

(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  
2020年4月2日(02.04.2020)



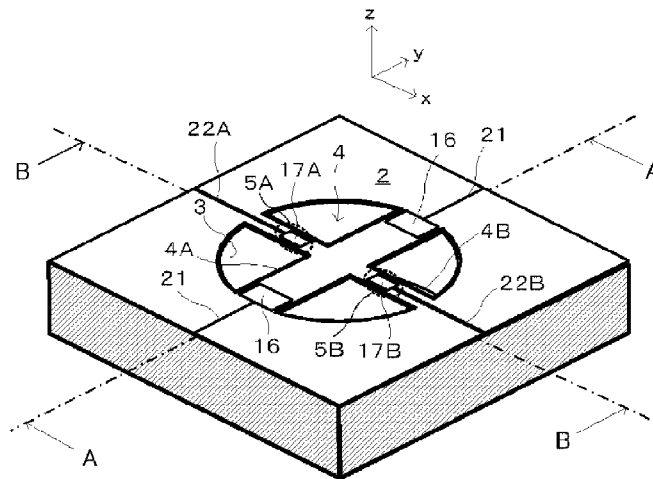
(10) 国際公開番号

WO 2020/066295 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 5/02 (2006.01) H01L 41/053 (2006.01)  
H01L 41/047 (2006.01) H01L 41/113 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/030447
- (22) 国際出願日: 2019年8月2日(02.08.2019)
- (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 2018-182353 2018年9月27日(27.09.2018) JP  
特願 2019-080654 2019年4月22日(22.04.2019) JP
- (71) 出願人: 第一精工株式会社 (DAI-ICHI SEIKO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6128024 京都府京都市伏見区桃山町根来1番地の4 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 緒方 健治 (OGATA Kenji); 〒8380106 福岡県小郡市三沢863 第一精工株式会社内 Fukuoka (JP). 黒木 省吾 (KUROGI Shogo); 〒8380106 福岡県小郡市三沢863 第一精工株式会社内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 木村 満 (KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 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, 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, 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,

(54) Title: SUBSTANCE DETECTION ELEMENT

(54) 発明の名称: 物質検出素子



(57) Abstract: A through-hole (3) is provided to a support substrate (2). A plate-like beam (4) extends from the edge of the through-hole (3) toward an opposite edge so as to cover a part of the through-hole (3), and is provided with a piezoelectric element. A drive electrode (16) applies a voltage to the piezoelectric element, and vibrates the beam (4). Detection electrodes (17A, 17B) detect information about the vibration frequency of the beam (4). Sticking of a substance to substance adsorption films (5A, 5B) causes a change in the vibration frequency of the beam (4). The substance adsorption films (5A, 5B) and the detection electrodes (17A, 17B) are provided to the same positions on the frontside and backside of the beam (4).



WO 2020/066295 A1

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)）
- 一 補正された請求の範囲（条約第19条(1)）

---

(57) 要約：支持基板（2）には、貫通孔（3）が設けられている。板状の梁（4）は、貫通孔（3）の一部を塞ぐように貫通孔（3）の縁から対向する縁へ向かって延び、圧電素子が設けられている。駆動電極（16）は、圧電素子に電圧を印加して梁（4）を振動させる。検出電極（17A, 17B）は、梁（4）の振動周波数に関する情報を検出する。物質吸着膜（5A, 5B）は、物質が付着することで梁（4）の振動周波数を変化させる。物質吸着膜（5A, 5B）と検出電極（17A, 17B）とは、梁（4）の表と裏の同じ位置に設けられている。

## 明 細 書

**発明の名称**：物質検出素子

**技術分野**

[0001] 本発明は、物質検出素子に関する。

**背景技術**

[0002] 特許文献1には、物質が吸着又は脱離したときに生じる振動子の共振周波数の変化量に基づいて、物質を識別する化学センサデバイスが開示されている。この化学センサデバイスは、異なる物質の脱吸着特性を示す複数の振動子を備え、それぞれの振動子は、圧電基板を備えている。複数の振動子は、交流電圧が印加されると、圧電基板が変形することで加振される。共振周波数が変化した振動子を特定することで、物質の識別が可能になる。

**先行技術文献**

**特許文献**

[0003] 特許文献1：特開2009-204584号公報

**発明の概要**

**発明が解決しようとする課題**

[0004] 上記特許文献1に開示された化学センサデバイスは、平板上に複数の振動子が単に2次元配列されているだけであり、各振動子が空気中に含まれる物質を吸着し易いように効率的に配置されているわけではない。このような構成では、平板自体が気流の流れを遮ってしまい各振動子における物質の吸着効率が低下する可能性もある。

[0005] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、より効率的に物質を検出することができる物質検出素子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**

[0006] 上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る物質検出素子は、貫通孔が設けられた支持基板と、前記貫通孔の一部を塞ぐように前記貫通孔の縁から対向する縁へ向かって

延び、圧電素子が設けられた板状の梁と、  
前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、  
前記梁の振動周波数に関する情報を検出する検出電極と、  
物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、  
を備え、  
前記物質吸着膜と前記検出電極とは、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられている。

[0007] この場合、前記梁は、少なくとも2箇所前記貫通孔の縁に固定され、  
前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が、前記梁に複数設けられており、  
前記物質吸着膜が吸着する物質が、前記組毎に異なる、  
こととしてもよい。

[0008] 前記梁は、その長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定されており、  
前記梁の中央から見て両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が設けられている、  
こととしてもよい。

[0009] 前記駆動電極が、前記梁の両端に設けられている、  
こととしてもよい。

[0010] 前記駆動電極が、前記梁の中央に設けられている、  
こととしてもよい。

[0011] 前記梁は、  
長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定された第1の梁と、  
長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定され、前記第1の梁と交差する第2の梁とで構成される、  
こととしてもよい。

[0012] 前記第1の梁と前記第2の梁とが交差する部分から見て前記第2の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、

こととしてもよい。

[0013] 前記第1の梁と前記第2の梁とが交差する部分から見て前記第1の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、

こととしてもよい。

[0014] 前記駆動電極が、前記第1の梁の両端に設けられている、

こととしてもよい。

[0015] 前記駆動電極が、前記第1の梁と前記第2の梁とが交差する部分に設けられている、

こととしてもよい。

[0016] 前記第1の梁の幅が、前記第2の梁の幅よりも広くなるように設定されている、

こととしてもよい。

[0017] 前記第1の梁と前記第2の梁とが直交している、

こととしてもよい。

[0018] 前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物質を脱離させる、

こととしてもよい。

[0019] 前記駆動電極は、前記物質吸着膜の膜厚方向に、前記梁を振動させる、

こととしてもよい。

[0020] 本発明の第2の観点に係る物質検出素子は、

支持基板と、

前記支持基板に少なくとも一端が支持され、圧電素子が設けられた板状の梁と、

前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、

前記梁に設けられ、物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、

を備え、

前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物質を脱離させる。

[0021] 前記駆動電極は、前記物質吸着膜の膜厚方向に、前記梁を振動させる、こととしてもよい。

### 発明の効果

[0022] 本発明によれば、物質が付着することで梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、梁の振動周波数に関する情報を検出する検出電極とが、梁の表と裏の同じ位置に設けられている。これにより、物質吸着膜への物質の付着による梁の振動周波数の変化が大きい位置で、梁の振動周波数に関する情報を感度良く検出することができるので、より効率的に物質を検出することができる。

### 図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施の形態1に係る物質検出素子の斜視図である。

[図2]図1の物質検出素子を逆側から観た斜視図である。

[図3]貫通孔周辺を一部破砕して示す拡大斜視図その1である。

[図4]貫通孔周辺を一部破砕して示す拡大斜視図その2である。

[図5A]図4のA-A線断面図である。

[図5B]図4のB-B線断面図である。

[図6]梁が変形する様子その1を示す図である。

[図7]梁が変形する様子その2を示す図である。

[図8]物質検出素子の配線を示す平面図である。

[図9]物質検出素子を用いた化学物質の検出動作を示す図である。

[図10A]物質検出素子の変形例その1を示す斜視図（表）である。

[図10B]物質検出素子の変形例その1を示す斜視図（裏）である。

[図11A]物質検出素子の変形例その2を示す斜視図（表）である。

[図11B]物質検出素子の変形例その2を示す斜視図（裏）である。

[図12A]物質検出素子の変形例その3を示す斜視図（表）である。

[図12B]物質検出素子の変形例その3を示す斜視図（裏）である。

- [図13A]物質検出素子の変形例その4を示す斜視図（表）である。
- [図13B]物質検出素子の変形例その4を示す斜視図（裏）である。
- [図14A]物質検出素子の変形例その5を示す斜視図（表）である。
- [図14B]物質検出素子の変形例その5を示す斜視図（裏）である。
- [図15]物質検出素子の変形例その6を示す平面図である。
- [図16]物質検出素子の変形例その7を示す平面図である。
- [図17]物質検出素子の変形例その8を示す平面図である。
- [図18]他の物質検出素子を用いた化学物質の検出動作を示す図である。

### 発明を実施するための形態

- [0024] 以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。本実施の形態に係る物質検出素子は、微細加工を実現する半導体製造技術であるMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）を用いて製造される。
- [0025] 図1に示すように、本実施の形態に係る物質検出素子1は、略矩形平板状の支持基板2を備える。支持基板2は、例えばSOI（Silicon on Insulator）基板から製造される。SOI基板とは、埋込酸化膜であるBOX層と、BOX層上の半導体層であるシリコン（Si）層とから成る積層構造を有する半導体基板であり、酸化膜を内包するウエハである。
- [0026] 支持基板2は、図2に示すように、樹脂から成るベース10に、基体ウエハ及び埋め込み酸化膜で形成されたBOX層から成るSi支持層11が積層されて構成されている。Si支持層11には、素子ウエハ活性層であるSi活性層12（図5A及び図5B参照）が積層されている。
- [0027] 支持基板2のベース10には、その一部に円形の開口13が設けられており、開口13の部分ではSi支持層11が露出している。この開口13の部分におけるSi支持層11及びSi活性層12には、貫通孔3が7つ設けられている。貫通孔3は、円形であり、それぞれの直径は同じとなっている。
- [0028] 貫通孔3のそれぞれには、図3及び図4に示すように、板状の梁4が設けられている。本実施の形態では、梁4は、細長板状の第1の梁4Aと、細長板状の第2の梁4Bとで構成される。梁4（第1の梁4A及び第2の梁4B

)は、それぞれS i 活性層12によって形成される貫通孔3の縁から対向する縁へ向かって延びる部分を有している。

[0029] 第1の梁4A及び第2の梁4Bは、その長手方向の両端で貫通孔3の縁に固定されている。第1の梁4Aと第2の梁4Bとは交差（直交）しており、中央で連結している。本実施の形態では、第1の梁4Aの幅が第2の梁4Bの幅よりも広がっている。この幅は、第1の梁4Aにおける短手方向の長さ、第2の梁4Bにおける短手方向の長さを示している。梁4は、貫通孔3の全てを塞ぐのではなく、貫通孔3の一部を塞いでいる。よって、梁4は、貫通孔3内に気体が滞留することを防止して、その気体が貫通孔3を通り抜け易くしている。

[0030] 図3に示すように、梁4（第2の梁4B）は、検出対象の物質を吸着する物質吸着膜5A、5Bを支持している。物質吸着膜5A、5Bは、第2の梁4Bの別々の場所にそれぞれ配設されている。物質吸着膜5A、5Bは、細長い半球面形状又は外周は盛り上がり中央が凹んだお椀形状を有しており、気体に露出する表面積を大きくすることができる。これにより、物質吸着膜5A、5Bは、気体中（例えば、空気中）に含まれる検出対象となる物質を吸着し易くなっている。物質吸着膜5A、5Bは、梁4に対して脱着可能に取り付けられており、他の物質吸着膜と交換可能である。

[0031] 物質吸着膜5A、5Bは、吸着する物質が異なる。検出対象となる物質は、例えば、匂いを構成する化学物質群（匂い要因）のうち、例えば空気中に含まれる検出対象の化学物質を構成する気体状の物質（以下、「構成物質」という）である。検出対象の化学物質としては、例えばアンモニア、メルカプタン、アルデヒド、硫化水素、アミンなどの特有の臭気を有する匂い原因物質がある。物質吸着膜5A、5Bは、匂い原因物質を構成する構成物質が吸着した後、一定時間経過すると、吸着した構成物質が分離するので、再利用可能となっている。

[0032] 梁4は、構成物質が物質吸着膜5A、5Bに吸着することで振動周波数（例えば共振周波数）が変化するよう構成されている。物質吸着膜5A、5B



が構成物質を含む気体の通り口となる貫通孔3に配置されているので、物質吸着膜5A、5Bは気体中に含まれる構成物質を吸着し易くなっている。なお、梁4の振動が、物質検出素子1が組み込まれる装置の振動の影響を受けないようにするため、梁4の振動周波数は、その装置の振動周波数と異なるように、より高く設定されているのが望ましい。

[0033] 第1の梁4Aの両端には、図4に示すように、駆動電極16が形成されている。また、第2の梁4Bには、検出電極17A、17Bが形成されている。支持基板2上には、導線としての駆動信号線21、検出信号線22A、22Bが形成されている。駆動信号線21は、駆動電極16に接続されている。検出信号線22Aは、検出電極17Aに接続され、検出信号線22Bは、検出電極17Bに接続されている。梁4を駆動する電圧信号は、駆動信号線21を介して駆動電極16に印加される。また、検出電極17Aからの電圧信号は、検出信号線22Aを介して出力され、検出電極17Bからの電圧信号は、検出信号線22Bを介して出力される。

[0034] 物質吸着膜5Aと検出電極17Aとは、梁4（第2の梁4B）の表と裏の同じ位置に設けられている。物質吸着膜5Bと検出電極17Bとは、梁4（第2の梁4B）の表と裏の同じ位置に設けられている。

[0035] すなわち、本実施の形態では、梁4は、少なくとも2箇所貫通孔3の縁に固定されており、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5A及び検出電極17Aの組、物質吸着膜5B及び検出電極17Bの組が、梁4に設けられている。

[0036] さらに具体的には、第2の梁4Bは、その長手方向の両端で貫通孔3の縁に固定されている。第2の梁4Bの中央から見てx軸方向の両側に、第2の梁4Bの表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5A及び検出電極17Aの組、物質吸着膜5B及び検出電極17Bの組が設けられている。さらに、第1の梁4Aと第2の梁4Bとが交差する部分から見て第2の梁4Bの両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5Aと検出電極17Aとの組、物質吸着膜5Bと検出電極17Bとの組が設けられている。

- [0037] 図4のA-A線断面図である図5Aに示すように、第1の梁4Aは、主として、支持基板2のSi活性層12で構成される。Si活性層12上には下部電極層14が形成されており、その上に圧電素子15が形成されている。駆動電極16は、第2の梁4Bの貫通孔3の縁に圧電素子15と接するように形成されている。下部電極層14と、圧電素子15と、駆動電極16とで、圧電層が形成される。
- [0038] 一方、図4のB-B線断面図である図5Bに示すように、第2の梁4Bは、主として、支持基板2のSi活性層12で構成される。Si活性層12上には下部電極層14が形成されており、その上に圧電素子15が形成されている。検出電極17A、17Bは、第2の梁4Bの貫通孔3の縁に圧電素子15と接するように形成されている。下部電極層14と、圧電素子15と、検出電極17A、17Bとで、圧電層が形成される。
- [0039] 下部電極層14は、導電性材料（例えば、アルミニウムや銅などの金属）で構成される。駆動電極16及び検出電極17A、17Bも同様である。圧電素子15は、例えばPZT（チタン酸ジルコン酸鉛）などの材料（圧電特性を示す材料）で構成される。圧電素子15は、厚み方向に所定極性の電圧を印加すると、長手方向（厚み方向に直交する方向）に伸縮する性質を有する。なお、図5A及び図5Bでは、BOX層の図示が省略されている。
- [0040] 駆動電極16が正で、下部電極層14が負となる極性（以下、正極性と呼ぶ）の電圧を印加すると、圧電層は長手方向に伸びるため、図6に示すように、第1の梁4Aは、上方が凸になるように（+z方向に）反り返り、これに合わせて第2の梁4Bも、上方が凸になるように（+z方向に）反り返る。その結果、検出電極17A、17Bが正で、下部電極層14が負となる極性（以下、正極性と呼ぶ）の電圧が生じる。
- [0041] これに対して、駆動電極16が負で、下部電極層14が正となる極性（以下、負極性と呼ぶ）の電圧を印加すると、第1の梁4Aの圧電層が長手方向に縮むため、図7に示すように、第1の梁4Aは、下方が凸になるように（-z方向に）反り返り、これに合わせて第2の梁4Bも、下方が凸になるよ

うに（ $-z$ 方向に）反り返る。その結果、検出電極 17 A, 17 B が負で、下部電極層 14 が正となる極性（以下、負極性と呼ぶ）の電圧が生じる。

[0042] もちろん、駆動電極 16 側が正、下部電極層 14 側が負となるように、両電極間に電圧を印加すると、長手方向に縮む一方で、駆動電極 16 側が負、下部電極層 14 側が正となるように、両電極間に電圧を印加すると、長手方向に伸びる性質を有するような圧電素子を用いても構わない。この場合、正極性の電圧を印加すると、下方が凸になるように反り返り、検出電極 17 A, 17 B では、正極性の電圧が発生する。一方、負極性の電圧を印加すると、上方が凸になるように反り返り、検出電極 17 A, 17 B では、負極性の電圧が発生する。このように、第 1 の梁 4 A は、圧電層の伸縮により撓んで振動し、第 2 の梁 4 B は、撓むことにより圧電層が伸縮し、電圧が発生するものであればよい。

[0043] いずれにしても、駆動電極 16 と下部電極層 14（図 5 A 参照）との間に、所定極性の電圧を印加することにより、図 6 又は図 7 に示す変形を生じさせることができる。変形の度合いは、印加する電圧値に応じた量になる。図 6 又は図 7 に示す変形が生じると、検出電極 17 A, 17 B と下部電極層 14 との間に、所定極性の電圧を生じさせることができる。電圧の大きさは、第 2 の梁 4 B に応じた量になる。なお、圧電素子を構成する材料によって（例えば、バルク、薄膜によって）分極作用が異なるので、伸縮と電圧の極性との関係とが上述とは逆になる場合がある。

[0044] 例えば、駆動電極 16 と下部電極層 14 との間に正弦波状に変化する電圧を印加すると、第 1 の梁 4 A が正弦波状に振動する。第 1 の梁 4 A の振動に合わせて第 2 の梁 4 B も振動する。すなわち、駆動電極 16 は、圧電素子 15 に電圧を印加して梁 4 を振動させる。第 2 の梁 4 B が振動すれば、検出電極 17 A, 17 B と下部電極層 14 との間に正弦波状に変化する電位差が発生する。検出電極 17 A, 17 B は、梁 4 の振動周波数に関する情報を検出する。

[0045] さらに、駆動電極 16 と下部電極層 14 との間に加える正弦波状の電圧の

周波数を上下させると、第1の梁4A、第2の梁4Bの振動の周波数も上下し、検出電極17A、17Bと下部電極層14との間に生じる電圧信号の周波数も上下する。第1の梁4A、第2の梁4Bの振動の周波数が梁4の共振周波数に近づくと、梁4の振動振幅は大きくなり、梁4の共振周波数になると、梁4の振動振幅は最大となる。

[0046] 上述のように、梁4は、構成物質が物質吸着膜5A、5Bに吸着することで振動周波数（例えば共振周波数）が変化するよう構成されている。また、梁4の振動周波数は物質吸着膜5A、5Bへの構成物質の吸着度合に応じて変化する。これにより、梁4の振動振幅が最大となる周波数も変化する。逆に言えば、検出電極17A、17Bと下部電極層14との電圧信号の振幅が最大となる振動周波数の変化を求めることにより、物質吸着膜5A、5Bに構成物質が吸着してない状態から吸着した状態に変化したことを検出することができる。

[0047] 検出電極17Aと、下部電極層14との間に生じた電位差は、電圧信号となって、検出信号線22Aを介して出力される。また、検出電極17Bと、下部電極層14との間に生じた電位差は、電圧信号となって、検出信号線22Bを介して出力される。出力された電圧信号を、梁4の振動周波数に関する情報とし、その情報に基づいて、梁4の振動周波数の変化を検出すれば、貫通孔3を通過する気体に物質吸着膜5A、5Bに吸着された物質が含まれていることを検出することができる。

[0048] 図8に示すように、物質検出素子1には、信号処理回路20が設けられている。信号処理回路20は、2本の駆動信号線21と、2本の検出信号線22A、22Bと接続されている。信号処理回路20から出た2本の駆動信号線21は、一对の駆動電極16に接続されている。また、検出電極17A、17Bそれぞれから出た2本の検出信号線22A、22Bは、独立して信号処理回路20に接続されている。信号処理回路20は、下部電極層14（図5A及び図5B参照）の電位を基準とする各種電圧信号の入出力を行う。

[0049] 信号処理回路20は、駆動信号線21を介して各貫通孔3に対応する駆動

電極 16 に対して例えば正弦波状の電圧信号を出力するとともに、検出信号線 22 A, 22 B を介して、各貫通孔 3 に対応する検出電極 17 A, 17 B から出力される電圧信号を入力する。信号処理回路 20 は、入力された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数（例えば共振周波数）の変化を検出する。物質検出素子 1 では、例えば、1 ng（ナノグラム）の単位で、構成物質の吸着を検出可能である。

[0050] 物質検出素子 1 では、貫通孔 3 毎に梁 4 が設けられて、梁 4 各々が支持する物質吸着膜 5 A, 5 B の種類が異なっている。信号処理回路 20 は、貫通孔 3 の検出電極 17 A, 17 B から出力される電圧信号を、検出信号線 22 A, 22 B を介して入力し、入力された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数の変化、すなわちその梁 4 に対応する物質吸着膜 5 A, 5 B への構成物質の吸着を検出する。ここで、検出電極 17 A は、物質吸着膜 5 A の裏に設けられているので、物質吸着膜 5 A に物質が付着した場合には、検出電極 17 A で接続された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数の変化が検出される。また、検出電極 17 B は、物質吸着膜 5 B の裏に設けられているので、物質吸着膜 5 B に物質が付着した場合には、検出電極 17 B で接続された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数の変化が検出される。信号処理回路 20 は、メモリを有しており、物質吸着膜 5 A, 5 B それぞれの構成物質の検出結果をそのメモリに記憶する。

[0051] 次に、本実施の形態に係る物質検出素子 1 による化学物質の検出動作について説明する。図 8 に示すように、信号処理回路 20 は、駆動電極 16 に対して任意の周波数の正弦波状の電圧信号の出力を開始する。これにより、図 9 に示すように、時点  $t_1$  において、梁 4 の振動が開始される。この振動により、測定前に物質吸着膜 5 A, 5 B に吸着していた構成物質が脱離し、物質吸着膜 5 A, 5 B が初期化される。時点  $t_1$  から時点  $t_2$  までを物質吸着膜 5 A の初期化を行う初期化期間  $T_1$  とする。

[0052] 時点  $t_2$  を経過しても、信号処理回路 20 は、梁 4 の振動を継続している。時点  $t_2$  から時点  $t_3$  までの期間  $T_2$  において、化学物質の検出が行われ

る。気体中に含まれ得る様々な化学物質の検出を行うため、時点  $t_2$  において、物質検出素子 1 は、気体の流れの中に置かれる。これにより、貫通孔 3 を通る気体に含まれる化学物質を構成する構成物質の検出が開始される。ここで、構成物質が吸着される物質吸着膜 5 A, 5 B を支持する梁 4 は、貫通孔 3 の全てを塞ぐのではなく、貫通孔 3 の一部を塞いでいる。よって、梁 4 は、検出対象の化学物質を含む気体が貫通孔 3 内に滞留することを防止して、その気体が貫通孔 3 を通り抜け易くしている。

[0053] 期間  $T_2$  において、信号処理回路 20 は、貫通孔 3 の検出電極 17 A, 17 B から出力される電圧信号を、検出信号線 22 A, 22 B を介して入力し、入力された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数の変化、すなわちその梁 4 に対応する物質吸着膜 5 A, 5 B への構成物質の吸着を検出する。

[0054] 時点  $t_3$  になると、物質検出素子 1 は、気体の流れの中から取り除かれる。これにより、化学物質の検出が終了する。しかし、時点  $t_3$  から時点  $t_4$  までの期間  $T_3$  では、信号処理回路 20 は、梁 4 の振動を継続する。これにより、構成物質が物質吸着膜 5 A, 5 B から脱離する。時点  $t_4$  において、物質検出素子 1 の処理が終了する。

[0055] 再び化学物質の検出を行う場合には、期間  $T_1 \sim T_3$  の動作を繰り返す。

[0056] 本実施の形態によれば、化学物質が含まれる気体を通る梁 4 に物質吸着膜 5 A, 5 B が設けられており、検出対象の化学物質が含まれる気体が物質吸着膜 5 A, 5 B の周囲を通り易く構成しているため、より効率的に化学物質を検出することができる。

[0057] 以上詳細に説明したように、本実施の形態によれば、物質が付着することで梁 4 の振動周波数を変化させる物質吸着膜 5 A, 5 B と、梁 4 の振動周波数に関する情報を検出する検出電極 17 A, 17 B とが、梁 4 の表と裏の同じ位置に設けられている。これにより、物質吸着膜 5 A, 5 B への物質の付着による梁 4 の振動周波数の変化が大きい位置で、梁 4 の振動周波数に関する情報を感度良く検出することができるので、より効率的に物質を検出することができる。

- [0058] また、本実施の形態によれば、1つの貫通孔につき、2種類の物質の検出が可能になるため、同じ種類の物質を検出可能な装置のサイズを小型化することができる。逆にいえば、装置のサイズを同じとしたままで、検出可能な物質の種類を増やすことができる。
- [0059] なお、物質吸着膜5 A、5 Bと、検出電極17 A、17 Bとの位置は、多少ずれていてもよい。そのずれ量が、物質吸着膜同士、検出電極同士の距離よりも無視できる程度に小さければよい。また、物質吸着膜同士、検出電極同士の距離が振動周波数の変化を個別に検出可能な距離以上であれば、同じ梁に3以上の物質吸着膜及び検出電極の組を配置するようにしてもよい。
- [0060] また、本実施の形態によれば、駆動電極16が設けられた第1の梁4 Aの幅を、検出電極17 A、17 Bが設けられた第2の梁4 Bの幅より広くした。このようにした方が、梁4の変位を大きくして、検出される電圧信号のレベルを大きくすることができる。
- [0061] なお、本実施の形態では、第1の梁4 Aの幅が、第2の梁4 Bの幅よりも広くなるように設定されていた。しかしながら、本発明はこれには限られない。第1の梁4 Aの幅（短手方向の長さ）と、第2の梁4 Bの幅（短手方向の長さ）とは同じであってもよい。また、貫通孔3の径を短くして、第1の梁4 Aの長さを短縮してもよい。このようにすれば、梁4全体の振動周波数をより高く設定して外部からの振動の影響を少なくすることができるうえ、吸着した構成物質の単位重量当たりの梁4の振動周波数の変化量を大きくして、構成物質の吸着の検出精度を向上することができる。
- [0062] なお、梁4の幅、長さについては、気体の流れに必要な貫通孔3の大きさとの関係において定められるのが望ましい。
- [0063] また、本実施の形態では、梁4は、少なくとも2箇所貫通孔3の縁に固定されている。このようにすれば、片持ちの梁4に比べ、梁4を安定して保持することができるうえ、梁4の振動周波数を高くすることができる。
- [0064] なお、梁4における駆動電極16、検出電極17 A、17 B及び物質吸着膜5 A、5 Bの配置は、本実施の形態に係るものに限られない。例えば、図

10A及び図10Bに示すように、物質吸着膜5A及び検出電極17Aの組と、物質吸着膜5B及び検出電極17Bの組が、第2の梁4Bではなく、第1の梁4Aに設けられていてもよい。すなわち、第1の梁4Aと第2の梁4Bとが交差する部分から見て第1の梁4Aの両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5Aと検出電極17Aとの組、物質吸着膜5Bと検出電極17Bとの組が設けられている。

[0065] また、図11A及び図11Bに示すように、駆動電極16が第1の梁4A及び第2の梁4Bの中央に1つだけ設けられていてもよい。すなわち、駆動電極16が、第1の梁4Aと第2の梁4Bとが交差する部分に設けられているようにしてもよい。この駆動電極16に電圧信号を加えれば、第1の梁4A及び第2の梁4Bを振動させることができる。

[0066] また、図12A及び図12Bに示すように、梁4は、長手方向の両端で貫通孔3の縁に固定された一方向に延びるだけのものであってもよい。この場合、駆動電極16は、梁4の中央に設けられており、梁4の中央から見て両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5A及び検出電極17Aの組、物質吸着膜5B及び検出電極17Bの組が設けられるようにすればよい。

[0067] また、図13A及び図13Bに示すように、梁4は、長手方向の両端で貫通孔3の縁に固定された一方向に延びるだけのものである場合、駆動電極16が、梁4の両端に設けられていてもよい。また、梁4の中央から見て両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5A及び検出電極17Aの組、物質吸着膜5B及び検出電極17Bの組が設けられていてもよい。

[0068] 上述の中では、図11A及び図11Bに示す配置において、検出電極17A、17Bから出力される電圧のレベルが最も大きくなった。すなわち、駆動電極16が梁4の中央に取り付けられ、幅が太い第1の梁4Aに検出電極17A、17Bが配置される場合の電圧レベルが最大となった。

[0069] また、図14A及び図14Bに示すように、梁4が第1の梁4A及び第2の梁4Bを備え、駆動電極16が、第1の梁4Aと第2の梁4Bとが交差す



る部分に設けられていてもよい。また、この場合、第1の梁4 Aと第2の梁4 Bとが交差する部分から見て第1の梁4 Aの両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5 A及び検出電極1 7 Aの組、物質吸着膜5 B及び検出電極1 7 Bの組が設けられ、第1の梁4 Aと第2の梁4 Bとが交差する部分から見て第2の梁4 Bの両側に、梁4の表と裏の同じ位置に設けられた物質吸着膜5 C及び検出電極1 7 Cの組、物質吸着膜5 D及び検出電極1 7 Dの組が設けられるようにしてもよい。物質吸着膜5 A～5 Dが吸着する物質が全て異なるようにすれば、1つの貫通孔3について、4種類の物質を検出することが可能となる。

[0070] また、図1 5に示すように、梁4は片持ち梁でもよい。この場合には、梁4の幅を広くするか、厚みを大きくして、梁4の振動周波数を高くするのが望ましい。なお、駆動電極1 6は、梁4の一端（貫通孔3の縁に固定されている一端）に配置し、検出電極1 7 Aは、梁4の中央に配置することができる。物質吸着膜5 Aは、検出電極1 7 Aの裏側に設けられている。

[0071] また、図1 6に示すように、梁4が長手方向の両端で貫通孔3の縁に固定された1本だけの場合、梁4の両端に駆動電極1 6が設けられ、梁4の中央に物質吸着膜5 A及び検出電極1 7 Aの組が設けられているだけでもよい。

[0072] また、図1 7に示すように、3箇所貫通孔3の縁に固定される梁4を用いてもよい。この場合、梁4が交差する位置に駆動電極1 6を配置し、梁4の3つの梁に物質吸着膜5 A及び検出電極1 7 Aの組と、物質吸着膜5 B及び検出電極1 7 Bの組と、物質吸着膜5 C及び検出電極1 7 Cの組とを配置すればよい。

[0073] なお、上記実施の形態では、第1の梁4 Aと第2の梁4 Bとが直交していた。このようにすれば、第1の梁4 Aの振動を、第2の梁4 Bが妨げないようにすることができる。しかしながら、第1の梁4 Aと第2の梁4 Bとは直交している必要はなく、交差していればよい。

[0074] なお、上記実施の形態では、化学物質の検出前又は後において、その化学物質を構成する構成物質が周辺に存在しない環境下において、梁4を振動さ

せて、物質吸着膜 5 A, 5 B から構成物質を脱離した。このようにすれば、リフレッシュガスを物質検出素子 1 に与えたり、ヒータなどの物質吸着膜 5 A, 5 B から構成物質を脱離させる手段を物質検出素子 1 に設けたりすることなく、物質検出素子 1 を再利用することが可能となる。この結果、物質を検出する装置全体をシンプルかつコンパクトなものとするができる。

[0075] 梁 4 の振動による構成物質の脱離は、図 18 に示すような構成を有する物質検出素子 1 でも可能である。この物質検出素子 1 も、支持基板 2 と、支持基板 2 に両端が支持され、圧電素子 15 (図 5 A 参照) が設けられた板状の梁 4 と、梁 4 に設けられ、物質が付着することで梁 4 の振動周波数を変化させる物質吸着膜 5 E と、を備える。この物質検出素子 1 では、物質吸着膜 5 E が、梁 4 の一方の面の全面に設けられている。さらに、この物質検出素子 1 は、圧電素子 15 に電圧を印加して梁 4 を振動させる駆動電極 16 (図 5 A 参照) と、梁 4 の振動周波数に関する情報を検出する検出電極 17 A, 17 B (図 5 B 参照) と、を備えている。駆動電極 16 及び検出電極 17 A, 17 B は、物質吸着膜 5 E が設けられた領域の裏側に設けられている。

[0076] 図 18 に示すように、時点  $t_1$  において、梁 4 の振動が開始される。この振動により、初期化期間  $T_1$  において、測定前に物質吸着膜 5 E に吸着していた構成物質が脱離し、物質吸着膜 5 E が初期化される。

[0077] 時点  $t_2$  から時点  $t_3$  までの期間  $T_2$  において、化学物質の検出が行われる。時点  $t_2$  を経過しても、梁 4 の振動は継続している。時点  $t_2$  において、物質検出素子 1 は、検出対象となる気体の流れの中に置かれる。これにより、貫通孔 3 を通る気体に含まれる化学物質を構成する構成物質が物質吸着膜 5 E に吸着する。

[0078] 期間  $T_2$  において、信号処理回路 20 は、検出電極 17 A, 17 B から出力される電圧信号を入力し、入力された電圧信号に基づいて、梁 4 の振動周波数の変化、すなわちその梁 4 に対応する物質吸着膜 5 E への構成物質の吸着を検出する。

[0079] 時点  $t_3$  になると、物質検出素子 1 は、気体の流れの中から取り除かれる

。これにより、化学物質の検出が終了する。しかし、時点  $t_3$  から時点  $t_4$  までの期間  $T_3$  では、信号処理回路 20 は、梁 4 の振動を継続する。これにより、構成物質が物質吸着膜 5 E から脱離する。

[0080] なお、脱離の際、駆動電極 16 は、物質吸着膜 5 E の膜厚方向に、梁 4 を振動させて、構成物質を脱着させる。このようにすれば、構成物質の脱着方向と梁 4 の振動方向とをあわせることができるので、構成物質を脱離し易くなる。これに対して、水晶素子を物質吸着膜とする QCM (Quartz Crystal Microbalance) 式の検知デバイスでは、水晶素子が、膜に対して水平方向に振動しているため、振動により構成物質が脱着しにくくなっている。

[0081] なお、上記実施の形態では、期間  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  で、駆動電極 16 に付与する電圧信号の周波数及び強度を一定とした。しかしながら、本発明はこれには限られない。期間  $T_1$ 、 $T_3$  では、構成物質の脱離を促進できるのであれば、電圧信号の周波数及び強度を増減させるようにしてもよい。例えば、期間  $T_1$ 、 $T_3$  では、期間  $T_2$  のときとは異なる電圧信号の周波数にしてもよく、また、期間  $T_2$  のときとは異なる電気信号の強度にしてもよい。

[0082] 上記実施の形態では、貫通孔 3 及び梁 4 の数は、7 つであったが、本発明はこれには限られない。貫通孔 3 及び梁 4 の数は、6 つ以下であってもよいし、8 つ以上であってもよい。貫通孔 3 及び梁 4 の数は、検出対象となる構成物質の数によって決めることができる。

[0083] 上記実施の形態では、貫通孔 3 は円形であった。しかしながら、本発明はこれには限られない。貫通孔は楕円、角形であってもよいし、外径が曲線と直線とを組み合わせたものであってもよい。

[0084] また、上記実施の形態では、検出対象となる物質を、匂いを構成する化学物質としたが、本発明はこれには限られない。例えば、無臭で気体中に含まれる化学物質を検出するようにしてもよい。

[0085] また、上記実施の形態では、気体中に含まれる化学物質であるとしたが、本発明はこれには限られない。液体中の物質の検出にも、本発明を適用することができる。

[0086] また、上記実施の形態では、物質検出素子 1 を、SOI ウエハを用いて製造するものとしたが、本発明はこれには限られない。物質検出素子を、他のウエハを用いて製造するようにしてもよい。

[0087] 上記実施の形態では、梁 4 のほぼ全面に下部電極層 14 及び圧電素子 15 を設けるものとしたが、本発明はこれには限られない。駆動電極 16 及び検出電極 17 A, 17 B が形成された部分にのみ、下部電極層 14 及び圧電素子 15 を設けるようにしてもよい。

[0088] この発明は、この発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、この発明を説明するためのものであり、この発明の範囲を限定するものではない。すなわち、この発明の範囲は、実施の形態ではなく、特許請求の範囲によって示される。そして、特許請求の範囲内及びそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、この発明の範囲内とみなされる。

[0089] なお、本願については、2018年9月27日に出願された日本国特許出願2018-182353号及び2019年4月22日に出願された日本国特許出願2019-80654号を基礎とする優先権を主張し、本明細書中に日本国特許出願2018-182353号及び日本国特許出願2019-80654号の明細書、特許請求の範囲、図面全体を参照として取り込むものとする。

### 産業上の利用可能性

[0090] 本発明は、流体中に含まれる化学物質の検出に適用することができる。

### 符号の説明

[0091] 1 物質検出素子、2 支持基板、3 貫通孔、4 梁、4 A 第1の梁、4 B 第2の梁、5 A, 5 B, 5 C, 5 D, 5 E 物質吸着膜、10 ベース、11 Si 支持層、12 Si 活性層、13 開口、14 下部電極層、15 圧電素子（ピエゾ素子）、16 駆動電極、17 A, 17 B, 17 C, 17 D 検出電極、20 信号処理回路、21 駆動信号線、22 A, 22 B 検出信号線

## 請求の範囲

- [請求項1] 貫通孔が設けられた支持基板と、  
前記貫通孔の一部を塞ぐように前記貫通孔の縁から対向する縁へ向かって延び、圧電素子が設けられた板状の梁と、  
前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、  
前記梁の振動周波数に関する情報を検出する検出電極と、  
物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、  
と、  
を備え、  
前記物質吸着膜と前記検出電極とは、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられている、  
物質検出素子。
- [請求項2] 前記梁は、少なくとも2箇所前記貫通孔の縁に固定され、  
前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が、前記梁に複数設けられており、  
前記物質吸着膜が吸着する物質が、前記組毎に異なる、  
請求項1に記載の物質検出素子。
- [請求項3] 前記梁は、その長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定されており、  
、  
前記梁の中央から見て両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が設けられている、  
請求項2に記載の物質検出素子。
- [請求項4] 前記駆動電極が、前記梁の両端に設けられている、  
請求項3に記載の物質検出素子。
- [請求項5] 前記駆動電極が、前記梁の中央に設けられている、  
請求項3に記載の物質検出素子。
- [請求項6] 前記梁は、  
長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定された第1の梁と、

長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定され、前記第 1 の梁と交差する第 2 の梁とで構成される、

請求項 2 に記載の物質検出素子。

[請求項7] 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分から見て前記第 2 の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、

請求項 6 に記載の物質検出素子。

[請求項8] 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分から見て前記第 1 の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、

請求項 6 又は 7 に記載の物質検出素子。

[請求項9] 前記駆動電極が、前記第 1 の梁の両端に設けられている、

請求項 7 又は 8 に記載の物質検出素子。

[請求項10] 前記駆動電極が、前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分に設けられている、

請求項 7 又は 8 に記載の物質検出素子。

[請求項11] 前記第 1 の梁の幅が、前記第 2 の梁の幅よりも広くなるように設定されている、

請求項 6 から 10 のいずれか一項に記載の物質検出素子。

[請求項12] 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが直交している、

請求項 6 から 11 のいずれか一項に記載の物質検出素子。

[請求項13] 前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物質を脱離させる、

請求項 1 から 12 のいずれか一項に記載の物質検出素子。

[請求項14] 前記駆動電極は、前記物質吸着膜の膜厚方向に、前記梁を振動させる、

請求項 13 に記載の物質検出素子。

[請求項15] 支持基板と、

前記支持基板に少なくとも一端が支持され、圧電素子が設けられた板状の梁と、

前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、

前記梁に設けられ、物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、

を備え、

前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物質を脱離させる、

物質検出素子。

[請求項16]

前記駆動電極は、前記物質吸着膜の膜厚方向に、前記梁を振動させる、

請求項15に記載の物質検出素子。

**補正された請求の範囲**  
**[2020年1月23日 (23.01.2020) 国際事務局受理]**

- [請求項 1] (補正後) 支持基板と、  
前記支持基板に少なくとも一端が固定され、圧電素子が設けられた板状の梁と、  
前記梁の振動周波数に関する情報を検出する検出電極と、  
物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、  
を備え、  
前記物質吸着膜と前記検出電極とは、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられている、  
物質検出素子。
- [請求項 2] (補正後) 前記支持基板には、貫通孔が設けられ、  
前記梁は、前記貫通孔の一部を塞ぐように前記貫通孔の縁から対向する縁へ向かって延びている、  
請求項 1 に記載の物質検出素子。
- [請求項 3] (補正後) 前記梁は、少なくとも 2 箇所前記貫通孔の縁に固定され、  
前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が、前記梁に複数設けられており、  
前記物質吸着膜が吸着する物質が、前記組毎に異なる、  
請求項 2 に記載の物質検出素子。
- [請求項 4] (補正後) 前記梁は、その長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定されており、  
、  
前記梁の中央から見て両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜及び前記検出電極の組が設けられている、  
請求項 3 に記載の物質検出素子。
- [請求項 5] (補正後) 前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極が、前記梁の両端に設けられている、  
請求項 4 に記載の物質検出素子。



- [請求項 6] (補正後) 前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極が、前記梁の中央に設けられている、  
請求項 4 に記載の物質検出素子。
- [請求項 7] (補正後) 前記梁は、  
長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定された第 1 の梁と、  
長手方向の両端で前記貫通孔の縁に固定され、前記第 1 の梁と交差する第 2 の梁とで構成される、  
請求項 3 に記載の物質検出素子。
- [請求項 8] (補正後) 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分から見て前記第 2 の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、  
請求項 7 に記載の物質検出素子。
- [請求項 9] (補正後) 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分から見て前記第 1 の梁の両側に、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられた前記物質吸着膜と前記検出電極との組が設けられている、  
請求項 7 又は 8 に記載の物質検出素子。
- [請求項 10] (補正後) 前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極が、前記第 1 の梁の両端に設けられている、  
請求項 8 又は 9 に記載の物質検出素子。
- [請求項 11] (補正後) 前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極が、前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが交差する部分に設けられている、  
請求項 8 又は 9 に記載の物質検出素子。
- [請求項 12] (補正後) 前記第 1 の梁の幅が、前記第 2 の梁の幅よりも広くなるように設定されている、  
請求項 7 から 11 のいずれか一項に記載の物質検出素子。
- [請求項 13] (補正後) 前記第 1 の梁と前記第 2 の梁とが直交している、  
請求項 7 から 12 のいずれか一項に記載の物質検出素子。
- [請求項 14] (補正後) 前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物

質を脱離させる、

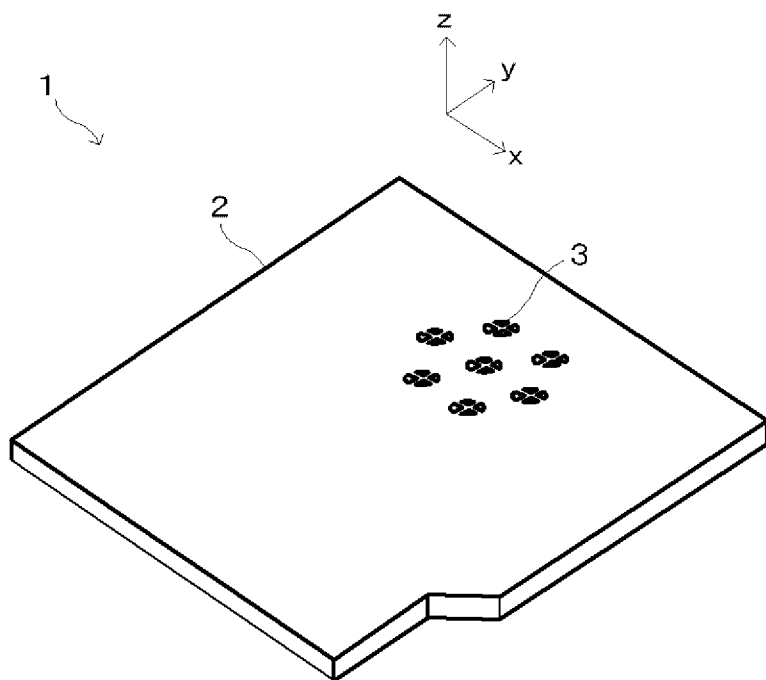
請求項 5 又は 6 に記載の物質検出素子。

[請求項 1 5] (補正後) 前記駆動電極は、前記物質吸着膜の膜厚方向に、前記梁を振動させる、

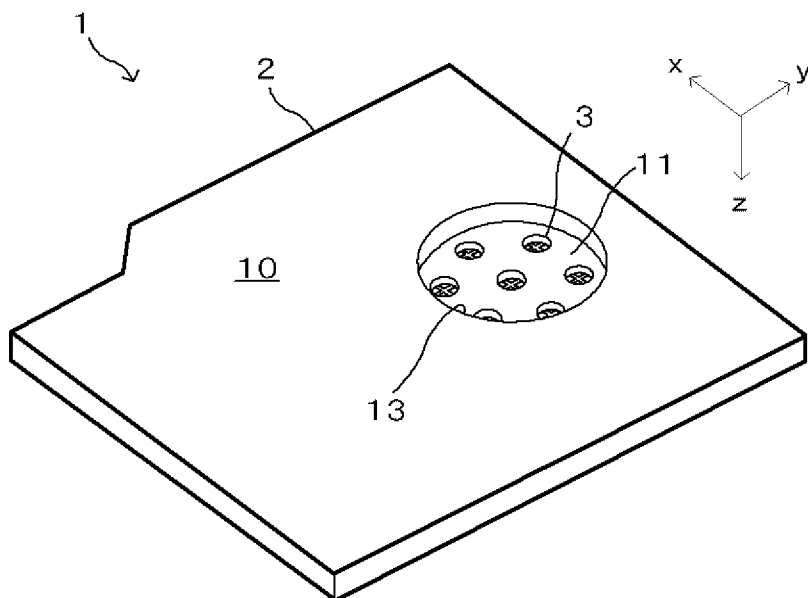
請求項 1 4 に記載の物質検出素子。

[請求項 1 6] (削除)

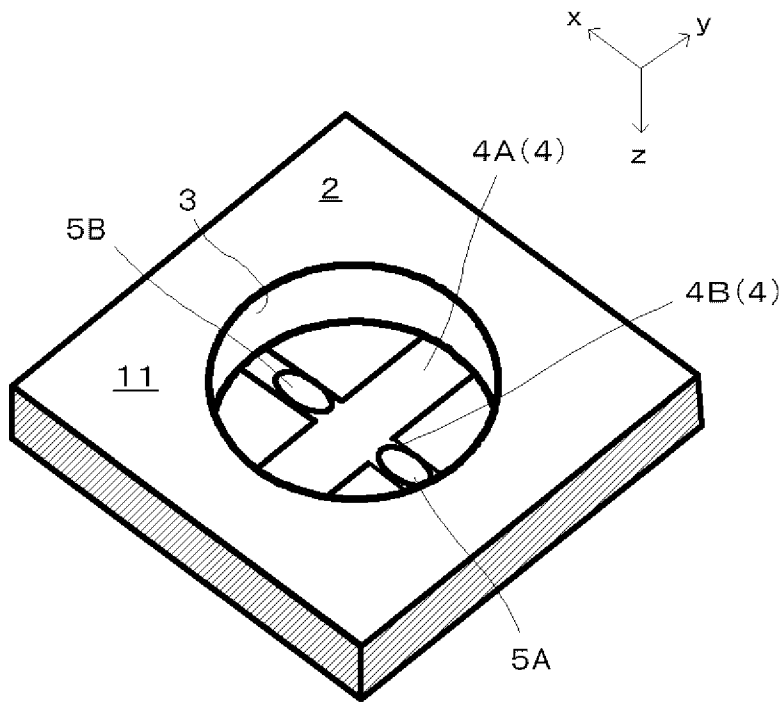
[図1]



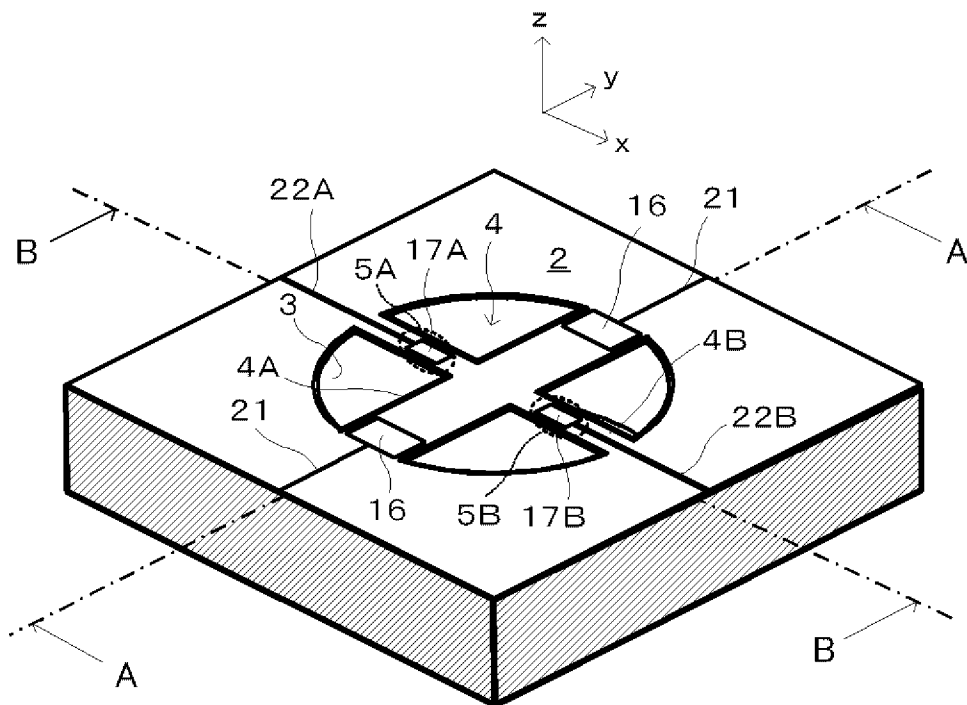
[図2]



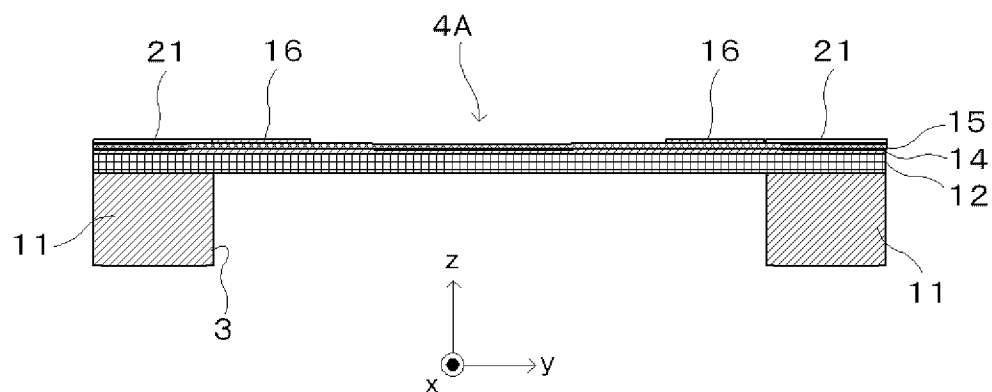
[図3]



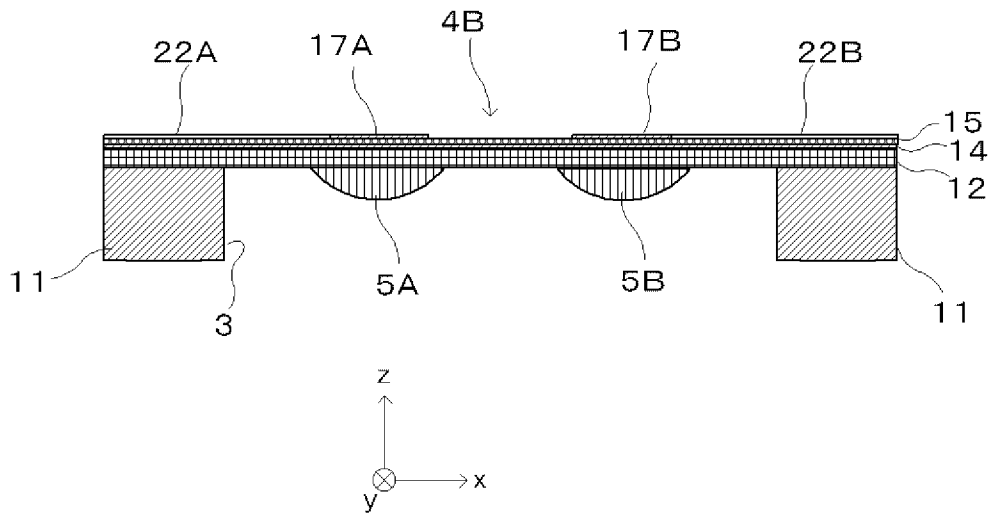
[図4]



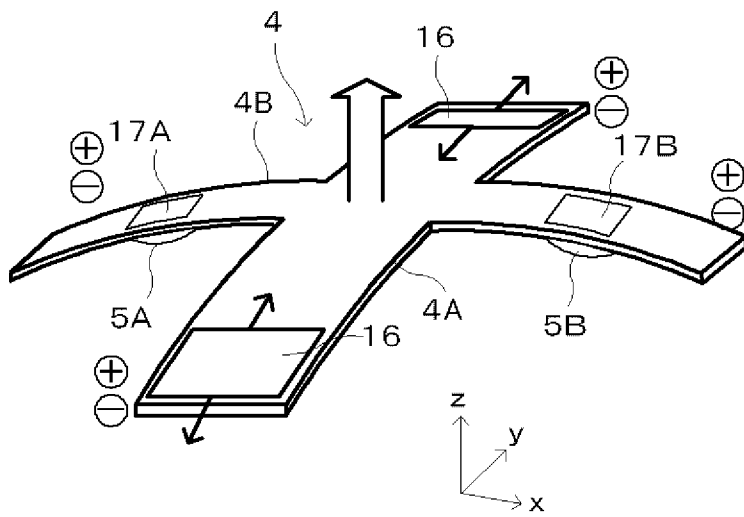
[図5A]



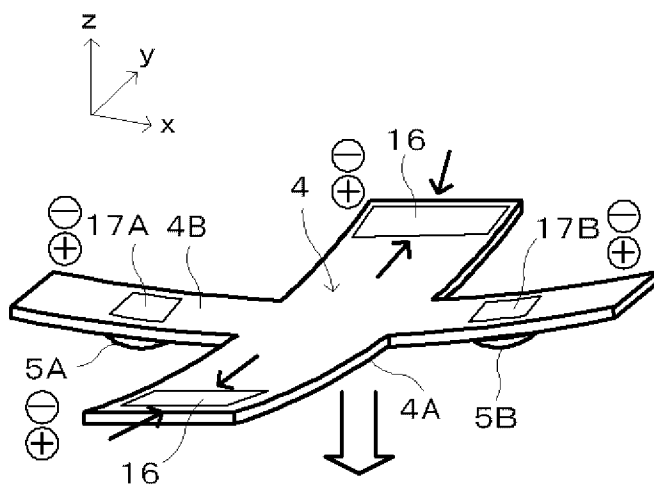
[図5B]



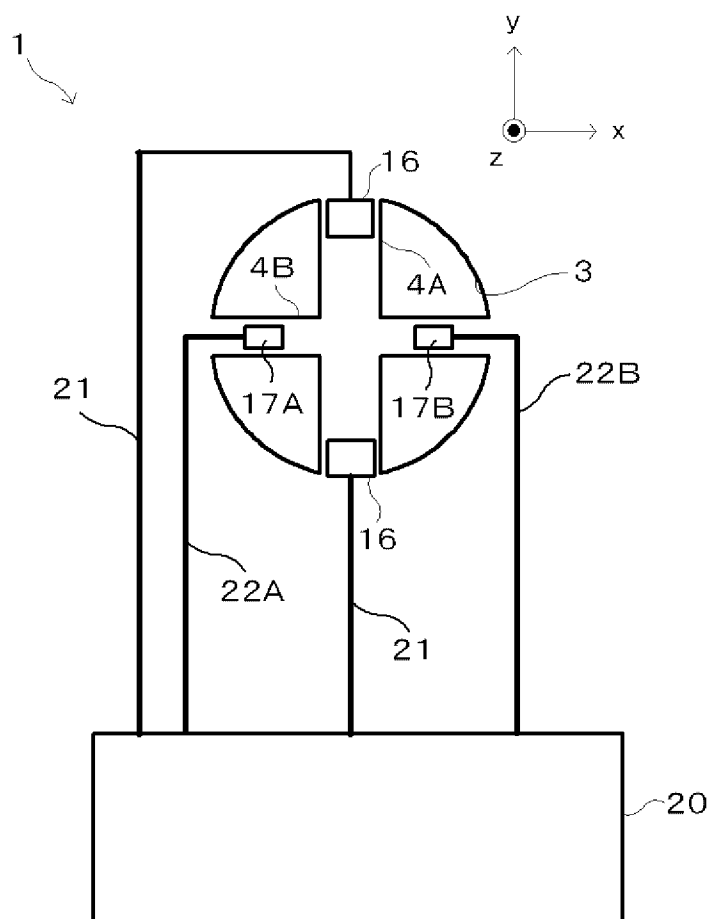
[図6]



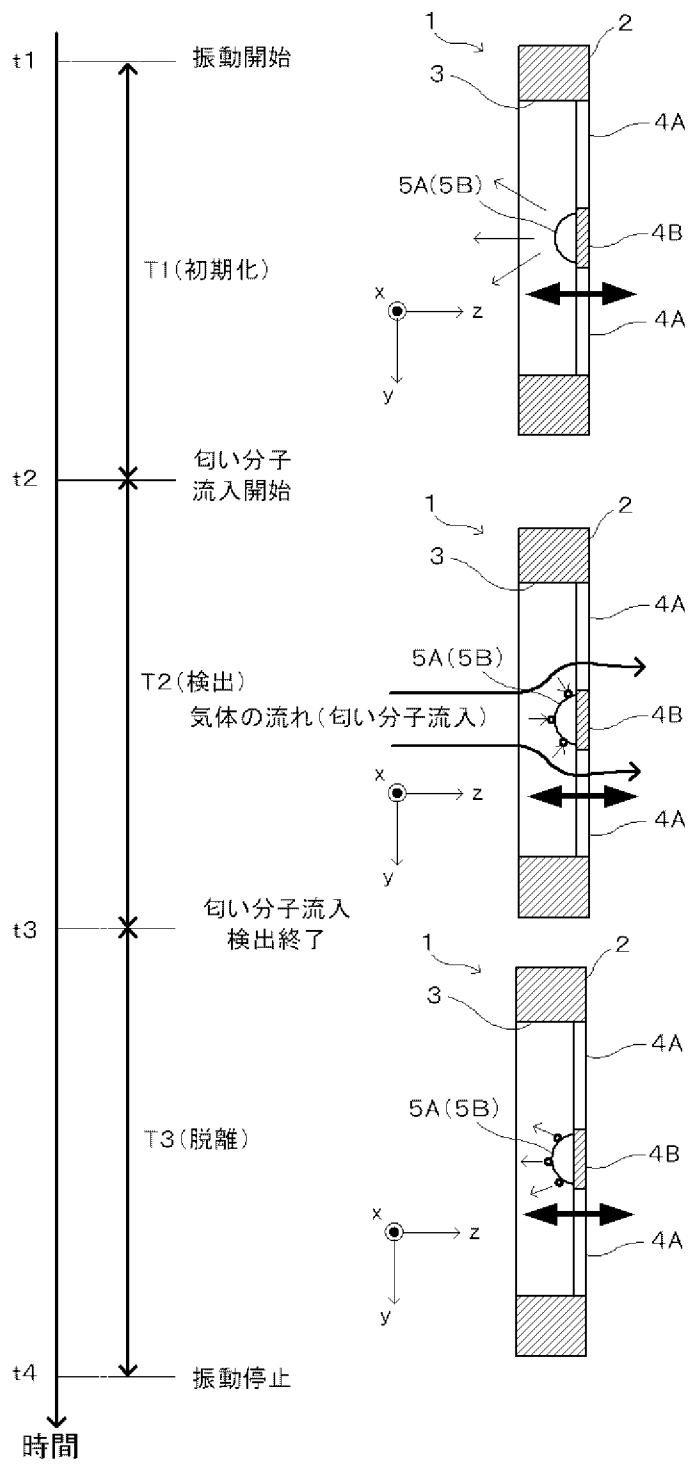
[図7]



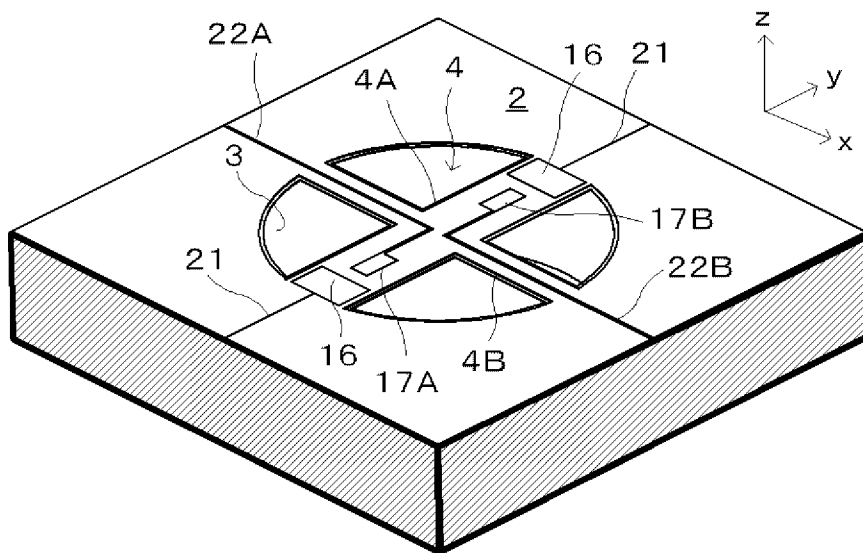
[図8]



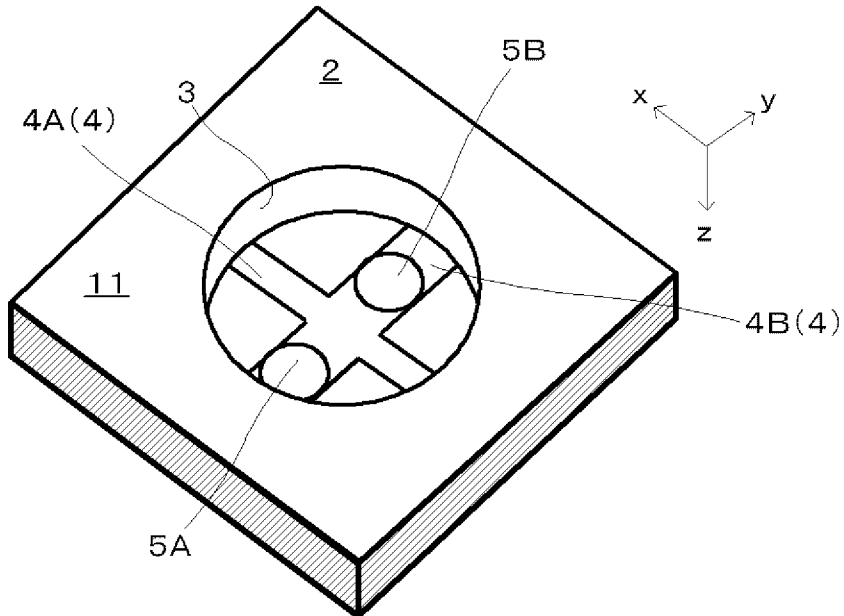
[図9]



[図10A]

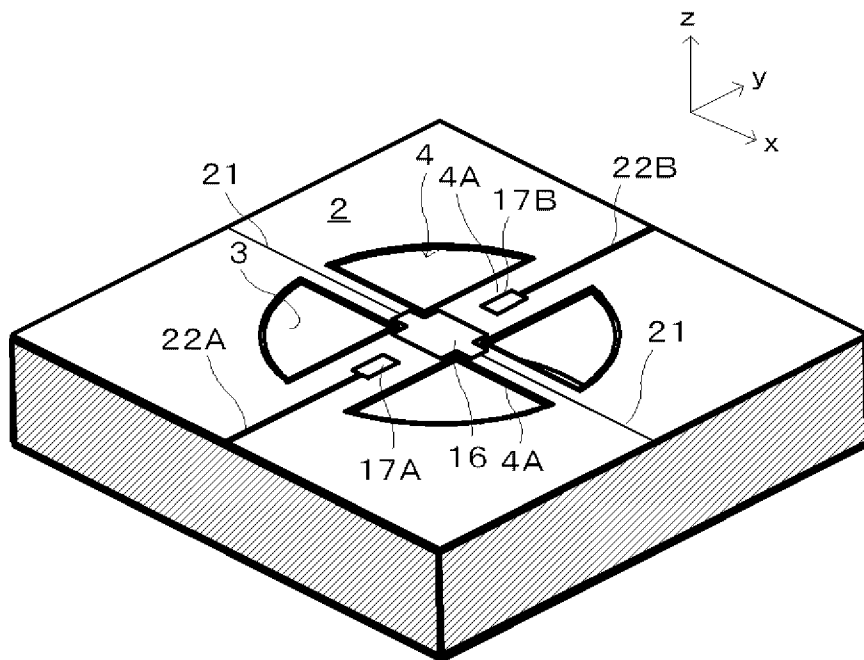


[図10B]

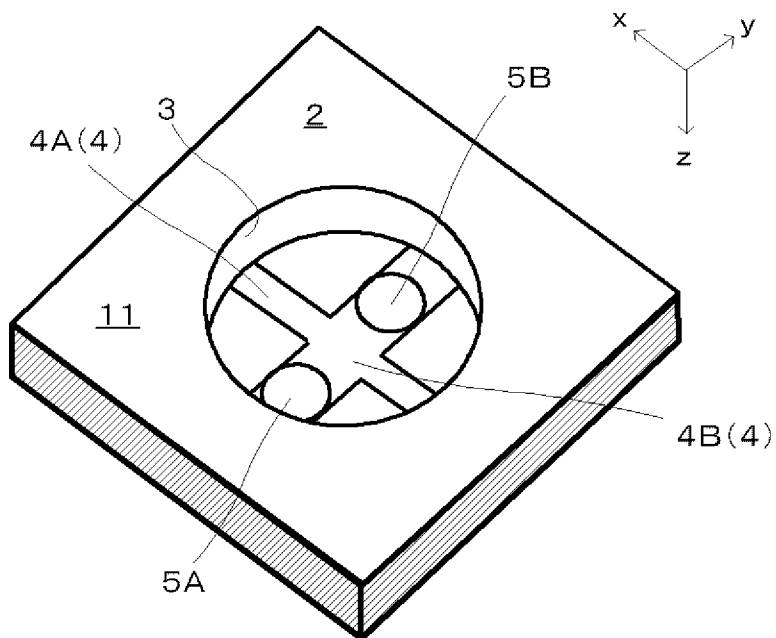




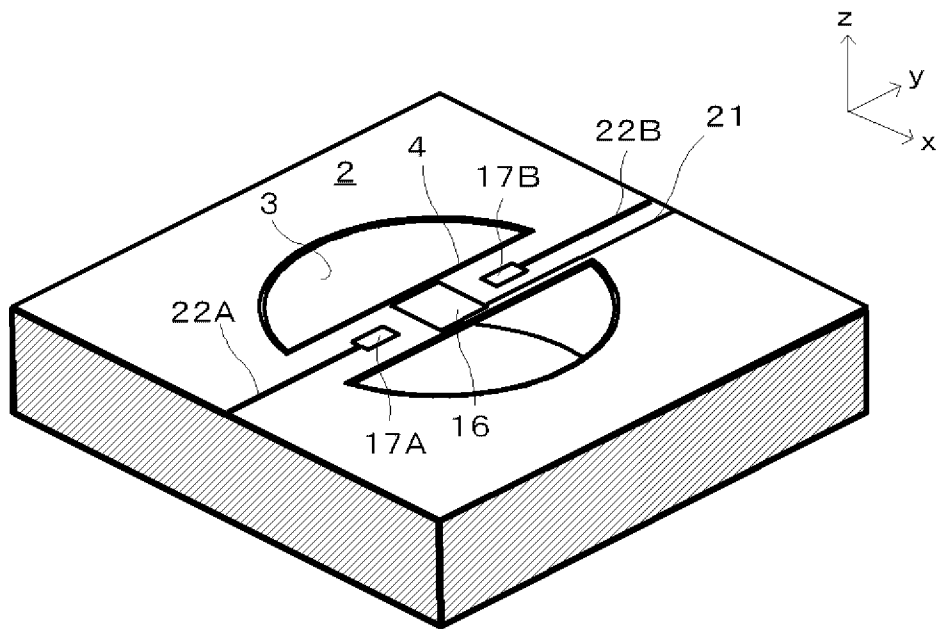
[図11A]



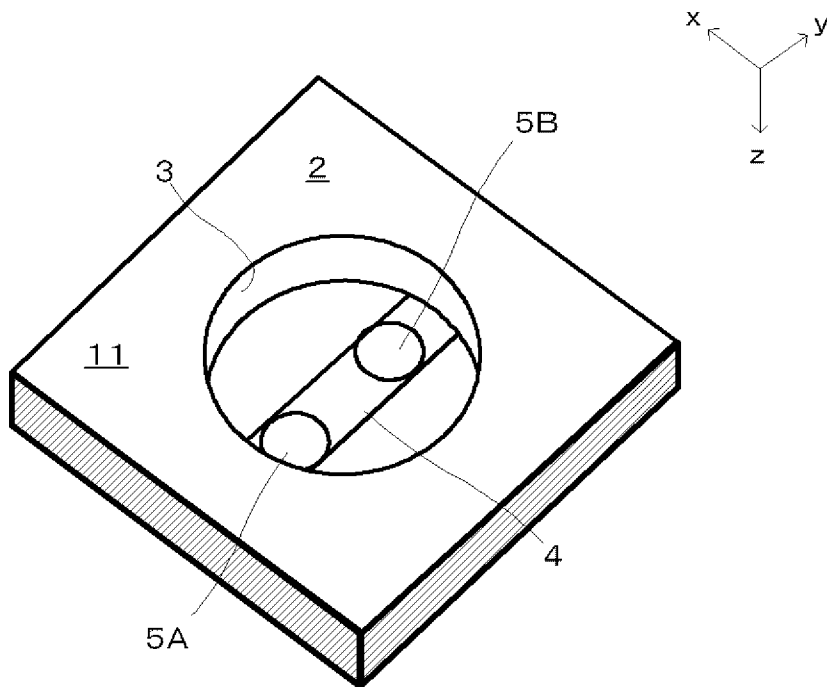
[図11B]



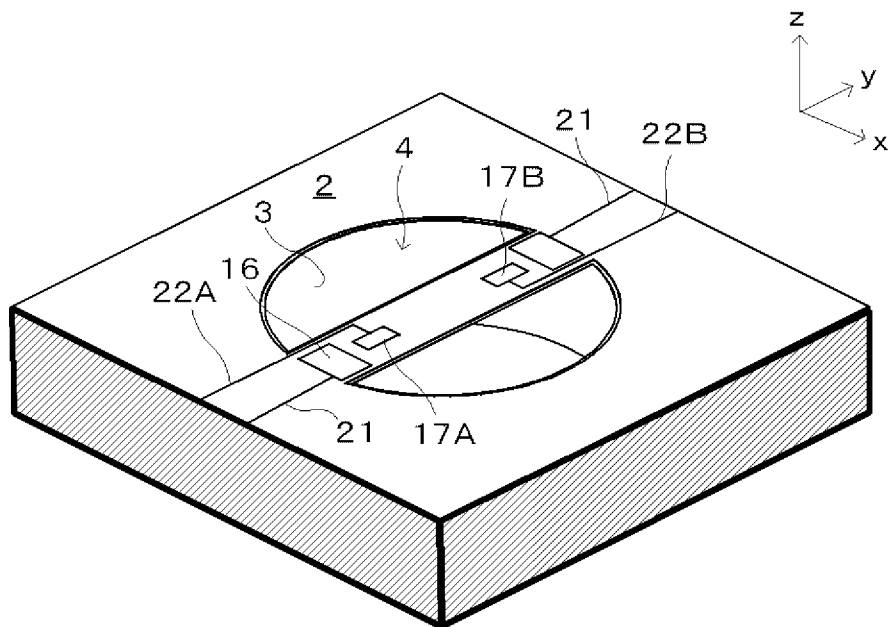
[図12A]



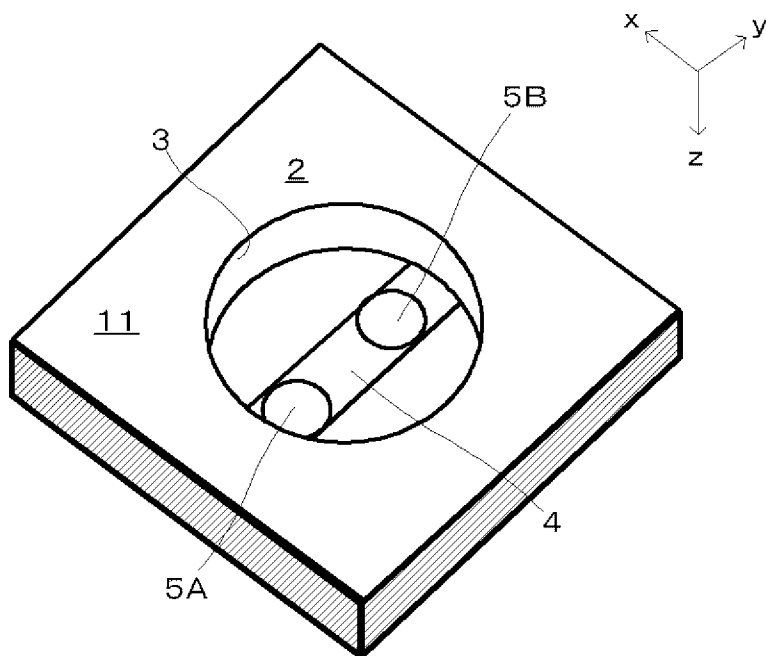
[図12B]



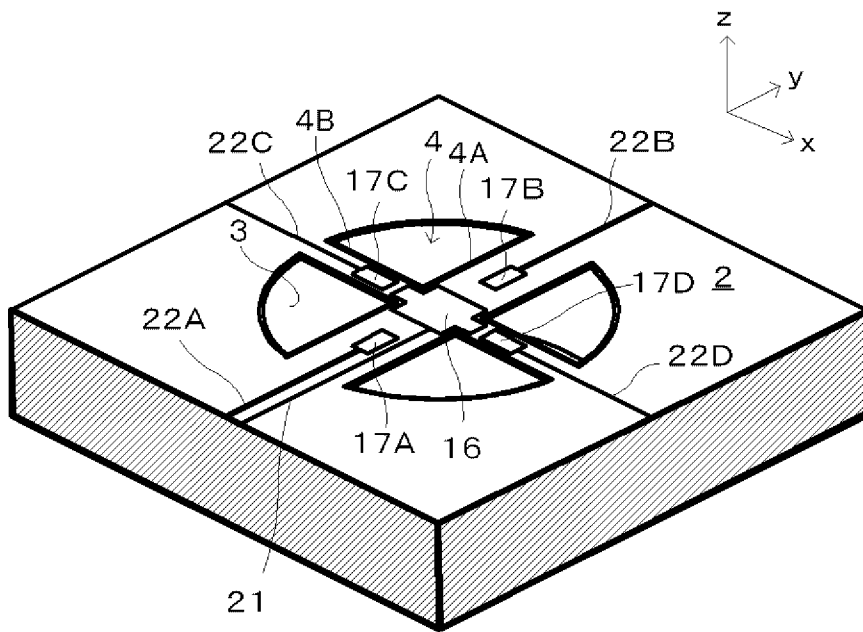
[図13A]



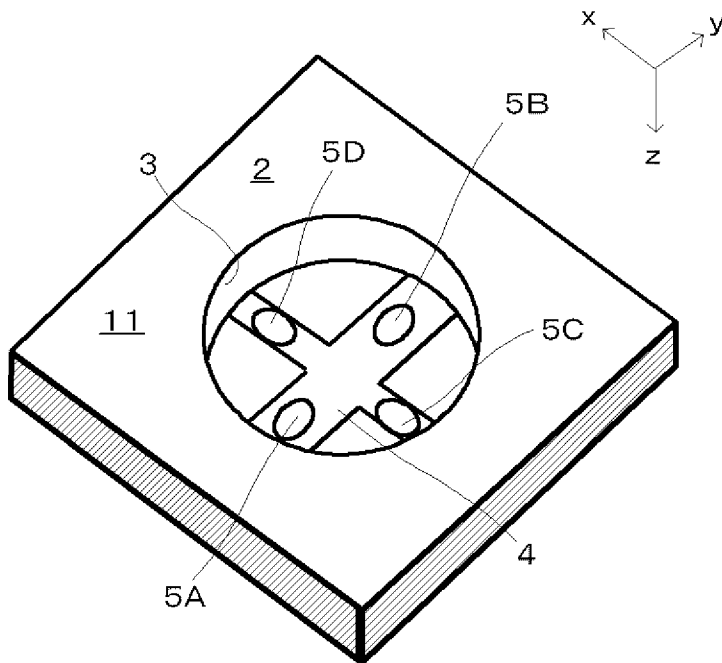
[図13B]



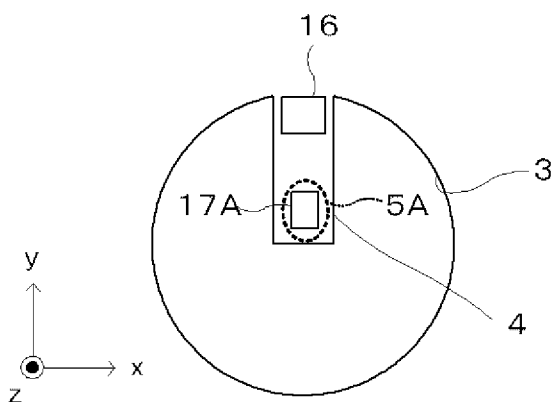
[図14A]



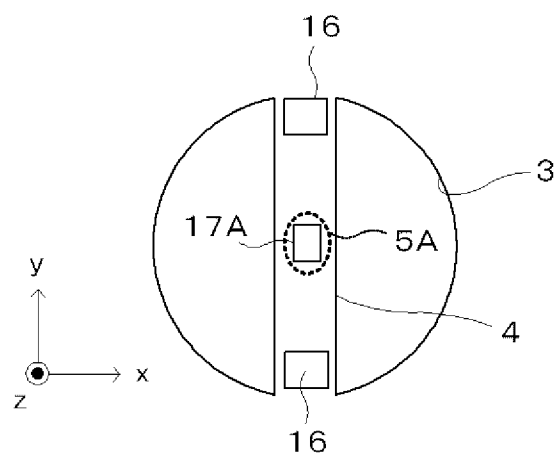
[図14B]



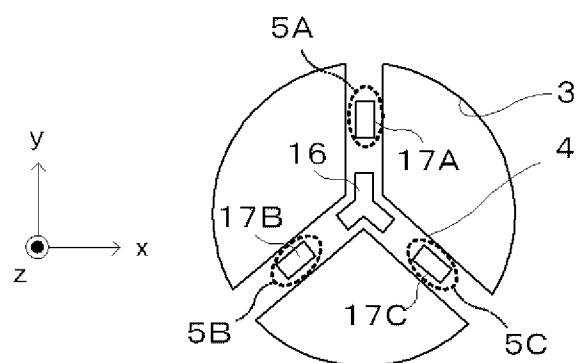
[図15]



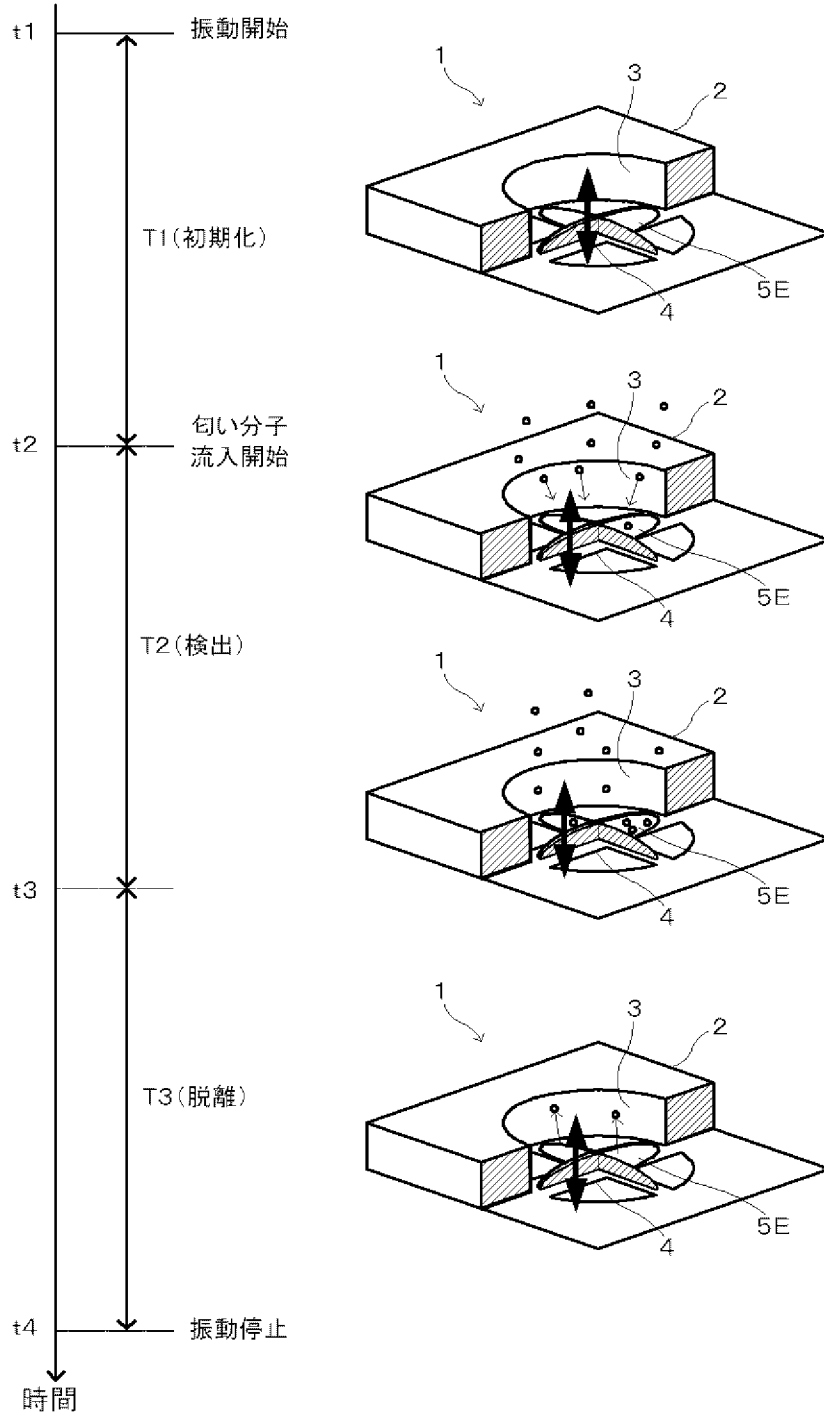
[図16]



[図17]



[図18]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/030447

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int.Cl. G01N5/02(2006.01) i, H01L41/047(2006.01) i, H01L41/053(2006.01) i,  
 H01L41/113(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. G01N5/02, H01L41/047, H01L41/053, H01L41/113

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2010-117184 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 27 May 2010, paragraphs [0030]-[0034], [0043], [0045], fig. 1, 2 (Family: none)	15-16 1-14
P, Y P, A	JP 2018-189584 A (SCIOCS CO., LTD.) 29 November 2018, paragraphs [0027]-[0030] (Family: none)	15-16 1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 09.10.2019	Date of mailing of the international search report 21.10.2019
---	--

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030447

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-501158 A (DELAWARE CAPITAL FORMATION INC.) 06 January 2011, paragraphs [0022], [0099], [0100], [0148], [0150], fig. 5C & WO 2009/052347 A2, paragraphs [0022], [0099], [0100], [0148], [0150], fig. 5C & US 2008/0100176 A1	1-16
A	US 2010/0000292 A1 (KARABACAK, D. M.) 07 January 2010, paragraphs [0013], [0032], [0034], [0036], [0057], fig. 1-4 & EP 2141490 A1	1-16
A	US 2014/0305191 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET) 16 October 2014, paragraphs [0058], [0083], [0098], [0132], [0133], fig. 1-3 & WO 2013/064157 A1 & EP 2773941 A1	1-16



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/030447

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17 (2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
[see extra sheet]

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2019/030447

(Continuation of Box No. III)

Document 1: JP 2010-117184 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 27 May 2010, paragraphs [0030]-[0033], fig. 1  
(Family: none)

The claims are classified into the two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-14

Claims 1-14 have the special technical feature of "a substance detecting element comprising a support substrate provided with a through hole, a plate-like beam extending from an edge of the through hole to another edge opposite thereto such that the beam closes part of the through hole, and provided with a piezoelectric element, a drive electrode that applies a voltage to the piezoelectric element to vibrate the beam, a detection electrode that detects information on the vibration frequency of the beam, and a substance absorption film that allows a substance to adhere thereto to change the vibration frequency of the beam, wherein the substance absorption film and the detection electrode are provided at the same position on the front and back of the beam"; thus these claims are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 15-16

Claims 15-16 have the common technical feature between these claims and claim 1 classified as invention 1 of "a substance detecting element comprising a support substrate, a plate-like beam having at least one end thereof supported by the support substrate, and provided with a piezoelectric element, a drive electrode that applies a voltage to the piezoelectric element to vibrate the beam, and a substance absorption film that is provided on the beam, and allows a substance to adhere thereto to change the vibration frequency of the beam. However, this technical feature, which does not make a contribution over the prior art in light of the disclosure of document 1 (in particular, refer to paragraphs [0030]-[0033] and fig. 1), cannot be considered a special technical feature. Apart from this feature, there are not the same or corresponding special technical features between claims 15-16 and claim 1.

Furthermore, claims 15-16 do not depend from claim 1. In addition, claims 15-16 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly claims 15-16 cannot be identified as invention 1.

Meanwhile, claims 15-16 have the special technical feature of "a substance detecting element comprising a support substrate, a plate-like beam having at least one end thereof supported by the support substrate, and provided with a piezoelectric element, a drive electrode that applies a voltage to the piezoelectric element to vibrate the beam, and a substance absorption film that is provided on the beam, and allows a substance to adhere thereto to change the vibration frequency of the beam, wherein the drive electrode vibrates the beam to desorb the substance adhering to the substance absorption film"; thus these claims are classified as invention 2.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N5/02(2006.01)i, H01L41/047(2006.01)i, H01L41/053(2006.01)i, H01L41/113(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. G01N5/02, H01L41/047, H01L41/053, H01L41/113

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2010-117184 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2010.05.27, 段落 [0030] - [0034] [0043] [0045] 及び図 1-2 (ファミリーなし)	15-16 1-14
P, Y P, A	JP 2018-189584 A (株式会社サイオクス) 2018.11.29, 段落 [0027] - [0030] (ファミリーなし)	15-16 1-14

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

09.10.2019

国際調査報告の発送日

21.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)  
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)

北条 弥作子

2 J

1168

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 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
A	JP 2011-501158 A (デラウェア・キャピタル・フォーメーション・ インコーポレーテッド) 2011.01.06, 段落 [0022] [0099] - [0100] [0148] [0150] 及び図5C & WO 2009/052347 A2, 段落 [0022] [0099] - [0100] [0148] [0150] 及び図5C & US 2008/0100176 A1	1-16
A	US 2010/0000292 A1 (KARABACAK, Devrez Mehmet) 2010.01.07, 段落 [0013] [0032] [0034] [0036] [0057] 及び図1-4 & EP 2141490 A1	1-16
A	US 2014/0305191 A1 (DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET) 2014.10.16, 段落 [0058] [0083] [0098] [0132] - [0133] 及び図1-3 & WO 2013/064157 A1 & EP 2773941 A1	1-16

## 第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1.  請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
  
2.  請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
  
3.  請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。  
特別ページ参照。

1.  出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2.  追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3.  出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4.  出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

< 第Ⅲ欄の続き >

文献 1 : JP 2010-117184 A (独立行政法人産業技術総合研究所)  
2010.05.27, 段落 [0030] - [0033] 及び図 1  
(ファミリーなし)

請求の範囲は、以下の 2 つの発明に区分される。

(発明 1) 請求項 1-14

請求項 1-14 は、「貫通孔が設けられた支持基板と、前記貫通孔の一部を塞ぐように前記貫通孔の縁から対向する縁へ向かって延び、圧電素子が設けられた板状の梁と、前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、前記梁の振動周波数に関する情報を検出する検出電極と、物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、を備え、前記物質吸着膜と前記検出電極とは、前記梁の表と裏の同じ位置に設けられている、物質検出素子」という特別な技術的特徴を有しているため、発明 1 に区分する。

(発明 2) 請求項 15-16

請求項 15-16 は発明 1 に区分された請求項 1 と「支持基板と、前記支持基板に少なくとも一端が支持され、圧電素子が設けられた板状の梁と、前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、前記梁に設けられ、物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、を備える、物質検出素子」という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術は、文献 1 の開示内容（特に、段落 [0030] - [0033] 及び図 1 参照。）に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、特別な技術的特徴とはいえない。また、請求項 15-16 と請求項 1 との間に、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項 15-16 は請求項 1 の従属請求項ではない。また、請求項 15-16 は、発明 1 に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項 15-16 は発明 1 に区分できない。

そして、請求項 15-16 は、「支持基板と、前記支持基板に少なくとも一端が支持され、圧電素子が設けられた板状の梁と、前記圧電素子に電圧を印加して前記梁を振動させる駆動電極と、前記梁に設けられ、物質が付着することで前記梁の振動周波数を変化させる物質吸着膜と、を備え、前記駆動電極は、前記梁を振動させて前記物質吸着膜に付着した物質を脱離させる、物質検出素子」という特別な技術的特徴を有しているため、発明 2 に区分する。