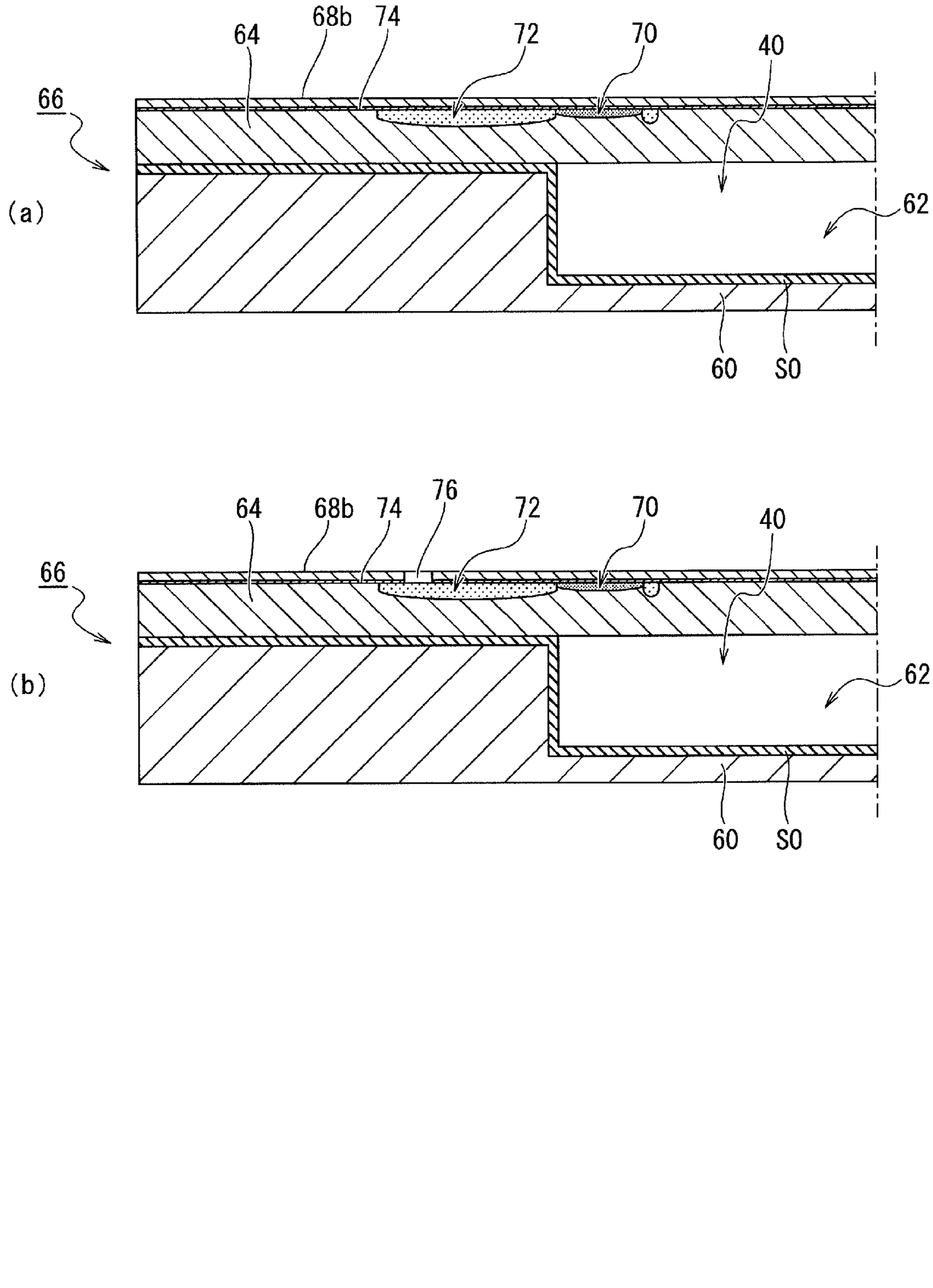
[図24]



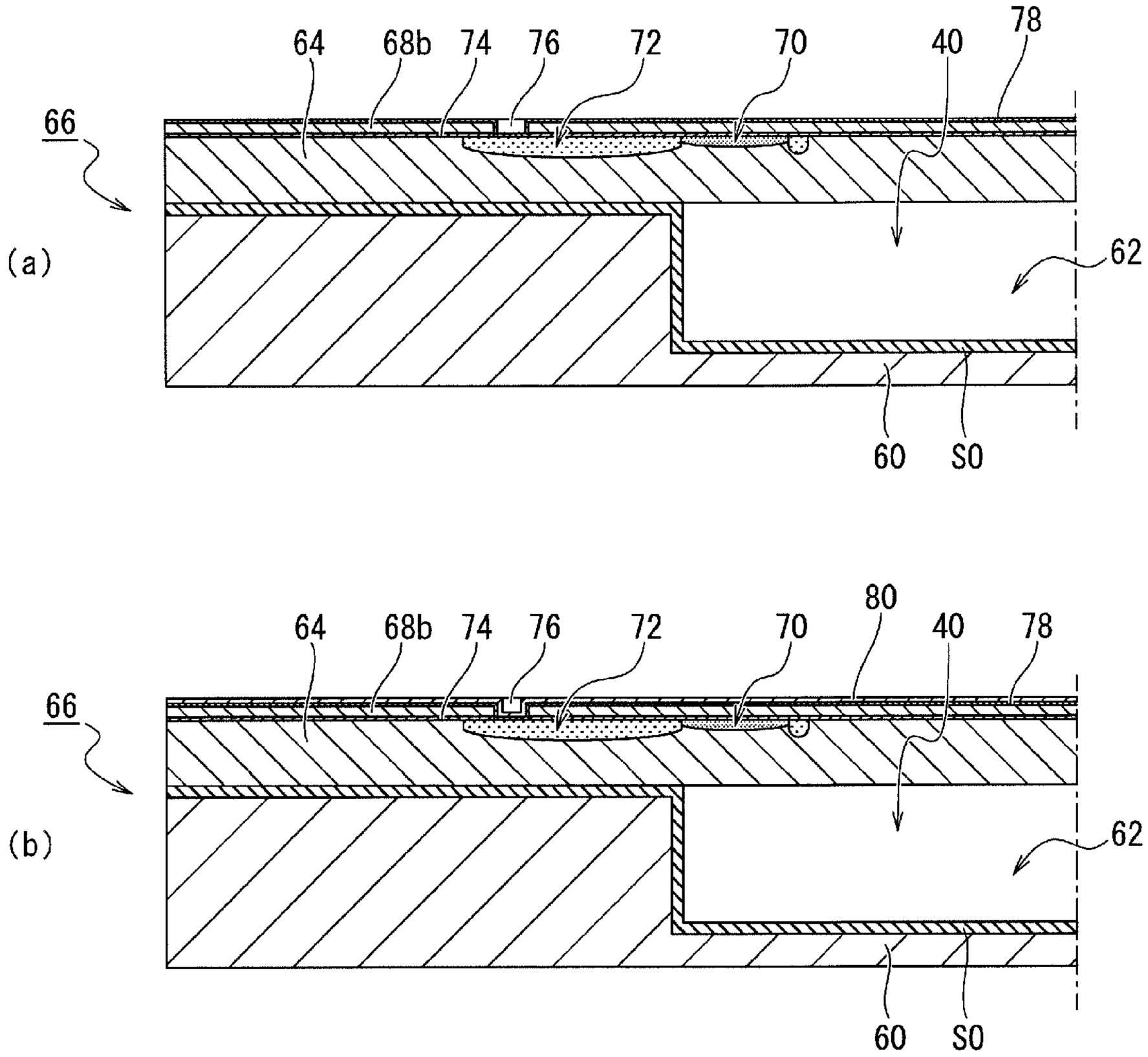
[図25]



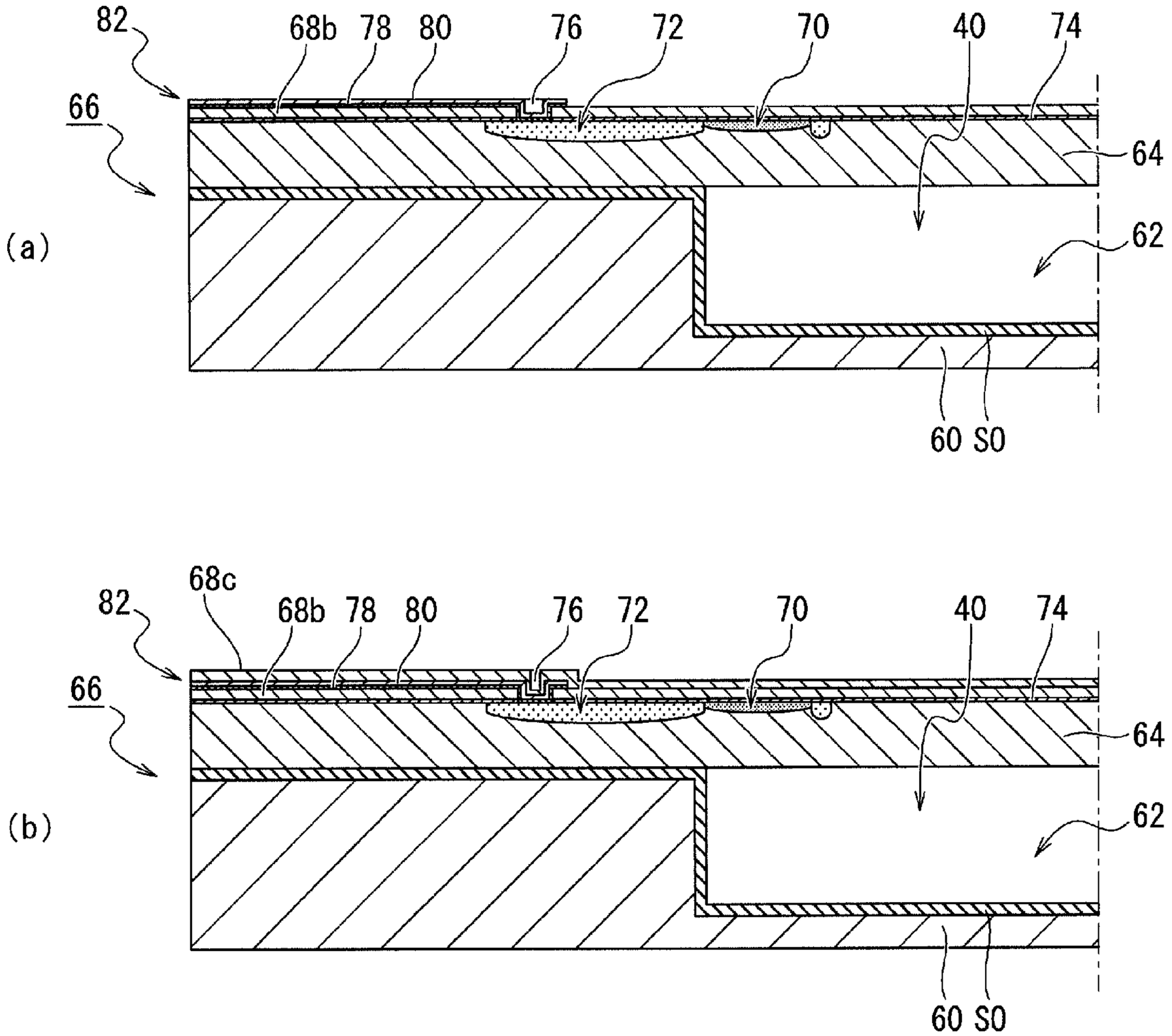
[図26]



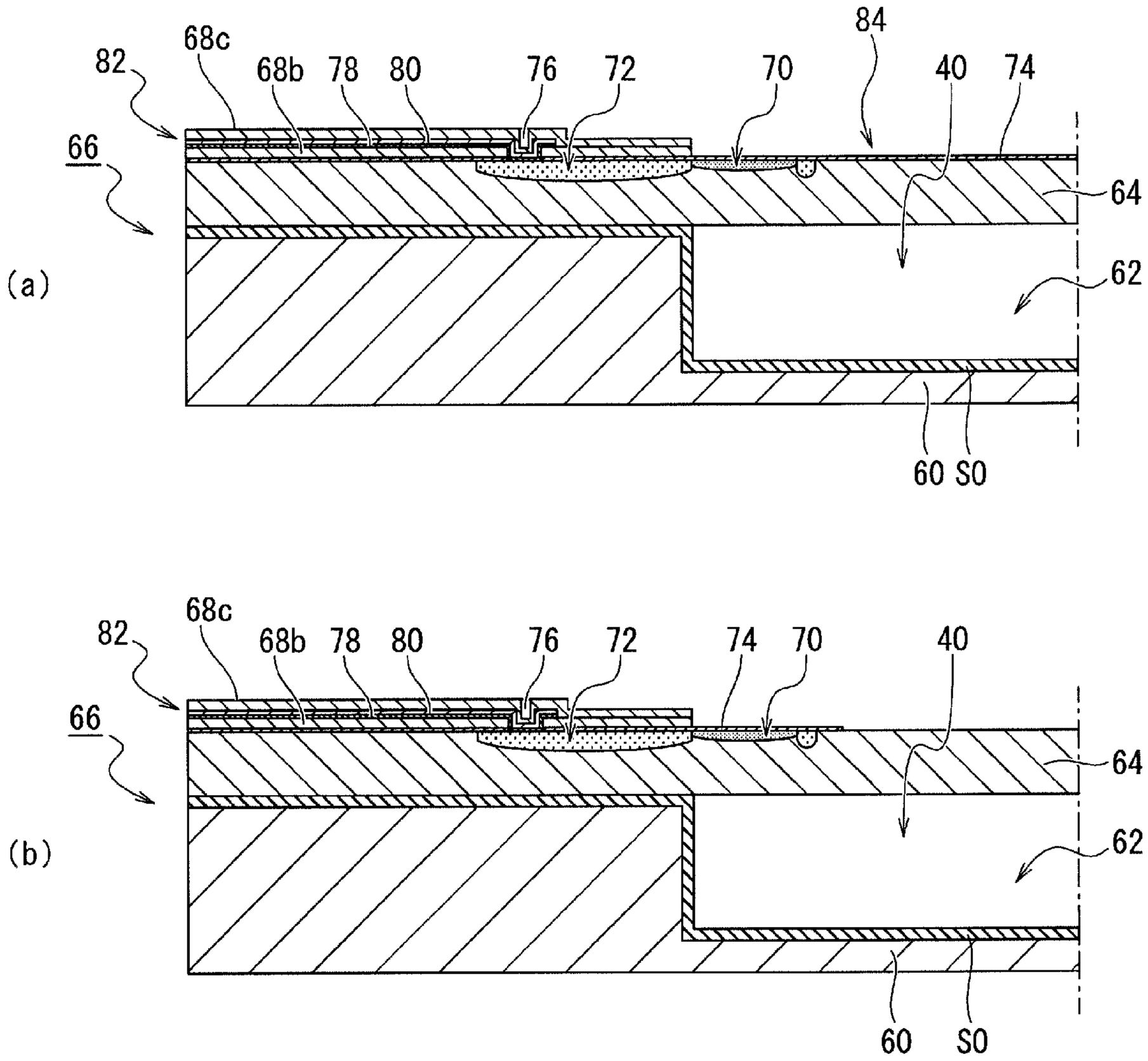
[図27]


64
68b
74
76
72
70
40
78
66
(a)
62
60
S0
80
64
68b
74
76
72
70
80
40
78
66
(b)
62
60
S0

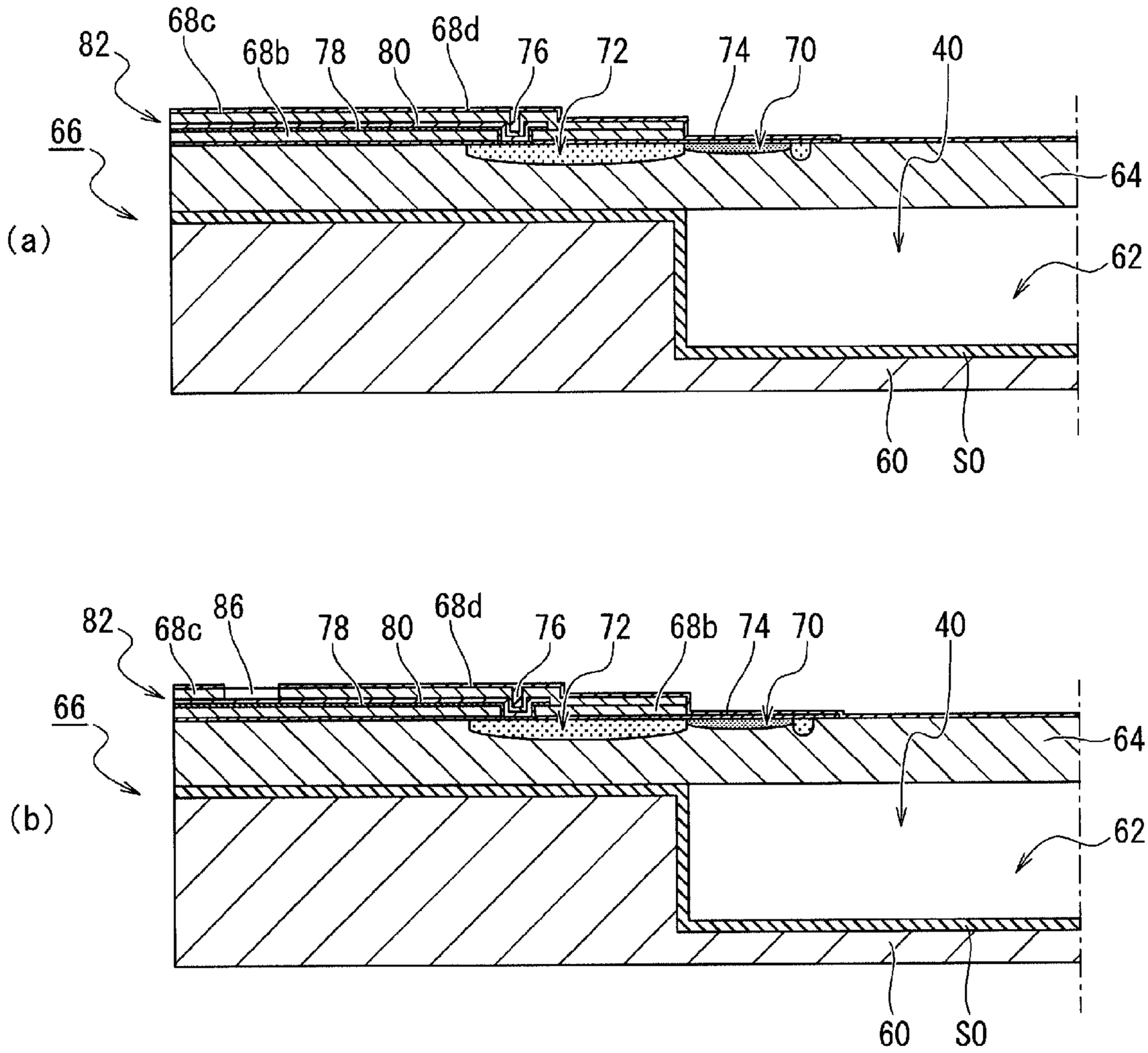
[図28]


(a)
82
66
68b
78
80
76
72
70
40
74
64
62
60
S0
(b)
82
66
68c
68b
78
80
76
72
70
40
74
64
62
60
S0

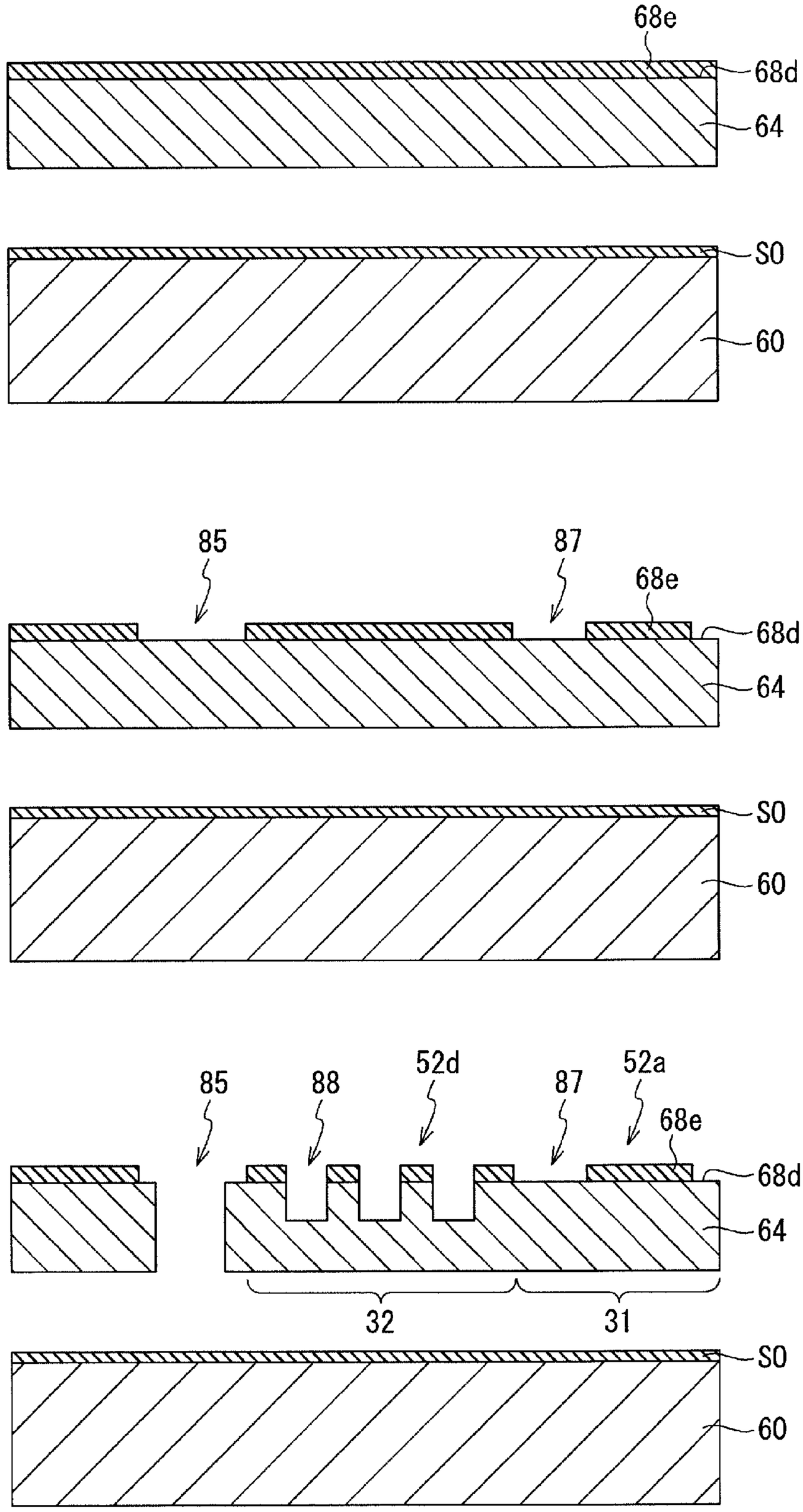
[図29]


(a)
82
68c
68b
78
80
76
72
70
84
40
74
66
64
62
60
S0
(b)
82
68c
68b
78
80
76
72
74
70
40
66
64
62
60
S0

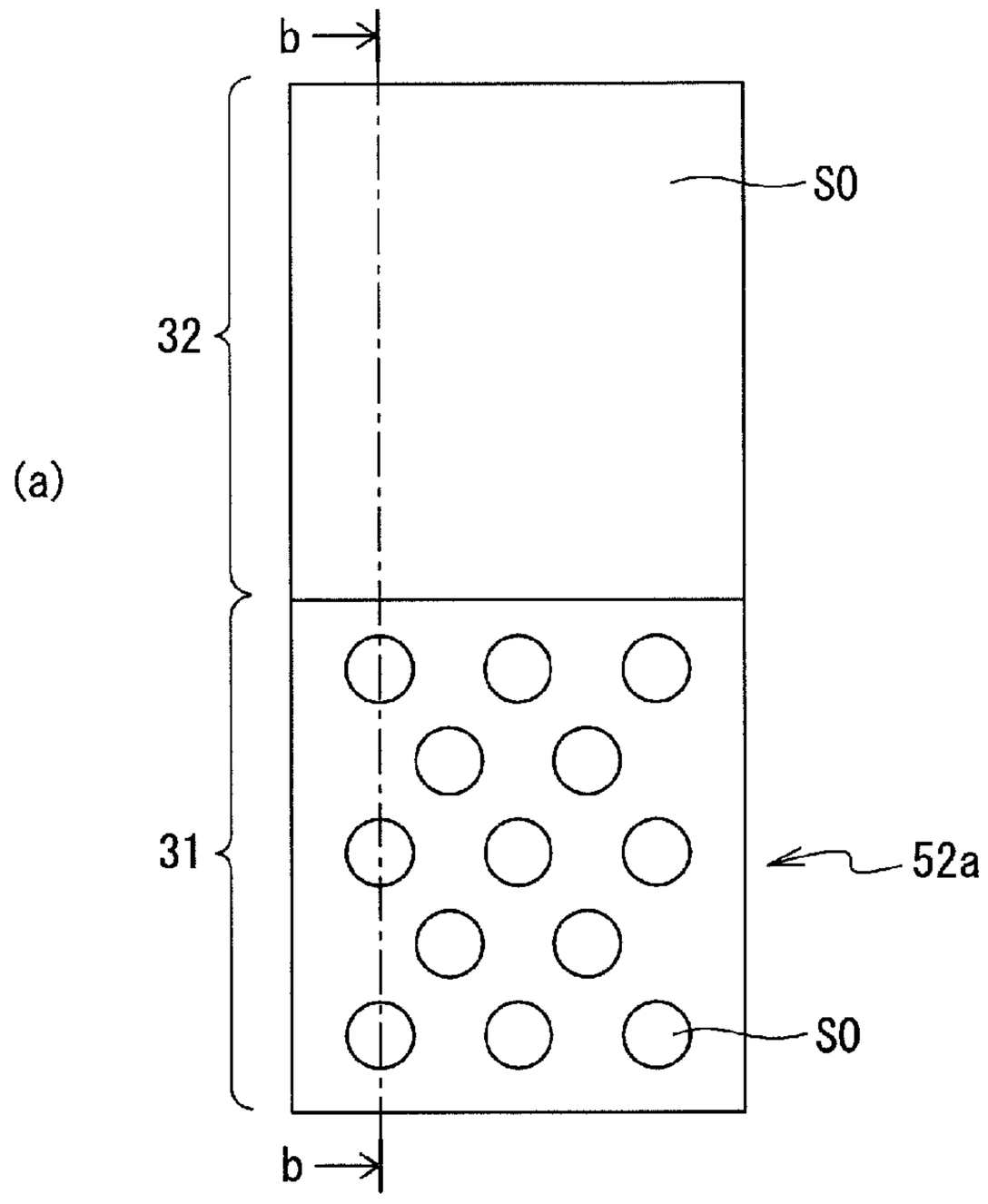
[図30]

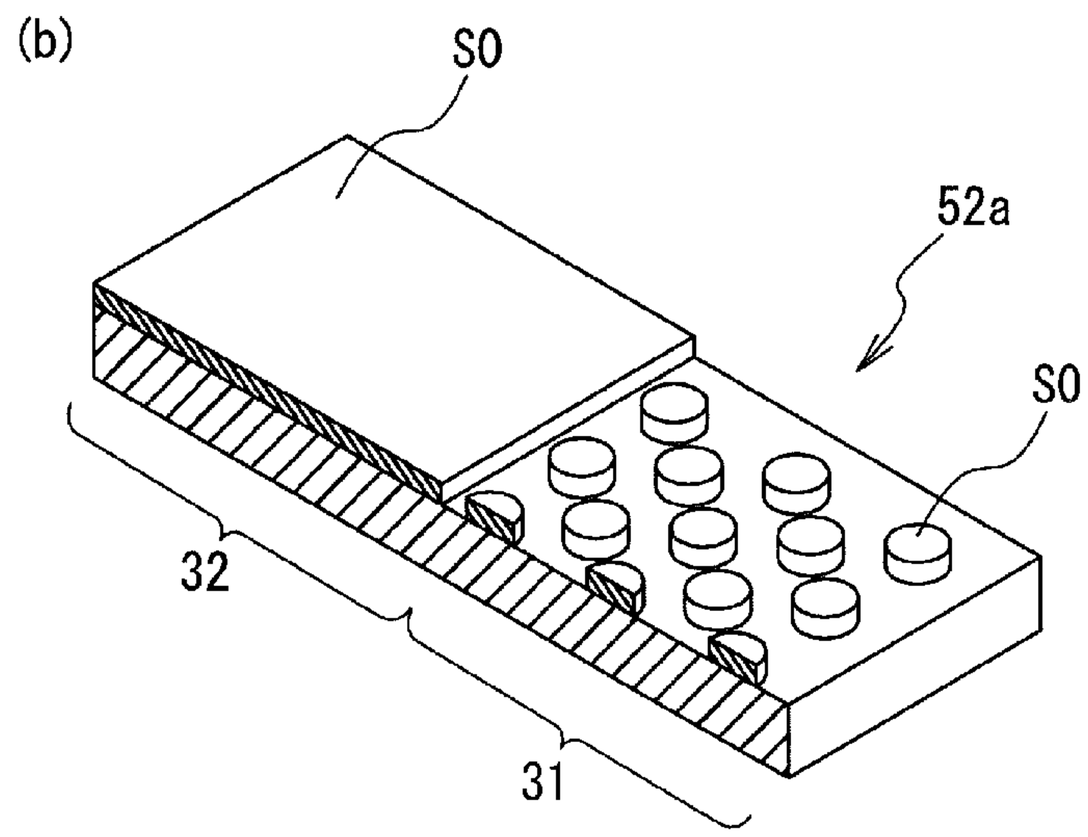

82
68c
68b
78
80
68d
76
72
74
70
40
66
64
(a)
62
60
S0
82
68c
86
78
80
68d
76
72
68b
74
70
40
66
64
(b)
62
60
S0

[図31]

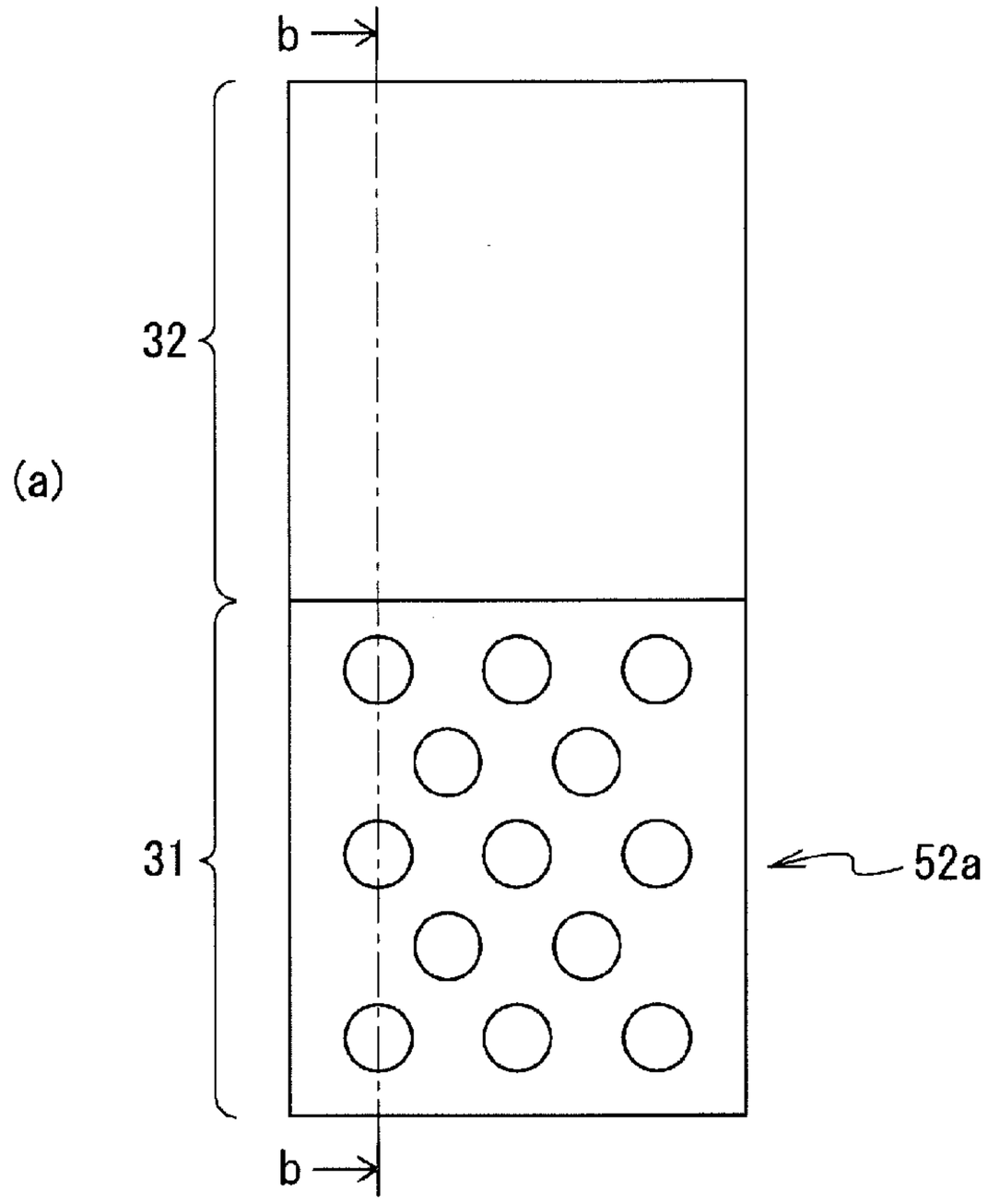

68e
68d
64
(a)
S0
60
85
87
68e
68d
64
(b)
S0
60
85
88
52d
87
52a
68e
68d
64
32
31
(c)
S0
60

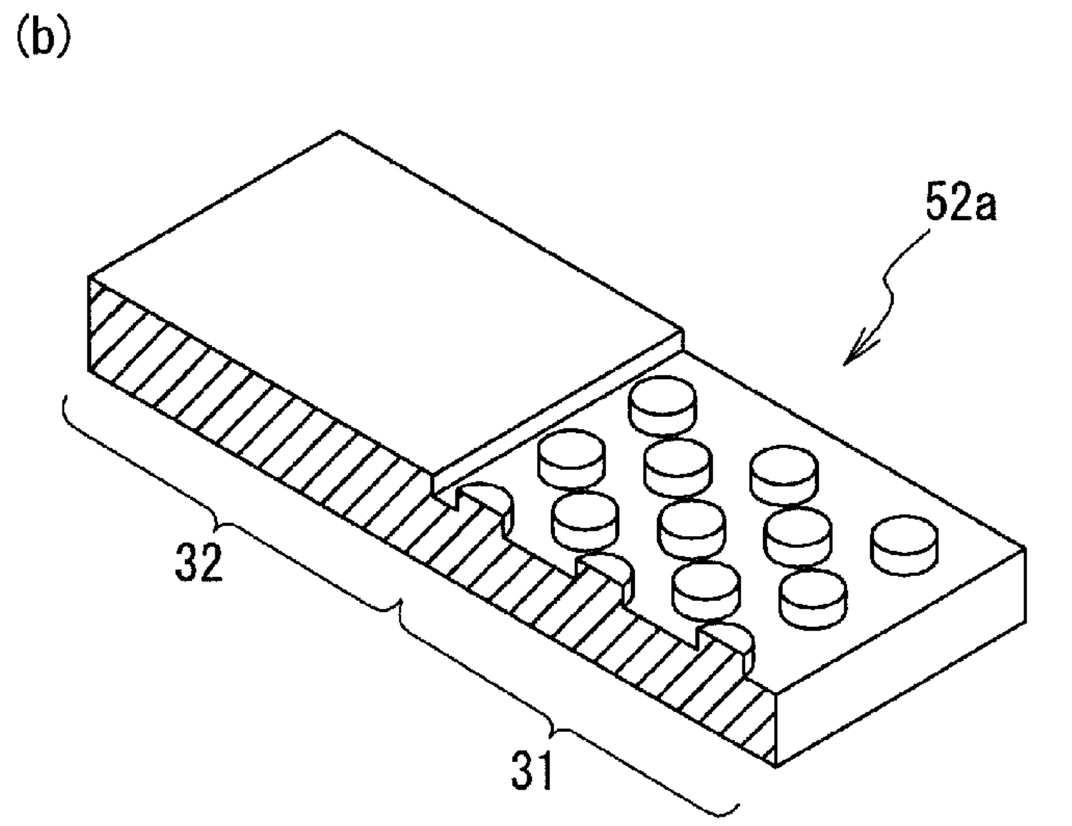
[図32]





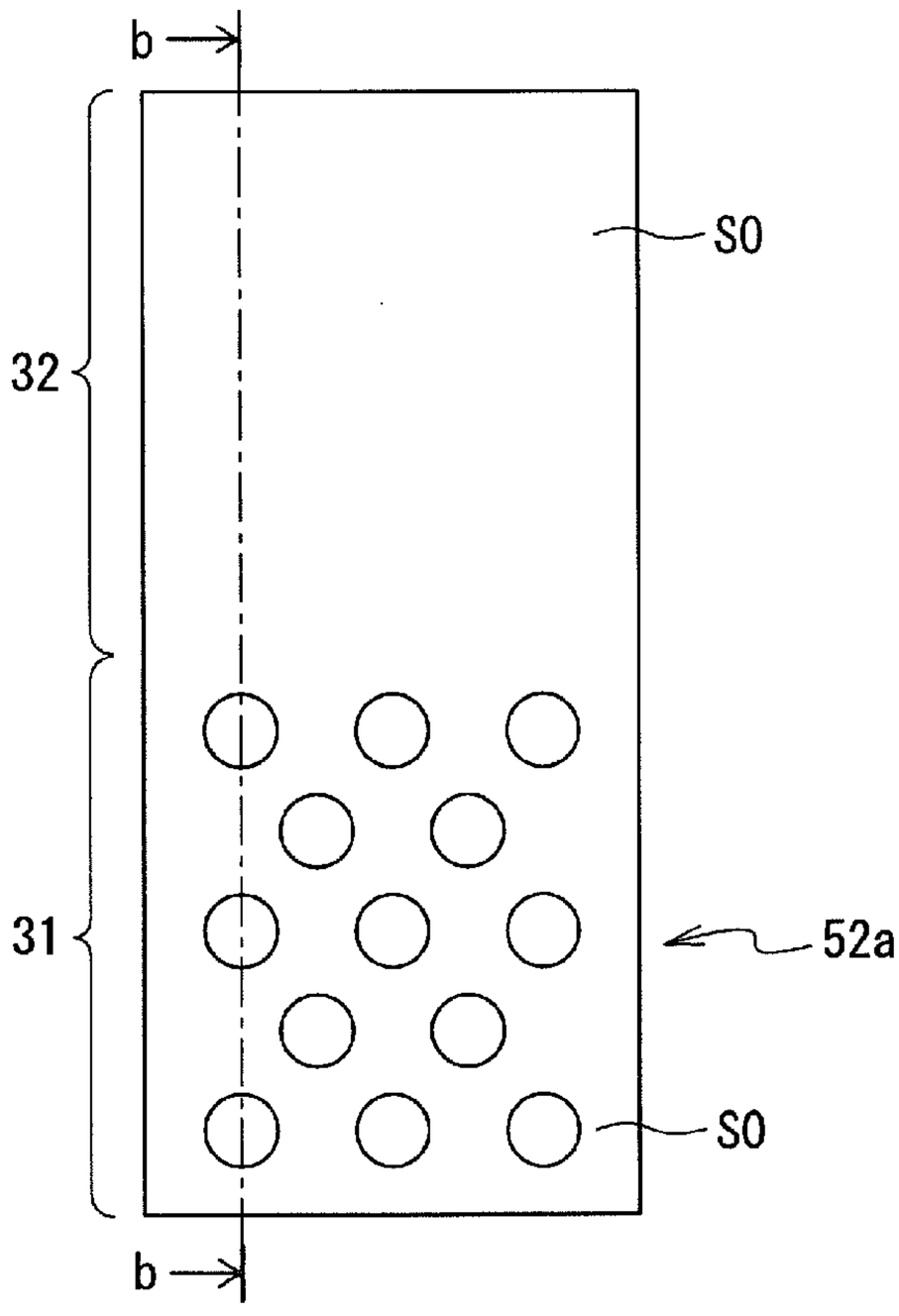
[図33]



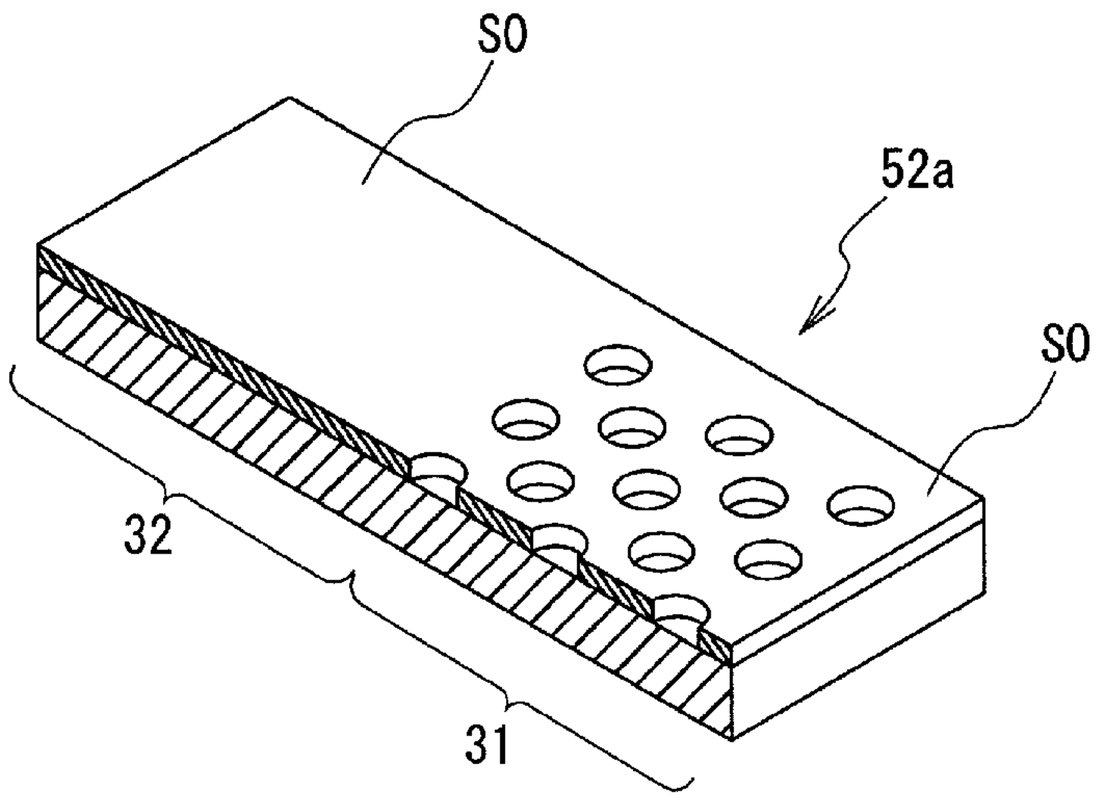


[図34]

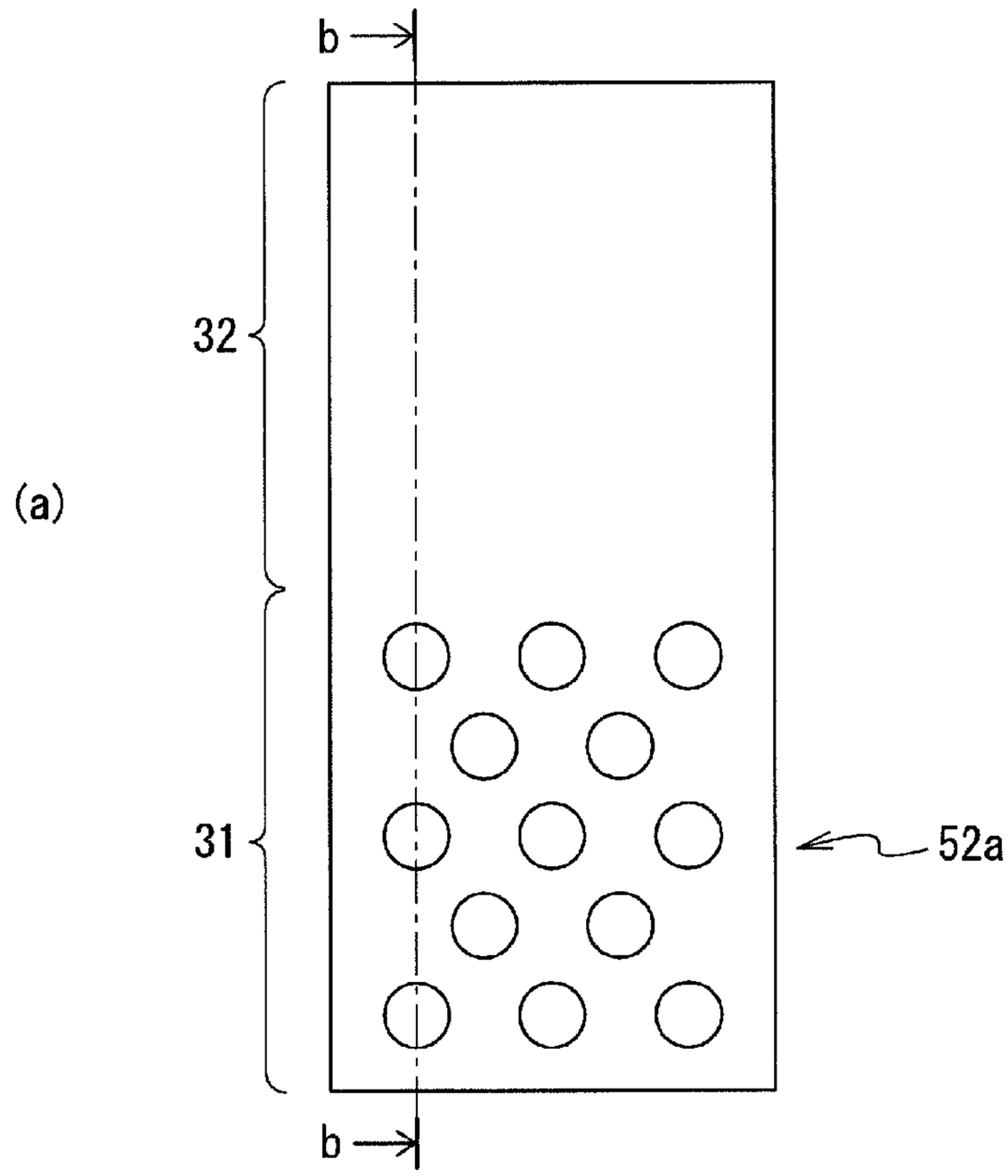
(a)

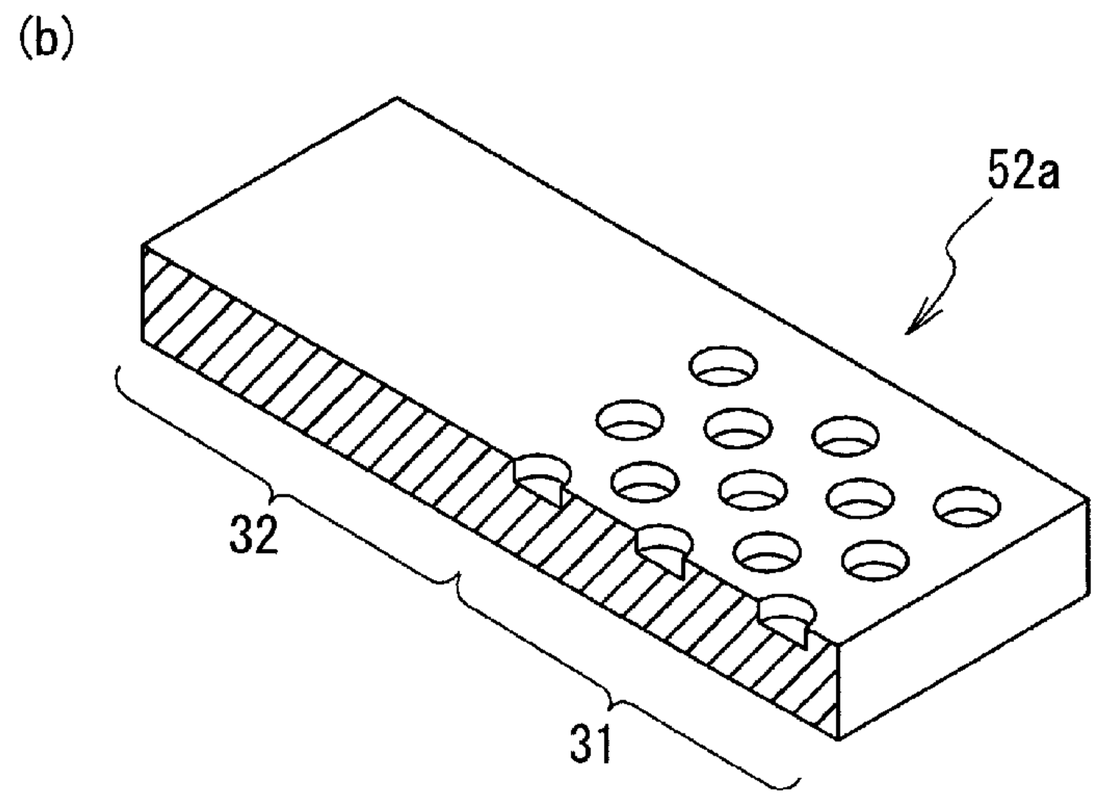


(b)

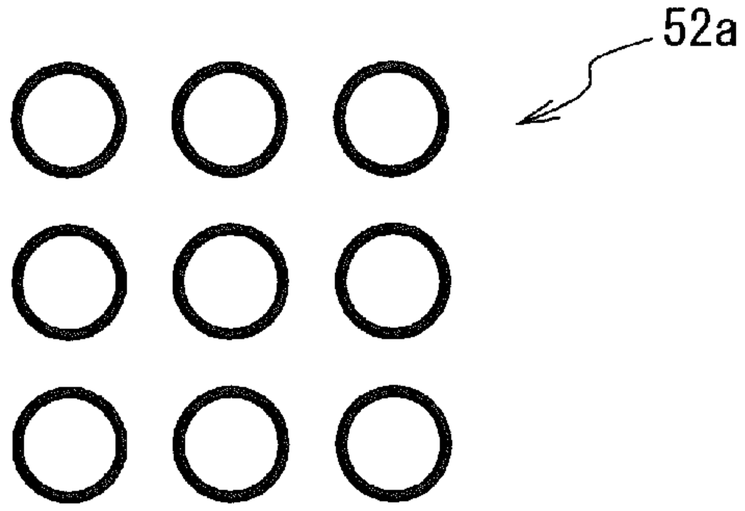


[図35]

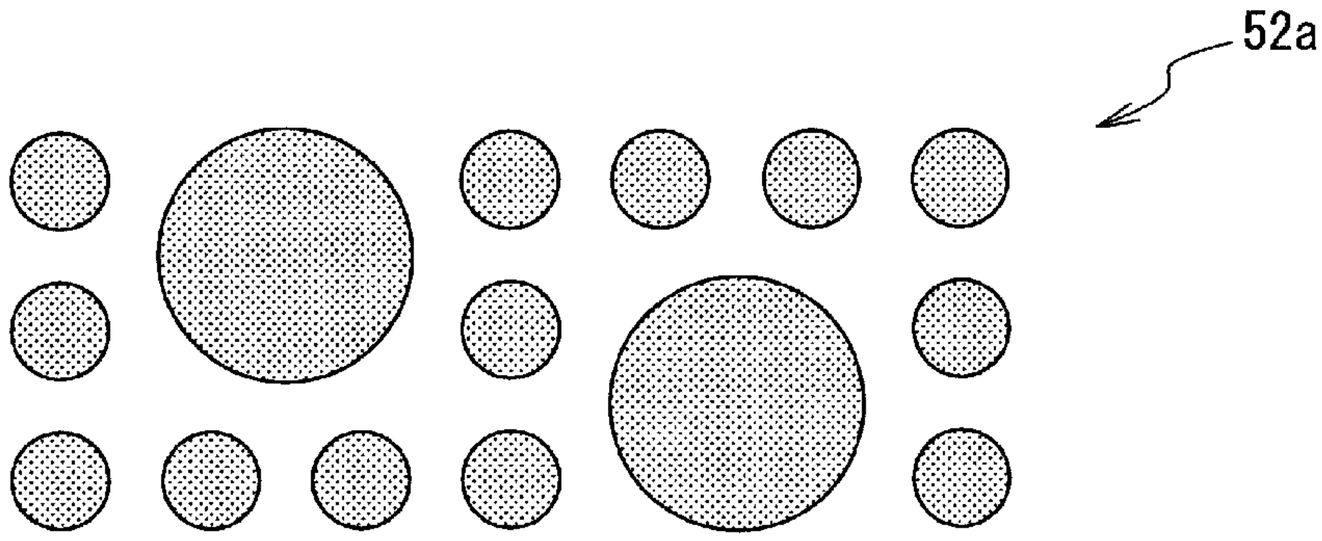




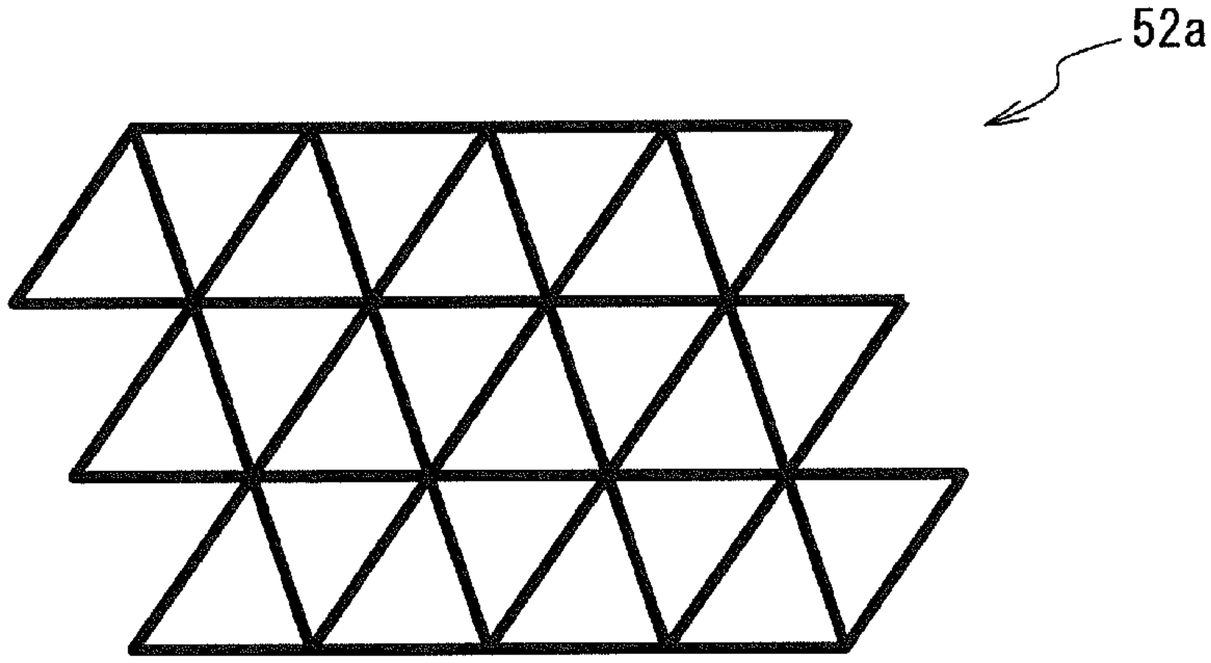
[図36]



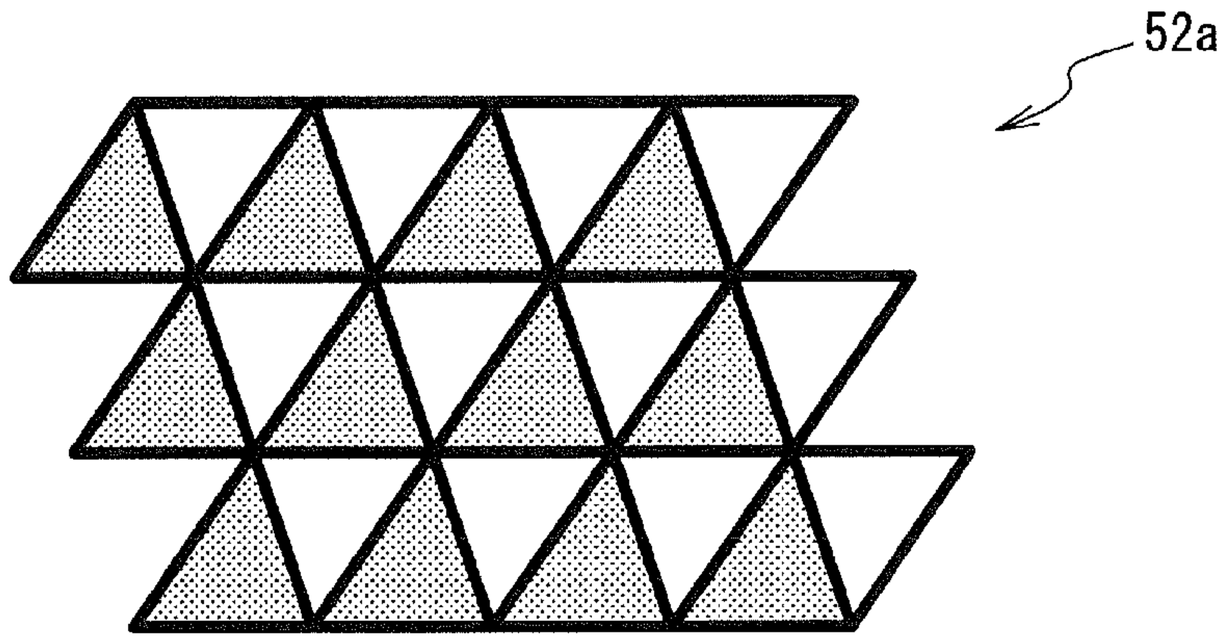
[図37]



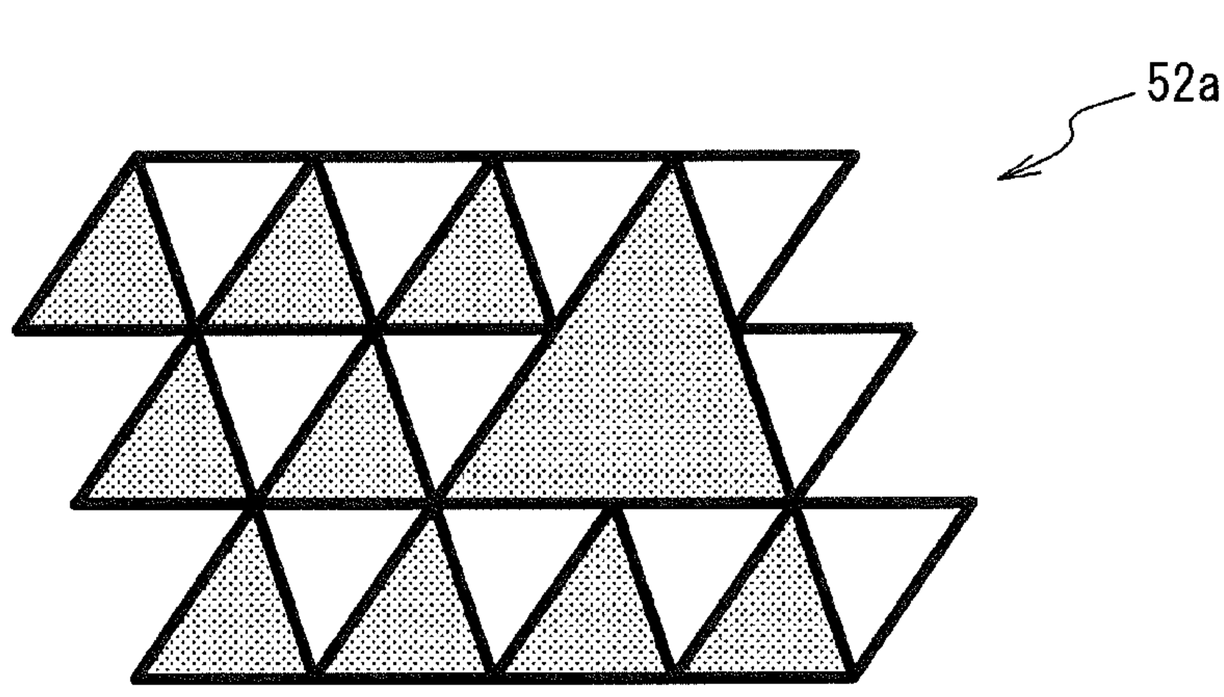
[図38]



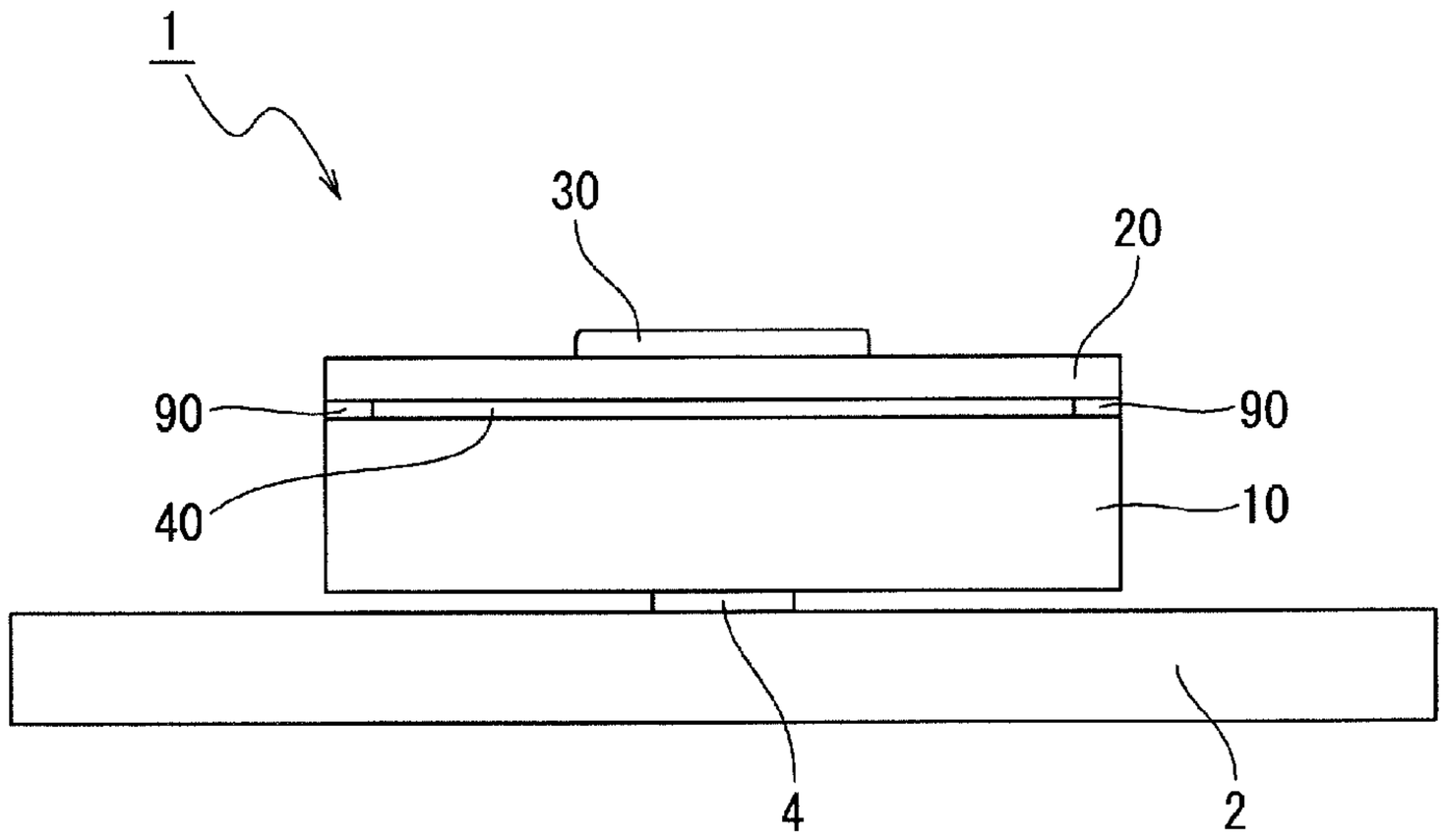
[図39]



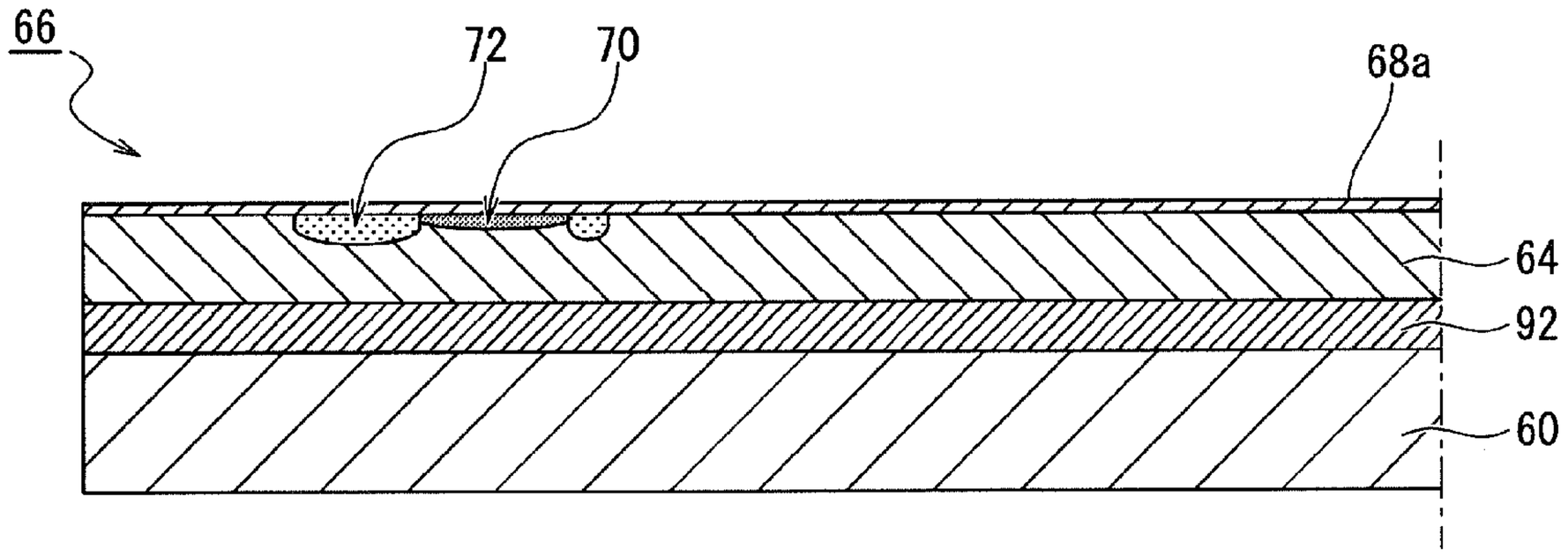
[図40]



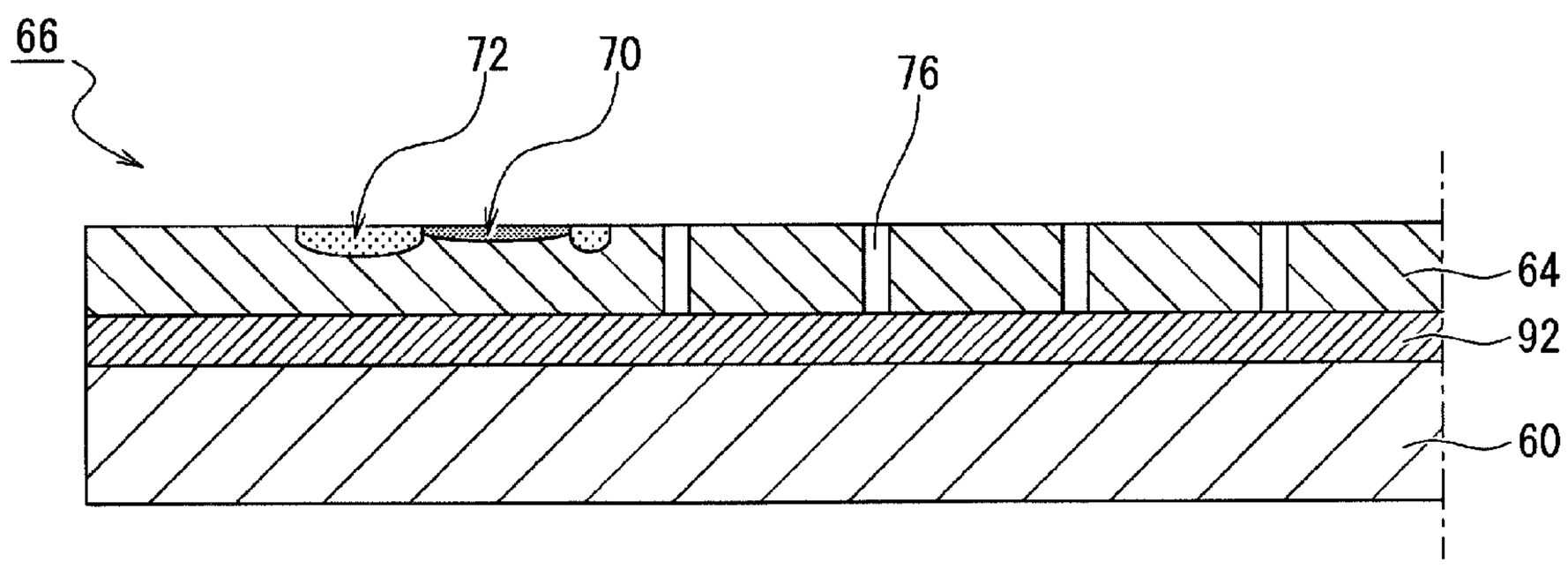
[図41]



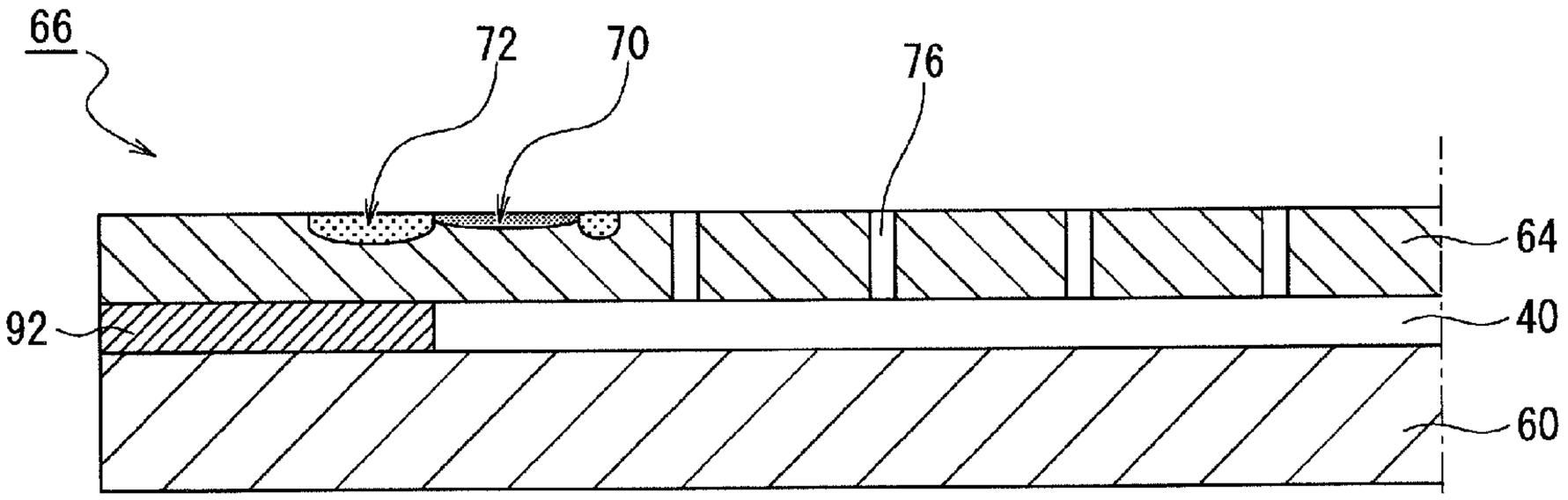
[図42]



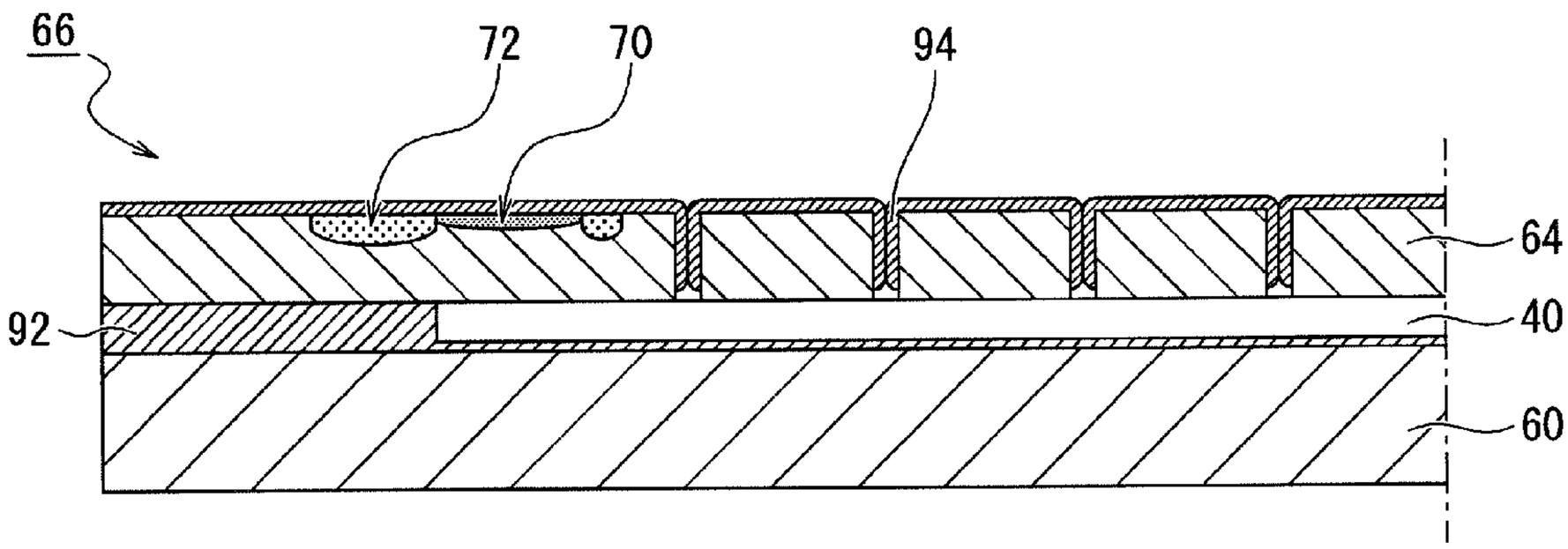
[図43]



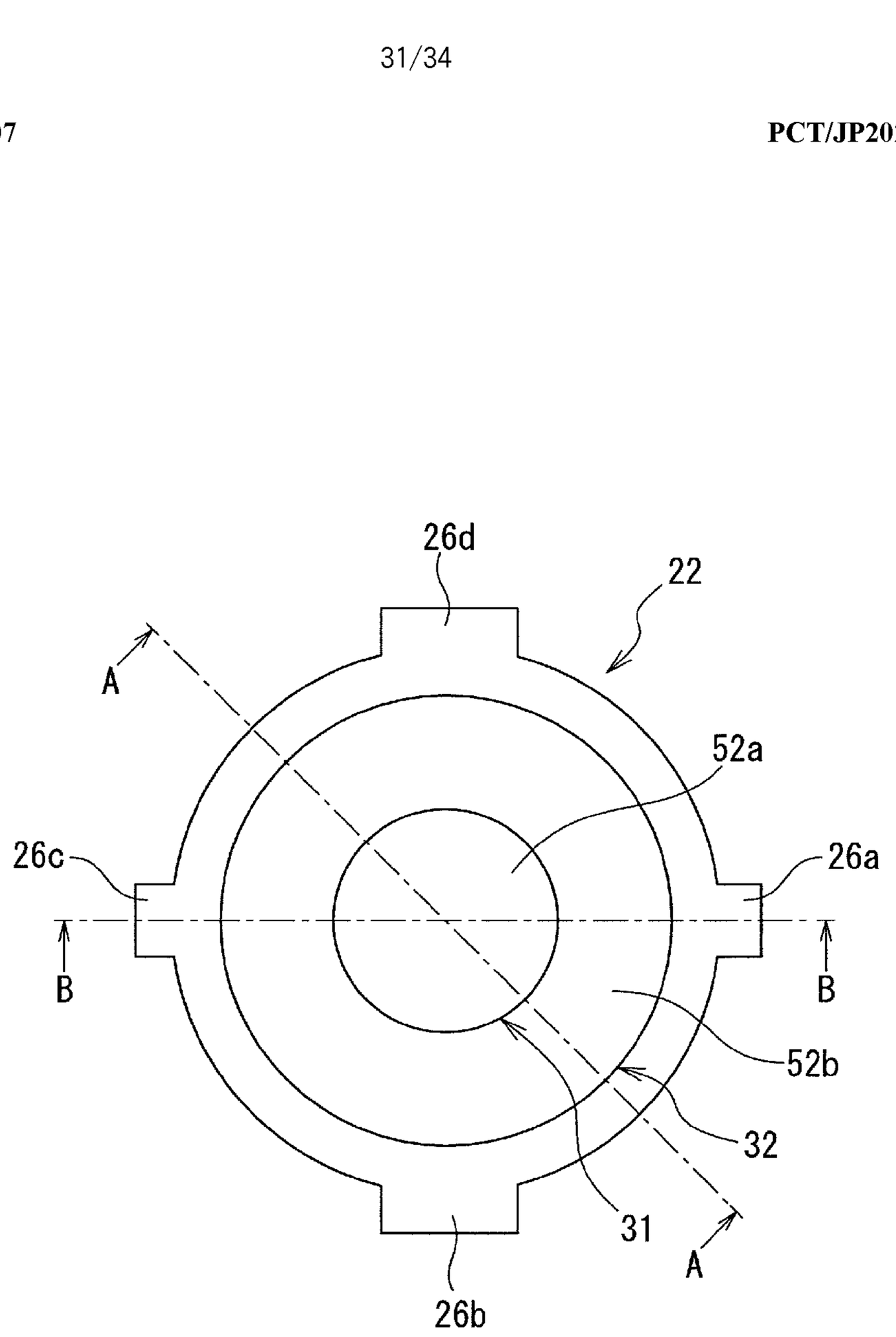
[図44]



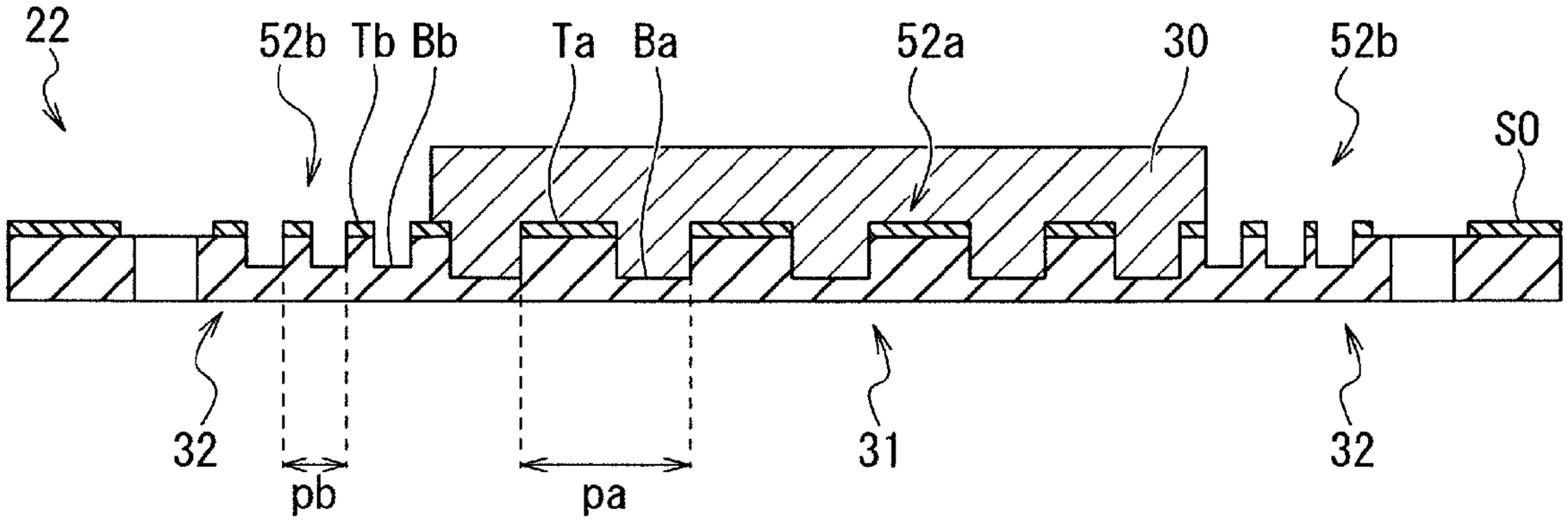
[図45]



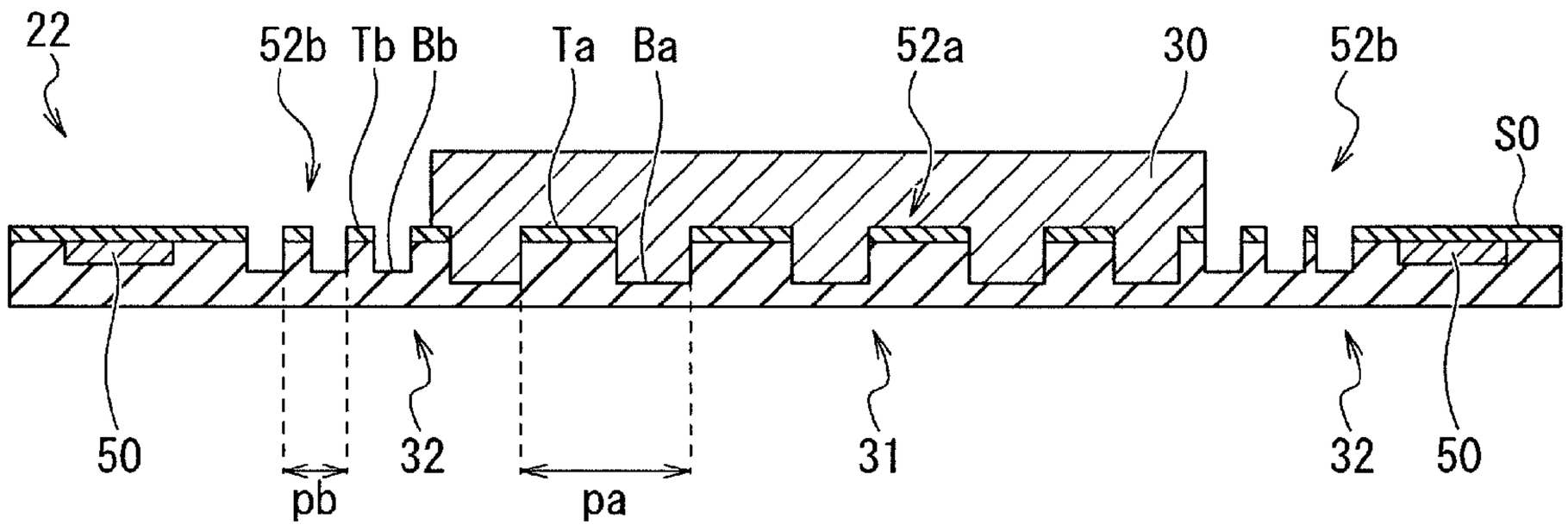
[図46]



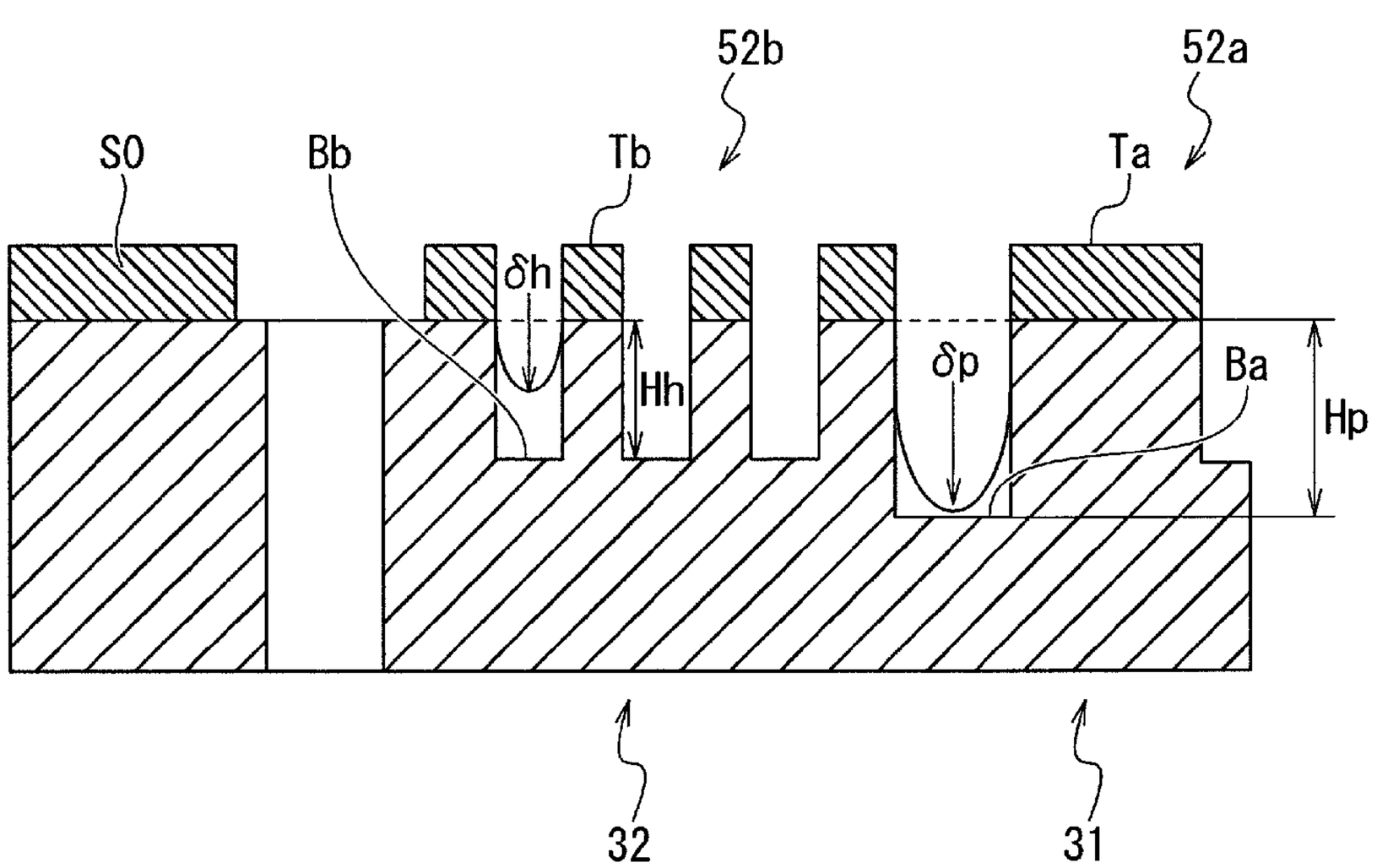
[図47]


22
52b
Tb
Bb
Ta
Ba
52a
30
52b
S0
32
pb
pa
31
32

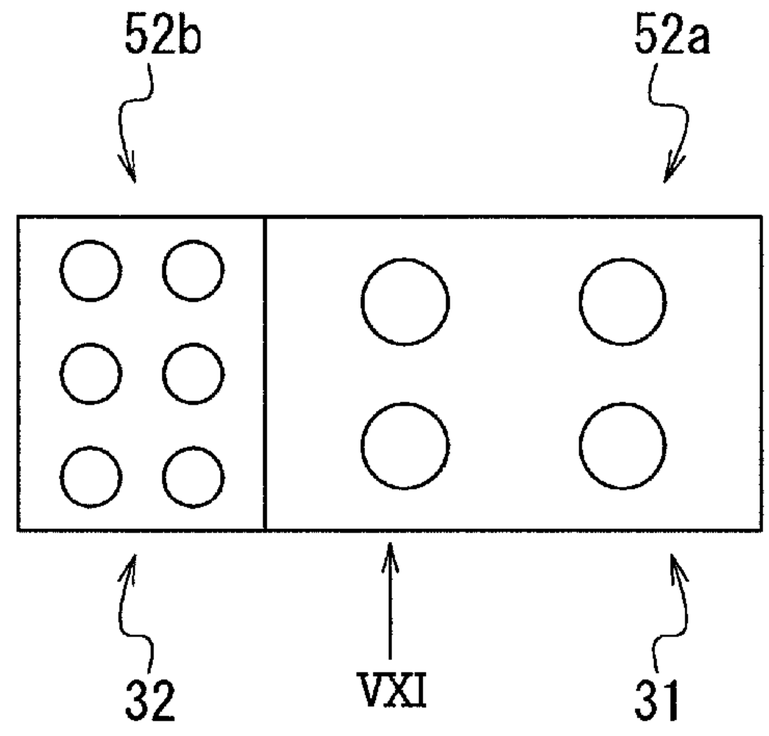
[図48]


22
52b
Tb
Bb
Ta
Ba
52a
30
52b
S0
50
pb
32
pa
31
32
50

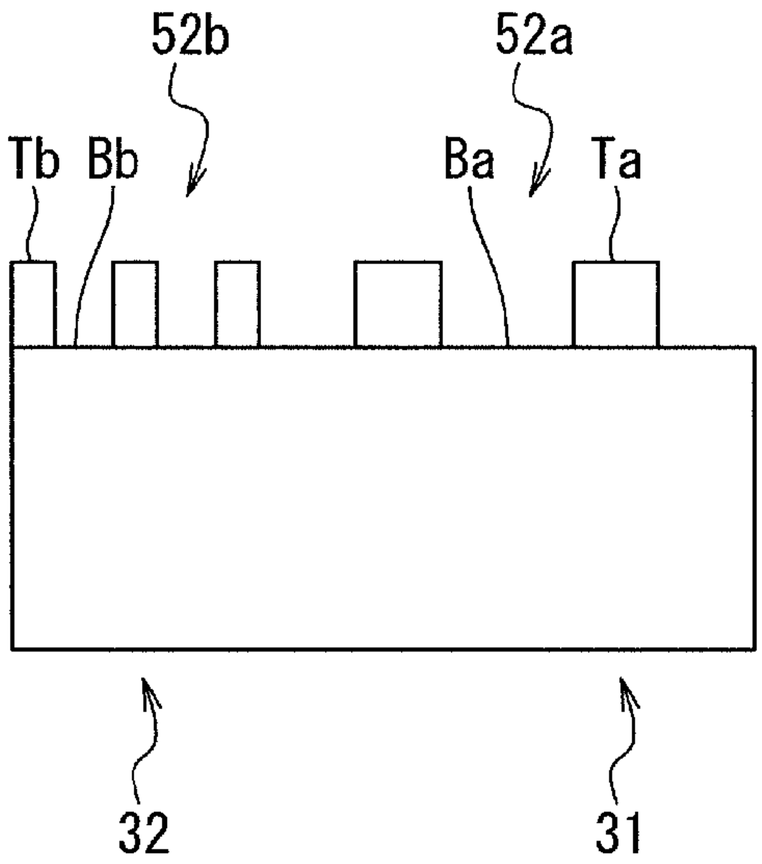
[図49]



[図50]



[図51]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/000037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01L 1/00(2006.01)i; G01N 19/08(2006.01)i; H01L 29/84(2006.01)i
FI: H01L29/84 B; G01L1/00 D; G01N19/08 C; H01L29/84 A

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)
G01L1/00; G01N19/08; 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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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.
Y	WO 2019/059326 A1 (ASAHI KASEI CORPORATION) 28 March 2019 (2019-03-28) paragraphs [0195]-[0263], fig. 2, 35-42, 59	1-20
Y	JP 2017-181435 A (KYOCERA CORP.) 05 October 2017 (2017-10-05) paragraphs [0014]-[0040], fig. 2, 4, 9-11	1-20
A	JP 2009-174960 A (SEIKO EPSON CORP.) 06 August 2009 (2009-08-06) paragraphs [0026]-[0027], fig. 1	1-20
A	JP 2006-220546 A (SEIKO INSTRUMENTS INC.) 24 August 2006 (2006-08-24) paragraphs [0039]-[0040], fig. 3, 4	1-20

☐ 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
16 March 2021 (16.03.2021)	30 March 2021 (30.03.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/000037

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/059326 A1	28 Mar. 2019	US 2020/0249104 A1 paragraphs [0466]-[0606], fig. 2, 35-42, 59 EP 3671155 A1 CN 111108357 A	
JP 2017-181435 A	05 Oct. 2017	US 2019/0120781 A1 paragraphs [0119]-[0132], fig. 18 CN 108885165 A	
JP 2009-174960 A	06 Aug. 2009	US 2009/0184381 A1 paragraphs [0055]-[0056], fig. 1 CN 101493394 A	
JP 2006-220546 A	24 Aug. 2006	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/000037

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01L 1/00(2006.01)i; G01N 19/08(2006.01)i; H01L 29/84(2006.01)i
FI: H01L29/84 B; G01L1/00 D; G01N19/08 C; H01L29/84 A

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））

G01L1/00; G01N19/08; 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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
Y	WO 2019/059326 A1 (旭化成株式会社) 28.03.2019 (2019-03-28) [0195]-[0263], 図2, 35-42, 59	1-20
Y	JP 2017-181435 A (京セラ株式会社) 05.10.2017 (2017-10-05) [0014]-[0040], 図2, 4, 9-11	1-20
A	JP 2009-174960 A (セイコーエプソン株式会社) 06.08.2009 (2009-08-06) [0026]-[0027], 図1	1-20
A	JP 2006-220546 A (セイコーインスツル株式会社) 24.08.2006 (2006-08-24) [0039]-[0040], 図3, 4	1-20

☐ 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抵触するものではなく、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
16.03.2021	30.03.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
加藤　俊哉 5F 9554
電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/000037

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/059326 A1	28.03.2019	US 2020/0249104 A1 [0466]-[0606],FIGS.2,35-42,59 EP 3671155 A1 CN 111108357 A	
JP 2017-181435 A	05.10.2017	US 2019/0120781 A1 [0119]-[0132],FIG.18 CN 108885165 A	
JP 2009-174960 A	06.08.2009	US 2009/0184381 A1 [0055]-[0056],FIG.1 CN 101493394 A	
JP 2006-220546 A	24.08.2006	（ファミリーなし）	