

(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  
2022年6月9日(09.06.2022)



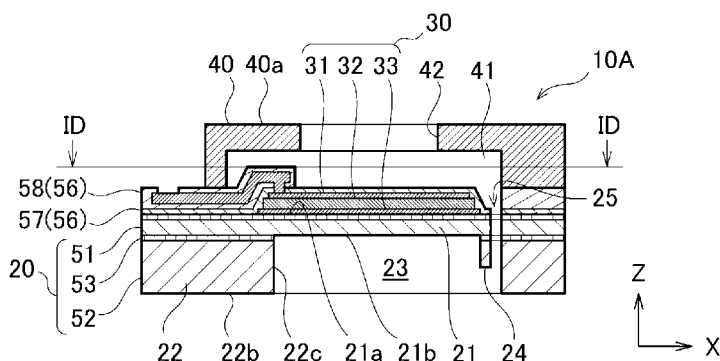
(10) 国際公開番号

WO 2022/118575 A1

- (51) 国際特許分類:  
*B81B 3/00* (2006.01)      *H01L 41/09* (2006.01)  
*H04R 17/00* (2006.01)      *H01L 41/113* (2006.01)  
*H04R 17/02* (2006.01)      *H01L 41/187* (2006.01)  
*H01L 41/053* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2021/039628
- (22) 国際出願日:                      2021年10月27日(27.10.2021)
- (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 2020-199459    2020年12月1日(01.12.2020) JP
- (71) 出願人: ローム株式会社 (ROHM CO., LTD.)  
[JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2番地  
溝崎町2番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 鈴木達也(SUZUKI Tatsuya); 〒6158585  
京都府京都市右京区西院溝崎町2番地  
ローム株式会社内 Kyoto (JP). 藤森敬和  
(FUJIMORI Yoshikazu); 〒6158585 京都府京都
- 市右京区西院溝崎町2番地 ローム株式会社  
内 Kyoto (JP). 下地規之(SHIMOJI Noriyuki);  
〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町2  
番地 ローム株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 三好 秀和, 外(MIYOSHI Hidekazu et  
al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目2番  
8号 虎ノ門琴平タワー 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, 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.

(54) Title: TRANSDUCER

(54) 発明の名称: トランスデューサ



(57) Abstract: A transducer (10A) is provided with: a substrate (20) that contains silicon; and a piezoelectric element (30) that is disposed on the substrate (20). The substrate (20) has: a film body (21) having a first surface (21a) and a second surface (21b) that face one another from opposite directions in a thickness direction; and a frame body (22) that surrounds the film body (21) when viewing the film body (21) from the thickness direction. The piezoelectric element (30) is disposed on the first surface (21a) of the film body (21). A portion of an outer edge (21c) of the film body (21) when viewed from the thickness direction forms a connected part (21d) that is connected to the frame body (22), and the remainder of the outer edge (21c) aside from the connected part (21d) is separated from the frame body (22). The substrate (20) has a projecting part (24) that projects in the thickness direction from a region, of the second surface (21b), that includes at least a portion of the remainder of the outer edge (21c).

WO 2022/118575 A1

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

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: トランスデューサ (10A) は、シリコンを含む基板 (20) と、基板 (20) 上に配置された圧電素子 (30) と、を備える。基板 (20) は、厚さ方向において互いに反対方向に面した第1の面 (21a) 及び第2の面 (21b) を有する膜体部 (21) と、厚さ方向から膜体部 (21) を見た時に膜体部 (21) を取り囲んでいる枠体部 (22) と、を有する。圧電素子 (30) は、膜体部 (21) の第1の面 (21a) 上に配置される。厚さ方向から見た時の膜体部 (21) の外縁 (21c) の一部は枠体部 (22) に接続された接続部 (21d) を成し、接続部 (21d) 以外の外縁 (21c) の残部は枠体部 (22) から離れている。基板 (20) は、第2の面 (21b) のうちの外縁 (21c) の残部の少なくとも一部分を含む領域から、厚さ方向に突出する突出部 (24) を有する。

## 明 細 書

発明の名称： トランスデューサ

### 技術分野

[0001] 本実施形態は、トランスデューサに関する。

### 背景技術

[0002] 半導体製造プロセスを用いて製造される種々のMEMS (Micro Electro Mechanical Systems)のうちの1つとして、トランスデューサが知られている。MEMSのトランスデューサは、圧電素子と当該圧電素子によって駆動される膜体とを備え、スピーカ又はマイクロフォンとして例えば携帯型電子機器ケース等に收容されている（特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開2018/061805号

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] トランスデューサを構成する膜体はカンチレバーとして形成されていることがある。即ち、膜体の一端（即ち基端）は固定端として支持部材に支持され、膜体の他端（即ち先端）は自由端として形成される。支持部材に支持された部分以外の膜体の外縁は当該支持部材から僅かに離間する。膜体の外縁と当該外縁に対向する支持部材等の部材の隙間からは、膜体の振動に起因して気体が流動する。この気体の流動による圧力の変化は、膜体が発生する音圧の変化と逆の位相を有し、この音圧を相殺するように作用する。従って、上述した気体の流動が過剰に大きい場合は、本来得られるべき音圧が得られず、音の再現性が低下する可能性がある。

[0005] また、カンチレバーとして形成された膜体は、その表面に設けられた圧電素子及びその保護膜の膜応力に起因した反りが発生しやすい。この反りが過剰に大きい場合は、膜体（圧電素子）の振動の振幅を制限してしまう。従っ

て、この場合も、本来得られるべき音圧が得られず、音の再現性が低下する可能性がある。

[0006] 本実施形態は、音の再現性を高めることが可能なトランスデューサの提供を目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 本実施形態の一態様はトランスデューサであって、シリコンを含む基板と、基板上に配置された圧電素子と、を備える。基板は、厚さ方向において互いに反対方向に面した第1の面及び第2の面を有する膜体部と、厚さ方向から基板を見た時に膜体部を取り囲んでいる枠体部と、を有する。圧電素子は、膜体部の第1の面上に配置され、厚さ方向から見た時の膜体部の外縁の一部は枠体部に接続された接続部を成し、接続部以外の外縁の残部は枠体部から離れている。基板は、第2の面のうちの外縁の残部の少なくとも一部分を含む領域から、厚さ方向に突出する突出部を有する。

[0008] 基板は、厚さ方向に互いに積層された半導体層と酸化層とを有してもよい。トランスデューサは、枠体部に取り付けられた、膜体部の第1の面と間隔を置いて膜体部の第1の面を覆う蓋体を更に備えてもよい。蓋体は、厚さ方向から見た時に、圧電素子の少なくとも一部と重畳する開口を有してもよい。

[0009] 突出部は、外縁の残部のうち、接続部に対向する外縁の対向部に配置されてもよい。基板は、第2の面から厚さ方向に突出し、突出部に接続されている補強部を有してもよい。突出部は、外縁の残部全体に配置されてもよい。突出部は、外縁に沿って分割された複数の突出セルを有してもよい。厚さ方向から見た突出部の平面形状は、接続部の中心と接続部に対向する外縁の対向部の中心とを結ぶ直線を対称軸とする線対称な形状であってもよい。突出部の厚さ方向の高さは $3\mu\text{m}$ 以上であってもよい。膜体部の第2の面と平行な方向における突出部の最大長さは $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ でもよい。圧電素子は、接続部を跨ぐように、枠体部上と膜体部上に設置されてもよい。厚さ方向から膜体部を見た時、酸化層の一部は、突出部と重なっていてもよい。

。酸化物層の一部は突出部に含まれてもよい。蓋体は、基板上に形成された保護膜を介して枠体部に取り付けられてもよい。保護膜は、圧電素子とその周囲の枠体部の表面を覆う第1の保護膜と、枠体部の表面において、膜体部と圧電素子を含む領域以外の領域を覆う第2の保護膜とを有してもよい。第1の保護膜はアルミナを成分として含んでもよい。第2の保護膜はテトラエトキシシランを成分として含んでもよい。

### 発明の効果

[0010] 本実施形態によれば、音の再現性を高めることが可能なトランスデューサを提供することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0011] [図1A]図1 Aは、第1実施形態に係るトランスデューサの上面図である。
- [図1B]図1 Bは、図1 A中の | B - | B 断面図である。
- [図1C]図1 Cは、図1 Bの構成を簡略化して示した分解図である。
- [図1D]図1 Dは、図1 B中の | D - | D 断面図である。
- [図2]図2は、図1 A中の | | - | | 断面図である。
- [図3A]図3 Aは、第1実施形態に係る基板の背面図である。
- [図3B]図3 Bは、第1実施形態に係る基板の背面図である。
- [図3C]図3 Cは、第1実施形態に係る基板の背面図である。
- [図4A]図4 Aは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。
- [図4B]図4 Bは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。
- [図4C]図4 Cは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。
- [図4D]図4 Dは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。
- [図4E]図4 Eは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図4F]図4 Fは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図4G]図4 Gは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図4H]図4 Hは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図4I]図4 Iは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図4J]図4 Jは、第1実施形態に係るトランスデューサの製造工程を示す図である。

[図5]図5は、酸化膜による膜体部の反りの傾向を説明するための図である。

[図6]図6は、圧電素子と保護膜による膜体部の反り量の変化を説明するための図であり、図6 (a)は、圧電素子の面積に応じた対向部の中立位置の変化を示す図、図6 (b)は、保護膜の膜厚に応じた対向部の中立位置の変化を示す図である。

[図7]図7は、第2実施形態による膜体部の反り量及び膜体の対向部の中立位置を示す図である。

[図8A]図8 Aは、第2実施形態の第1例に係る基板の上面図である。

[図8B]図8 Bは、図8 A中のV | | | B - V | | | B断面図である。

[図9A]図9 Aは、第2実施形態の第2例に係る基板の上面図である。

[図9B]図9 Bは、図9 A中のI X B - I X B断面図である。

[図9C]図9 Cは、図9 Bに示す膜体部と保護膜の断面の部分拡大図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 実施形態について図面を用いて説明する。なお、各実施形態における構造的或いは機能的に同一の部分については同一の符号を図面に付し、当該部分に関して重複する説明を省略する。

[0013] 各実施形態は、変位可能（撓み可能、歪み可能）に構成された膜体部を備えるMEMS (Micro Electro Mechanical Systems)であり、圧電素子を用い

て当該膜体部の変位（撓み、歪み、振動）を制御または検知するスピーカ及びマイクロフォン等のトランスデューサに適用できる。

[0014] （第1実施形態）

第1実施形態に係るトランスデューサ10Aの構成について説明する。

図1Aはトランスデューサ10Aの上面図、図1Bは図1A中のI B-I B断面図である。図1Cは図1Bの構成を簡略化して示した分解図、図1Dは図1B中のI D-I D断面図である。

[0015] 図1A～図1Dに示すように、トランスデューサ10Aは、シリコンを含む基板20と、基板20上に配置された圧電素子30と、蓋体40とを備える。また、基板20は、厚さ方向において互いに反対方向に面した前面（第1の面）21a及び背面（第2の面）21bを有する膜体部21と、膜体部21の周囲に設けられ、膜体部21の外縁21cの一部に接続する枠体部（支持部）22とを有する。枠体部22は、膜体部21の厚さ方向から膜体部21を見た時に膜体部21を取り囲んでいる。

[0016] 圧電素子30は膜体部21の第1の面上に配置され、Z方向における膜体部21の変位を制御又は検出する。即ち、トランスデューサ10Aがスピーカとして用いられる場合、圧電素子30は膜体部21をZ方向に振動させる。一方、トランスデューサ10Aがマイクロフォンとして用いられる場合、圧電素子30は、膜体部21の変位を検出する。

[0017] 基板20は、半導体層である活性層51、半導体層である支持層52、及び活性層51と支持層52の間に配置された層間絶縁層（BOX層、酸化物層）53を含むSOI (Silicon on Insulator)基板である。また、活性層51、層間絶縁層53及び支持層52はZ方向に順番に積層されている。即ち、半導体層と酸化物層はZ方向に互いに積層されている。膜体部21は例えば活性層51から形成され、枠体部22は例えば活性層51と層間絶縁層53と支持層52とから形成される。ただし、基板20はシリコンを含む基板であればよく、SOI基板に限られない。即ち、基板20は層間絶縁層を持たないシリコン基板でもよい。なお、活性層51の外面である基板20の前

面 20 a には酸化膜 54 が形成され、支持層 52 の外面である基板 20 の背面 20 b には酸化膜 55 が形成されている（図 4 A 参照）。

[0018] 以下、説明の便宜上、活性層 51、支持層 52 及び層間絶縁層 53 の積層方向を Z 方向、Z 方向に直交し且つ互いに直交する 2 方向を X 方向及び Y 方向とする。なお、Z 方向は、基板 20、圧電素子 30 及び膜体部 21 のそれぞれの厚さ方向でもあり、基板 20 と蓋体 40 が積層される方向でもある。

[0019] 膜体部 21 と枠体部 22 と後述の突出部 24 は、単一の部材である基板 20 から一体的に形成される。

[0020] 膜体部 21 は、X 方向及び Y 方向に展開する薄膜であり、Z 方向に変位可能（撓み可能、歪み可能）な厚さ（例えば 2～3 μm）を有する。また、膜体部 21 は、Z 方向において互いに反対方向に面した前面（第 1 の面）21 a 及び背面（第 2 の面）21 b を有する。前面 21 a は蓋体 40 に面し、背面 21 b は空間 23 に面する。なお、基板 20 が SOI 基板である場合、膜体部 21 の背面 21 b は層間絶縁層 53 で覆われたままでもよい（図 1 B 参照）。

[0021] Z 方向から見た時の膜体部 21 の外縁 21 c の一部は枠体部 22 に接続された接続部 21 d を成す。一方、接続部 21 d 以外の外縁 21 c の残部は、枠体部 22 から離れる。外縁 21 c の残部と枠体部との間にスリット 25 が介在する。また、外縁 21 c の残部は、接続部 21 d に対向する対向部 21 e を含む。つまり、膜体部 21 は、固定端としての接続部 21 d と自由端としての対向部 21 e を含み、Z 方向に変位（振動）するカンチレバーとして機能する。なお、膜体部 21 は、例えば、枠体部 22（基板 20）の背面 22 b に対するエッチングによって空間 23 と共に形成される。

[0022] 枠体部 22 は、Z 方向から基板 20 を見た時に膜体部 21 を取り囲む枠状の形状を有する。枠体部 22 は、スリット 25 を隔てて膜体部 21 の外縁 21 c に対向する内面 22 c を有する。内面 22 c は、スリット 25 を隔てて膜体部 21 の外縁 21 c に対向する。一方、基板 20 には、膜体部 21 の背面 21 b 及び枠体部 22 の内面 22 c によって囲まれた空間 23 が形成され

ている。すなわち、基板20は、膜体部21の背面21bを底面とし、枠体部22の内面22cを側面とする凹部を有している。

[0023] 図1B及び1Cに示すように、スリット25は、空間23を介して基板20をZ方向に貫通している。スリット25の幅は例えば10 $\mu$ mである。スリット25は、膜体部21の前面(第1の面)21aを含む基板20の一表面に対するエッチングにより形成される。従って、スリット25の幅は、精度良く設定することが可能である。

[0024] また、膜体部21の前面21aと枠体部22の前面22aも、スリット25の形成に伴って、基板20の一表面から形成される。膜体部21の撓みを考慮しなければ、Z方向における両者の高さは一致する。

[0025] 蓋体40は枠体部22に接着によって取り付けられ、後述する空間(間隔)41を間に置いて膜体部21の前面21aを覆う。蓋体40は例えばシリコン(Si)を含む半導体材料により構成される。蓋体40は、Z方向において互いに反対方向に面した前面40a及び背面40bを有する。蓋体40の背面40bには開口部43が形成されている。開口部43の内面(凹部)44は蓋体40内の空間41を形成する。また、空間41は、前面40aに形成された貫通孔42を介してトランスデューサ10Aの外部空間に連通する。貫通孔42は、Z方向から見た時に、圧電素子30の少なくとも一部と重畳する。貫通孔42の開口面積は膜体部21の面積よりも小さく、開口部43及び空間41の開口面積は膜体部21の面積よりも大きい。

[0026] 開口部43の内面44は、膜体部21の変形時に膜体部21と接触する。これにより、膜体部21の過剰な撓みを防止する。また、後述するスリット25からの気体の漏れも抑制する。ただし、トランスデューサの仕様に応じて蓋体40を省くことも可能である。

[0027] 図1Bに示すように、圧電素子30は、蓋体40の開口部43に面するように、膜体部21の前面21aに配置されている。なお、圧電素子30は、膜体部21の外縁21cを跨ぐように、枠体部22の前面22a及び膜体部21の前面21aに設置されてもよい。

- [0028] 圧電素子30は、一对の電極31、33と、一对の電極31、33の間に挟まれる圧電膜32とを備える。一对の電極31、33及び圧電膜32は、膜体部21の形状に対応する形状を有する。
- [0029] 膜体部21の前面21aには、電極31、圧電膜32及び電極33が、Z方向に沿って順番に積層されている。圧電素子30は、蓋体40を枠体部22に取り付ける前に、膜体部21上に形成される。
- [0030] 例えば、トランスデューサ10Aがスピーカとして用いられる場合、一对の電極31、33間に駆動電圧が印加されると、圧電膜32の伸縮により膜体部21が変位する。具体的には、膜体部21の先端側がZ方向に沿って反るように変位する。
- [0031] 一对の電極31、33に対して駆動電圧を繰り返し印加することで、膜体部21は、空間23側への変位と空間41側への変位を交互に繰り返す。即ち、膜体部21はZ方向に振動する。このような膜体部21の振動により、膜体部21の周囲の空気が振動させられ、音波が発生する。この音波は蓋体40の貫通孔42を介してトランスデューサ10Aの外部空間に伝播する。
- [0032] 電極31、33は、例えば、プラチナ、モリブデン、イリジウム、又はチタンなどの導電性を有する金属薄膜によって形成される。電極31は圧電膜32の上面に位置し、電極33は圧電膜32の下面に位置する。
- [0033] 圧電膜32は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)によって構成される。ただし、圧電膜32は、窒化アルミニウム(AlN)、酸化亜鉛(ZnO)又はチタン酸鉛(PbTiO<sub>3</sub>)などによって構成されてもよい。
- [0034] なお、圧電素子30とその周囲の枠体部22の前面22aは、保護膜56として例えばアルミナを成分として含む保護膜(第1の保護膜)57によって覆われている。更に、枠体部22の前面22aにおいて、膜体部21と圧電素子30を含む領域以外の領域は、保護膜56として例えばテトラエトキシシラン(TEOS)を成分として含む保護膜(第2の保護膜)58によって覆われている。保護膜58は、例えば、電極31、33の各配線間の絶縁を図るために形成されている。

[0035] 本実施形態に係る突出部24について説明する。

図2は、図1A中の11-11断面図であり、膜体部21の対向部21eの周囲を拡大した図である。図3A~図3Cは、基板20の背面図である。

[0036] 図2に示すように、基板20は突出部24を有する。突出部24は、膜体部21の背面21bのうちの、外縁21cの残部の少なくとも一部分を含む領域から、膜体部21の厚さ方向に突出している。突出部24は膜体部21と一体的に形成され、膜体部21の外縁21cから枠体部22内の空間23に向けて突出している。突出部24と枠体部22の内面22cとの隙間はスリット25に連続している。

[0037] 突出部24は、例えば図3Aに示すように、接続部21d以外の膜体部21の外縁21cの残部のうち、接続部21dに対向する対向部21eに配置される。また、突出部24は、外縁21cに沿って延伸してもよい。さらに、Z方向から膜体部21を見た時、層間絶縁層53の一部は、突出部24と重なっている。膜体部21の厚さが、活性層51の本来の厚さよりも小さいとき、この層間絶縁層53の一部が、突出部24に含まれることになる。

[0038] 突出部24のZ方向の高さは、膜体部21の最大振幅やスリット25の幅w1の値などを考慮して設定される。その高さは例えば3 $\mu\text{m}$ ~数100 $\mu\text{m}$ である。また、突出部24の厚さは突出部24の機械的強度や膜体部21の重量を考慮して設定される。その厚さは例えば10 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ である。なお、ここで言う厚さとは、膜体部21の背面21bと平行な方向における突出部24の最大長さである。

[0039] 音波を発生するために膜体部21が振動するとき、気体がスリット25を介して空間23と空間41の間を流動する。この気体の流動（漏れ）による圧力の変化は、膜体部21が発生する音圧の変化と逆の位相を有し、この音圧を相殺するように作用する。従って、上述した気体の流動が過剰に大きい場合は、本来得られるべき音圧が得られず、音の再現性が低下する可能性がある。例えば、低音域における膜体の振動の振幅は高音域のそれよりも大きくなりやすく、この場合、気体の流動による音圧の相殺が生じやすい。

- [0040] しかしながら、本実施形態によれば、突出部 24 によって、スリット 25 が規定した幅  $w_1$  の隙間が Z 方向に延長される。従って、突出部 24 が設けられていない場合と比べて、振動時のスリット 25 の幅の変化が抑えられ、空間 23 と空間 41 の間を気体の流動が抑えられる。その結果、上述の音圧の相殺が抑制される。例えば、音圧が相殺されやすい低音域において、音圧を増加させることが可能である。つまり、本来得られるべき音の再現性を高めることができる。
- [0041] 図 3 A に示すように、突出部 24 が対向部 21 e に設けられる場合、基板 20 は補強部 26 を少なくとも 1 つ有してもよい。補強部 26 は、膜体部 21 の背面 21 b から Z 方向に（換言すれば空間 23 に向けて）突出し、突出部 24 に接続する。また、補強部 26 は、突出部 24 から膜体部 21 の接続部 21 d に向けて延伸する。例えば、補強部 26 は、膜体部 21 の接続部 21 d から膜体部 21 の対向部 21 e に延伸する膜体部 21 の直線 12 上に設けられる。直線 12 は、接続部 21 d の中心と接続部 21 d に対向する外縁 21 c の対向部 21 e の中心とを結ぶ。補強部 26 が複数設けられる場合、それらは直線 12 と平行に設けられる。
- [0042] 補強部 26 の長さは、対向部 21 e から接続部 21 d までの長さに等しくてもよく、それ未満でもよい。補強部 26 は、突出部 24 の過剰な変形による破損を防止するリブとして機能する。また、補強部 26 は、不要な高調波を発生させる膜体部 21 の撓みを防止する。従って、膜体部 21 の振幅を増加させることができる。
- [0043] 図 3 B に示すように、突出部 24 は、接続部 21 d 以外の膜体部 21 の外縁 21 c の残部全体に設けられてもよい。この場合、上述の気体の漏れが更に抑制される。また、図 3 C に示すように、突出部 24 は、膜体部 21 の外縁 21 c に沿って分割された複数の突出セル 24 a を有してもよい。この場合、上述した外縁 21 c の残部全体に設けられる例と比べ、膜体部 21 の軽量化が図られると共に、膜体部 21 の弾性が向上する。
- [0044] 図 3 A ~ 図 3 C に示すように、Z 方向から見た突出部 24 の平面形状は、

接続部 21 d の中心と接続部 21 d に対向する外縁 21 c の対向部 21 e の中心とを結ぶ直線 12 を対称軸とする線対称な形状でもよい。この場合、非対称な膜体部 21 の撓みと、これに伴う不要な高調波の発生を抑制できる。

[0045] 次に、トランスデューサ 10 A の製造方法について説明する。図 4 A ~ 図 4 J はトランスデューサ 10 A の製造工程を示す図である。

[0046] 図 4 A は圧電素子 30 が形成される前の基板 20 を示している。基板 20 は、背面 20 b が製造装置の支持台（図示せず）に接した状態で、支持台（図示せず）配置されている。次に、図 4 B に示すように、基板 20 の前面 20 a に規定した圧電素子 30 の設定領域 38 に、電極 33 となる導電層、圧電膜 32 となる圧電材料、電極 31 となる導電層を、適宜エッチング等を行いながら順番に積層し、圧電素子 30 を形成する。

[0047] 次に、図 4 C に示すように、圧電素子 30 とその周囲の前面 20 a に保護膜 57 を形成する。保護膜 57 は例えばアルミナ ( $Al_2O_3$ ) を含む膜であり、その厚さは例えば 80 nm である。

[0048] 次に、保護膜 57 上に保護膜 58 と配線 34 を形成する。保護膜 58 は例えばテトラエトキシシラン (TEOS) を含む膜 (TEOS 膜) である。保護膜 58 は配線 34 の形成前と形成後に形成され、その厚さは例えば 1.5  $\mu m$  である。TEOS 膜の製造方法は、熱 CVD 法やプラズマ CVD 法の化学気相堆積法を用いることができる。なお、配線 34 と電極 33 は、両者間のコンタクト形成によって電氣的に接続する。

[0049] 次に、図 4 D に示すように、保護膜 58 のうち、圧電素子 30 とスリット 25 の形成位置を含む領域をエッチングにより除去する。これにより、膜体部 21 を含む振動部分が薄くなり、軽量化が図られる。一般的なフォトリソグラフィ法を用いてパターニングされたレジストをマスクとして、保護膜 58 をエッチングすればよい。レジストを酸素プラズマや硫酸等で除去する。保護膜 58 のエッチング方法としては、フッ酸を用いたウェットエッチングや、反応性イオンエッチングなどのドライエッチングを用いることができる。

- [0050] 次に、図4Eに示すように、スリット25が形成される位置の活性層51をエッチングし、スリット25を形成する。このエッチングは、スリット25が所定の深さ（例えば層間絶縁層53に達する深さ）に達するまで行われる。活性層51にマスク材としてのシリコン酸化膜を堆積する。堆積方法としては熱CVD法やプラズマCVD法を用いることができる。次に、マスク材上にレジストをパターニングする。パターニングの方法としては、一般的なフォトリソグラフィ法を用いることができる。パターニングされたレジストをマスクにして、マスク材をエッチングする。マスク材は、スリット25が形成される部分に開口を有する。エッチング方法としては、反応性イオンエッチングなどのドライエッチングを用いることができる。
- [0051] 次に、図4Fに示すように、蓋体40を基板20に接着等に取り付ける。この取付の際、保護膜56が蓋体40と基板20の間に位置する。また、蓋体40の前面20aに一時的に接着した支持基板（図示せず）の操作により、蓋体40は基板20に対して、開口部43が圧電素子30とスリット25を含む領域に面するように位置決めされている。
- [0052] 次に、基板20の背面20bから支持台（図示せず）を離す。その後、図4Gに示すように、背面20bに形成されていた酸化膜55をエッチングにより除去する。
- [0053] 次に、図4Hに示すように、背面20bにレジスト61を塗布する。その後、一般的なフォトリソグラフィ法を用いて、膜体部21とスリット25に対応する領域70からレジスト61を除去する。
- [0054] 次に、図4Iに示すように、パターニングされたレジスト61を用いて、突出部24の高さに略等しい厚さが得られるまで、基板20の支持層52をエッチング（除去）する。更に、このエッチングによって形成された基板20の表面20cにレジスト61を再び塗布し、突出部24に対応する位置のみレジスト61を残るようにパターニングする。そして、パターニングされたレジスト61を用いて表面20cに対してエッチングを行い、支持層52と層間絶縁層53を除去し、突出部24を形成する（図4J参照）。なお、

このエッチングでは、膜体部 2 1 の厚さに応じて活性層 5 1 の一部を除去してもよい。或いは、層間絶縁層 5 3 が残されてもよい。

[0055] 次に、図 4 J に示すように、残留したレジスト 6 1 を全て除去する。その後、蓋体 4 0 を支持する支持基板（図示せず）が、前面 4 0 a から適宜取り外される。

[0056] （第 2 実施形態）

第 2 実施形態について説明する。

第 2 実施形態に係るトランスデューサ 1 0 B の構成は、第 1 実施形態に係るトランスデューサ 1 0 A の構成と同様である。従って、以下の説明では、第 1 実施形態と相違する点について述べ、両実施形態に共通の構成については同一の符号を付して、その説明を割愛する。なお、第 2 実施形態に係るトランスデューサ 1 0 B は突出部 2 4（図 1 B 参照）を有していてもよく、有さなくともよい。第 2 実施形態に係る図では、説明の便宜上、突出部 2 4、配線 3 4 を省略している。

[0057] 後述の通り、本実施形態では膜体部 2 1 の反りが調整される。まず、この反りについて、膜体部 2 1 と同様の厚さを有するカンチレバー 8 0 を例に挙げて説明する。図 5 は、カンチレバー 8 0 の反りの傾向を説明するための図である。説明の便宜上、図中の Z 方向を鉛直方向、X 方向を水平方向、図の上側を上、図の下側を下と定義する。また重力とカンチレバー 8 0 の内部応力は考慮しないものとする。

[0058] カンチレバー 8 0 は膜体部 2 1 と同様の厚さを有し、Z 方向において互いに反対方向に面する上面 8 0 a と下面 8 0 b とを有する。カンチレバー 8 0 は X 方向に延伸し、一端だけが支持部 8 2 に接続し、当該一端以外の部分は支持部 8 2 等のあらゆる部材から離れている。つまり、カンチレバー 8 0 は支持部 8 2 に接続する固定端 8 0 c と、Z 方向に自由に変位する自由端 8 0 d とを有する。

[0059] 支持部 8 2 は枠体部 2 2 と同様に、カンチレバー 8 0 を取り囲んでいる。また、カンチレバー 8 0 と、支持部 8 2 は、単一の部材であるシリコンを含

む基板から一体的に形成される。カンチレバー 80 に掛かる外力が無ければ、カンチレバー 80 の上面 80 a と、支持部 82 の上面 80 a は同一の参照面 86 内に位置する。

[0060] ここで、カンチレバー 80 の上面 80 a に、保護膜としての酸化膜 84 が形成されたとする。酸化膜 84 は、カンチレバー 80 の製造時に形成される。酸化膜 84 を形成する時、カンチレバー 80 は加熱されているため、カンチレバー 80 の温度が常温まで低下すると、酸化膜 84 に膜応力（内部応力）が発生し、その力は面方向において収縮する向きに作用し、カンチレバー 80 には上面 80 a を内側にした反りが発生する。

[0061] その結果、図 5 に示すように、カンチレバー 80 の自由端 80 d は、膜応力が無いときの位置（即ち、参照面 86 の位置）よりも上方に変位する。蓋体 40（図 1 B 参照）のように、カンチレバー 80 に面した内面 88 a を有する物体 88 が支持部 82 に設置された場合、Z 方向における内面 88 a と自由端 80 d と間の間隔が、カンチレバー 80（自由端 80 d）の最大振幅と、反りによって生じる自由端 80 d の Z 方向の移動距離との合計よりも小さいときには、自由端 80 d が内面に接触する可能性が高まり、カンチレバー 80（自由端 80 d）の最大振幅はカンチレバー 80 の反りによって制限されてしまう。

[0062] カンチレバー 80 の反り量（反りの程度）は、その表面に形成される膜の膜応力の大きさに依存して変化する。例えば、酸化膜 84 が熱酸化法によって形成される場合と、CVD 法によって形成される場合とでは、カンチレバー 80 の反り量に有意な差が見られた。これは、形成される膜の膜応力を制御することによって、カンチレバー 80 の反り量を調整することが可能であることを示唆する。

[0063] これを本実施形態に係るトランスデューサに適用する場合、膜体部 21 の前面（第 1 の面）21 a 上に形成される物質の膜応力を制御することによって、膜体部 21 の反り量を調整できることが判る。この物質とは、本実施形態では、圧電素子 30 と保護膜 56 である。

[0064] 図4Cに示すように、保護膜56は、圧電素子30とその周囲の基板20の前面20a上に形成され、アルミナ( $Al_2O_3$ )を含む保護膜57、或いは、保護膜57とテトラエトキシシラン(TEOS)を含む保護膜58とを含む。第1実施形態では、圧電素子30上の保護膜58は除去される。しかしながら、後述の通り、第2実施形態では残存する場合もある。また、保護膜56の材質は上述のものに限られず、保護膜56は3層以上の膜を含んでもよい。

[0065] 圧電素子30と保護膜56による膜体部21の反り量の変化について説明する。図6(a)及び図6(b)は、膜体部21の反りの変化に伴う膜体部21の対向部21eの中立位置の変化を示す図である。なお、対向部21eの中立位置とは、膜体部21が圧電素子30による外力を受けていない状態(中立状態)での、Z方向における対向部21eの位置(高さ)である。

[0066] まず、図6(a)を参照して説明する。図6(a)は、圧電素子30の面積に応じた対向部21eの中立位置の変化を示す図である。縦軸はZ方向に沿った対向部21eの中立位置を示し、横軸は圧電素子30の面積を示す。圧電素子30の面積は、接続部21dに近い圧電素子30の縁部30a(図8A参照)の位置を固定した状態で、対向部21eに近い圧電素子30の縁部30b(図8A参照)の位置をX方向に沿って変えることによって変化させる。ただし、何れの面積においても、接続部21dに沿った圧電素子30の幅は一定であり、圧電素子30の厚さも一定である。

[0067] 図6(a)に示すように、保護膜56の膜厚が一定の場合、膜体部21の対向部21eの中立位置は、圧電素子30の面積の増加に従って上昇する。

[0068] ここで、説明の便宜上、偏在度を定義する。偏在度は圧電素子30がどの程度、接続部21dの近くに配置されているかを示す指標であって、例えば、X方向に沿った間隔g1に対する間隔g2の比によって定義される(図8A参照)。間隔g1は、前面21aを含む基板20上に設定された圧電素子30の設定領域38の中心38cから、圧電素子30の縁部30aまでの間隔。間隔g2は、設定領域38の中心38cから、圧電素子30の中心30

cまでの間隔である。例えば、偏在度がゼロのとき、圧電素子30は設定領域38の全域に形成される。また、偏在度がゼロ以外の値を持つとき、圧電素子30の中心30cは設定領域38の中心38cから接続部21dに近い位置に位置する。対向部21eの中立位置は、この偏在度の減少に従って上昇する。

[0069] 次に、図6(b)を参照して説明する。図6(b)は、圧電素子30を覆う保護膜56(図8B、図9B等参照)の膜厚に応じた対向部21eの中立位置の変化を示す図である。なお、上述の膜厚は、膜体部21上の保護膜56の膜厚を空間的に平均化した値である。この図に示すように、膜体部21上に形成される圧電素子30の面積が一定の場合、対向部21eの中立位置は、保護膜56の膜厚の増加に従って下降する。

[0070] 以上の通り、圧電素子30の面積(圧電素子30の偏在度)が増加すると対向部21eの中立位置が上昇し、保護膜56の膜厚が増加すると対向部21eの中立位置が下降する。つまり、圧電素子30は、膜体部21を、背面21bを内側にして反らせる膜応力を有する一方、保護膜56は、膜体部21を、前面21aを内側にして反らせる膜応力を有する。換言すれば、これらの膜応力は、膜体部21に対し、互いに反対方向に反らせるように作用する。従って、圧電素子30の面積(偏在度)及び保護膜56の膜厚の組み合わせを変えることによって、中立状態における膜体部21の反りの量と反りの方向とを制御できる。

[0071] 例えば、まず、圧電素子30の偏在度を設定し、この偏在度を考慮して保護膜56の膜厚を設定する。或いは、保護膜56の膜厚を設定し、この膜厚を考慮して圧電素子30の偏在度を設定してもよい。何れの場合も、保護膜56の膜厚は、保護膜56の膜応力と圧電素子30の膜応力の合力によって、保護膜56が接続部21dから対向部21eに向けて直線的に又は背面21b側に(背面21bを内側にして)反りながら延伸する値に設定されることになる。

[0072] その結果、図7(a)及び図7(b)に示すように、膜体部21が枠体部

22の前面22aと一致、或いは、膜体部21が背面22bを内側にして反る（枠体部22内の空間23内に反る）。対向部21eの中立位置が枠体部22内の空間23に位置するので、膜体部21が前面21aを内側にして反っていた場合と比べて、対向部21eの中立位置と蓋体40の内面44の間隔が広がる。従って、膜体部21の可動範囲を改善させることができる。例えば、トランスデューサ10Bがスピーカとして用いられる場合、圧電素子30への印加電圧に応じた膜体部21の最大振幅を拡大させることができ、ダイナミックレンジの改善や音の再現性を高めることができる。また、トランスデューサ10Bがマイクロフォンとして用いられる場合、膜体部21の最大振幅を拡大させることができ、検出する音圧のダイナミックレンジを改善させることができる。

[0073] また、中立状態の膜体部21が枠体部22内の空間23に位置するので、圧電素子30のうち、枠体部22の前面22aに対して蓋体40に向けて突出（露出）する部分が減る。従って、枠体部22への蓋体40の接着時における、圧電素子30等への蓋体40の接触を回避又は接触確率を低減できる。さらに、蓋体40内の空間41の深さに余裕が生じるので、Z方向における蓋体40の高さを低減できる。即ち、トランスデューサ10Bを小型化できる。

[0074] 図8Aは、本実施形態の第1例に係る基板20の上面図である。図8Bは、図8A中のV111B-V111B断面図である。図8Aに示すように、圧電素子30は、膜体部21の前面21aのうち、接続部21dに近い領域39に偏在する。また、図8Bに示すように、保護膜56は、偏在した圧電素子30とその周囲の膜体部21の前面21a（換言すれば、前面21aのうち圧電素子30が配置されていない部分）を覆う。圧電素子30は、図4Bに示す工程において、基板20の前面20a上に所望の偏在度となる位置に形成される。

[0075] 圧電素子30の形成面積を最大に設定した場合（偏在度がゼロの場合）と比べて、偏在度の上昇によって対向部21eの上昇が抑えられ、膜体部21

が直線的に延伸する又は背面 21b を内側にして反る状態を得るために必要な保護膜 56 の膜厚が減少する。よって、膜体部 21、圧電素子 30 及び保護膜 56 全体の軽量化が可能となる。なお、図 8B に示す例では、保護膜 56 として保護膜 57 だけが設定領域 38 に形成されている。しかしながら、設定される膜応力に応じて、保護膜 57 上に所望の膜厚の保護膜 58 を形成して（残留させて）もよい。

[0076] 図 9A は、本実施形態の第 2 例に係る基板 20 の上面図である。図 9B は、図 9A 中の I X B - I X B 断面図である。図 9C は、図 9B に示す膜体部 21 と保護膜 56 の断面の部分拡大図である。図 9A に示すように、圧電素子 30 は設定領域 38 の全面に形成される。一方、圧電素子 30 上の保護膜 56 は、保護膜 56 は複数の凹部 59 を含んでいる。

[0077] 複数の凹部 59 は、膜体部 21 の外縁 21c の接続部 21d から外縁 21c の対向部 21e に向かう方向（例えば X 方向）に間隔を置いて、外縁 21c の接続部 21d から外縁 21c の対向部 21e に向かう方向と交差する方向（例えば Y 方向）に延伸する。即ち、図 9A に示すように、複数の凹部 59 は圧電素子 30 上で縞状に形成される。凹部 59 は保護膜 56 に対してパターンニングされたレジスト形成とエッチングによって形成される。例えば、図 4D に示す保護膜 58 の除去の際、保護膜 58 上にパターンニングされたレジストを形成し、凹部 59 となる箇所の保護膜 58 をエッチングする。

[0078] 本例によれば、凹部 59 の形成によって保護膜 56 の膜厚の平均値が減少する。即ち、凹部 59 を形成するだけで、保護膜 56 の膜応力を変化させることができる。膜厚の平均値の減少幅は、凹部 59 の深さ  $d_z$ 、幅  $w_2$ 、またはピッチ  $p$ （図 9C）の設定によって適宜調整できる。例えば、保護膜 56 が、保護膜 57 と保護膜 58 のように、エッチング速度の異なった材質からなる複数の保護膜を含む場合、最表面の保護膜（本例では保護膜 58）に対して、その下の保護膜（本例では保護膜 57）が露出するように凹部 59 を形成する。この場合、凹部 59 の深さ  $d_z$  は最表面の保護膜の膜厚に等しくなるため、最表面の保護膜に対するエッチングの制御が容易になる。

- [0079] なお、本例においても、圧電素子30は第1例のように偏在してもよい。圧電素子30の偏在と凹部59の形成によって、圧電素子30と保護膜56の各膜応力の合力の可変幅を拡大させ、膜厚等の膜体部の寸法に合わせた合力の設定が容易になる。
- [0080] Z方向から見た圧電素子30と保護膜56は、直線12を対称軸として線対称に位置していてもよい。この場合、圧電素子30と保護膜56の各膜応力の合力を、膜体部21に対して、直線12を対称軸として線対称に付与させやすくなり、線対称な膜体部21の反りが得られやすくなる。
- [0081] 同様に、複数の凹部59は直線12を対称軸として線対称に位置していてもよい。この場合も、圧電素子30と保護膜56の各膜応力の合力を、膜体部21に対して、直線12を対称軸として線対称に付与させやすくなり、線対称な膜体部21の反りが得られやすくなる。
- [0082] なお、複数の凹部59は一定の幅で一方向に延伸する形状だけに限られない。即ち、膜体部21の所望の反りが得られる限り、各凹部59は、Z方向から見て、円形、楕円形、矩形、その他の多角形等の形状を有してもよい。
- [0083] 以上の通り、第2実施形態に係るトランスデューサ10Bは、シリコンを含む基板20と、基板20上に配置された圧電素子30と、を備える。基板20は、厚さ方向（Z方向）において互いに反対方向に面した第1の面（前面）21a及び第2の面（背面）21bを有する膜体部21と、厚さ方向から膜体部21を見た時に膜体部21を取り囲んでいる枠体部22と、を有する。圧電素子30は、膜体部21の第1の面21a上の少なくとも一部に配置される。圧電素子30とその周囲の第1の面21aは保護膜56によって覆われる。厚さ方向から見た時の膜体部21の外縁21cの一部は支持部82に接続された接続部21dを成し、接続部21d以外の外縁21cの残部は枠体部22から離れ且つ接続部21dに対向する対向部21eを含む。保護膜56の膜厚は、保護膜56が、保護膜56の膜応力と圧電素子30の膜応力の合力によって、接続部21dから対向部21eに向けて直線的に又は第2の面21bを内側にして反りながら延伸する値に設定されている。

- [0084] 基板20は、Z方向に互いに積層された半導体層と酸化物層とを有してもよい。上述の通り、本実施形態において、半導体層は活性層51及び支持層52を構成し、酸化物層は層間絶縁層53を構成する。
- [0085] 圧電素子30は、第1の面21a上において接続部21dに近い領域に偏在していてもよい。
- [0086] 保護膜56は複数の凹部59を含んでもよい。
- [0087] 複数の凹部59は、外縁21cの接続部21dから外縁21cの対向部21eに向かう方向に間隔を置いて、外縁21cの接続部21dから外縁21cの対向部21eに向かう方向と交差する方向に延伸してもよい。
- [0088] 厚さ方向から見た圧電素子30と保護膜56は、接続部21dの中心と接続部21dに対向する外縁21cの対向部21eの中心とを結ぶ直線12を対称軸として線対称に位置してもよい。
- [0089] トランスデューサ10Bは、枠体部22に接着された、空間41を間に置いて膜体部21の第1の面21aを覆う蓋体40を更に備えてもよい。蓋体40は、厚さ方向から見た時に、圧電素子30の少なくとも一部と重畳する開口を有してもよい。
- [0090] 保護膜56は、圧電素子30とその周囲の枠体部22の表面を覆う保護膜(第1の保護膜)57と、保護膜57を覆う保護膜(第2の保護膜)58とを含んでもよい。
- [0091] 保護膜58は、保護膜57で覆われた領域のうち、膜体部21と圧電素子30を含む領域(例えば、設定領域38或いは開口部34に面する領域)以外の領域を覆ってもよい。
- [0092] 保護膜57はアルミナを成分として含んでもよい。保護膜58はテトラエトキシシランを成分として含んでもよい。
- [0093] 保護膜56が保護膜57と保護膜58とを複数の凹部59とを含む場合、各凹部59は、保護膜58の膜厚に等しい深さを有してもよい。
- [0094] 圧電素子30は、膜体部21の接続部21dを跨ぐように、枠体部22上と膜体部21上に設置されていてもよい。

[0095] また、Z方向から見た時の膜体部21の外縁21cの一部は枠体部22に接続された接続部21dを成し、接続部21d以外の外縁21cの残部は枠体部22から離れている。この場合、基板20は、上述した外縁21cの残部の少なくとも一部分を含む領域から、Z方向に突出する突出部24を有してもよい。

### 符号の説明

- [0096] 10A、10B トランスデューサ
- 12 直線（中心線）
  - 20 基板
  - 21 膜体部
    - 21a 前面（第1の面）
    - 21b 背面（第2の面）
    - 21c 外縁
    - 21d 接続部
    - 21e 対向部
  - 22 枠体部（支持部）
  - 23 空間
  - 24 突出部
    - 24a 突出セル
  - 25 スリット
  - 26 補強部
  - 30 圧電素子
  - 40 蓋体
  - 42 貫通孔
  - 51 活性層（半導体層）
  - 52 支持層（半導体層）
  - 53 層間絶縁層（BOX層、酸化物層）

## 請求の範囲

- [請求項1] シリコンを含む基板と、  
前記基板上に配置された圧電素子と、を備え、  
前記基板は、  
厚さ方向において互いに反対方向に面した第1の面及び第2の面を有する膜体部と、  
前記厚さ方向から前記膜体部を見た時に前記膜体部を取り囲んでいる枠体部と、を有し、  
前記圧電素子は、前記膜体部の前記第1の面上に配置され、  
前記厚さ方向から見た時の前記膜体部の外縁の一部は前記枠体部に接続された接続部を成し、前記接続部以外の前記外縁の残部は前記枠体部から離れており、  
前記基板は、前記第2の面のうちの前記外縁の前記残部の少なくとも一部分を含む領域から、前記厚さ方向に突出する突出部を有するトランスデューサ。
- [請求項2] 前記基板は、前記厚さ方向に互いに積層された半導体層と酸化物層とを有する  
請求項1に記載のトランスデューサ。
- [請求項3] 前記枠体部に取り付けられた、前記膜体部の前記第1の面と間隔を置いて前記膜体部の前記第1の面を覆う蓋体を更に備える  
請求項1又は2に記載のトランスデューサ。
- [請求項4] 前記蓋体は、前記厚さ方向から見た時に、前記圧電素子の少なくとも一部と重畳する開口を有する  
請求項3に記載のトランスデューサ。
- [請求項5] 前記突出部は、前記外縁の前記残部のうち、前記接続部に対向する前記外縁の対向部に配置されている請求項1～4のいずれか一項に記載のトランスデューサ。
- [請求項6] 前記基板は、前記第2の面から前記厚さ方向に突出し、前記突出部

に接続されている補強部を有する請求項5に記載のトランスデューサ。  
。

[請求項7] 前記突出部は、前記外縁の前記残部全体に配置されている請求項1～4のいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項8] 前記突出部は、前記外縁に沿って分割された複数の突出セルを有する請求項1～7のいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項9] 前記厚さ方向から見た前記突出部の平面形状は、前記接続部の中心と前記接続部に対向する前記外縁の対向部の中心とを結ぶ直線を対称軸とする線対称な形状である請求項1～8のいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項10] 前記突出部の前記厚さ方向の高さは、 $3\mu\text{m}$ 以上である  
請求項1～8のうちのいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項11] 前記膜体部の前記第2の面と平行な方向における前記突出部の最大長さは $10\mu\text{m}$ ～ $100\mu\text{m}$ である  
請求項1～8のうちのいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項12] 前記圧電素子は、前記接続部を跨ぐように、前記枠体部上と前記膜体部上に設置されている  
請求項1～11のうちのいずれか一項に記載のトランスデューサ。

[請求項13] 前記厚さ方向から前記膜体部を見た時、前記酸化物層の一部は、前記突出部と重なっている  
請求項2に記載のトランスデューサ。

[請求項14] 前記酸化物層の一部は前記突出部に含まれている  
請求項13に記載のトランスデューサ。

[請求項15] 前記蓋体は、前記基板上に形成された保護膜を介して前記枠体部に取り付けられている  
請求項3又は4に記載のトランスデューサ。

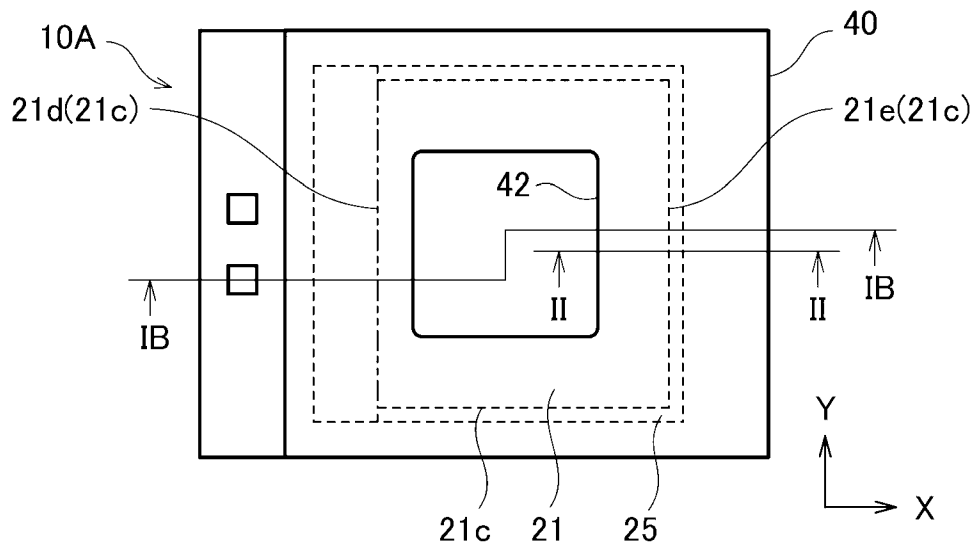
[請求項16] 前記保護膜は、前記圧電素子とその周囲の前記枠体部の表面を覆う第1の保護膜と、前記枠体部の前記表面において、前記膜体部と前記

圧電素子を含む領域以外の領域を覆う第2の保護膜とを有する  
請求項15に記載のトランスデューサ。

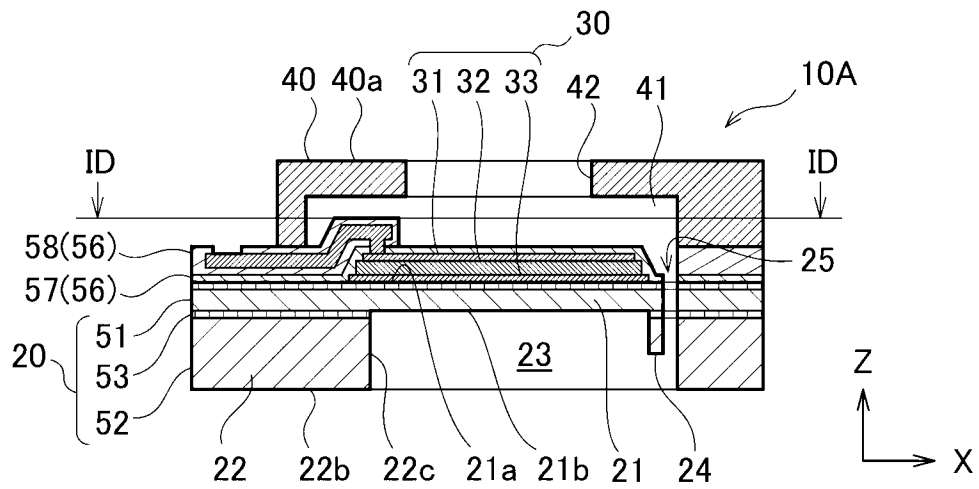
[請求項17] 前記第1の保護膜はアルミナを成分として含む  
請求項16に記載のトランスデューサ。

[請求項18] 前記第2の保護膜はテトラエトキシシランを成分として含む  
請求項16又は17に記載のトランスデューサ。

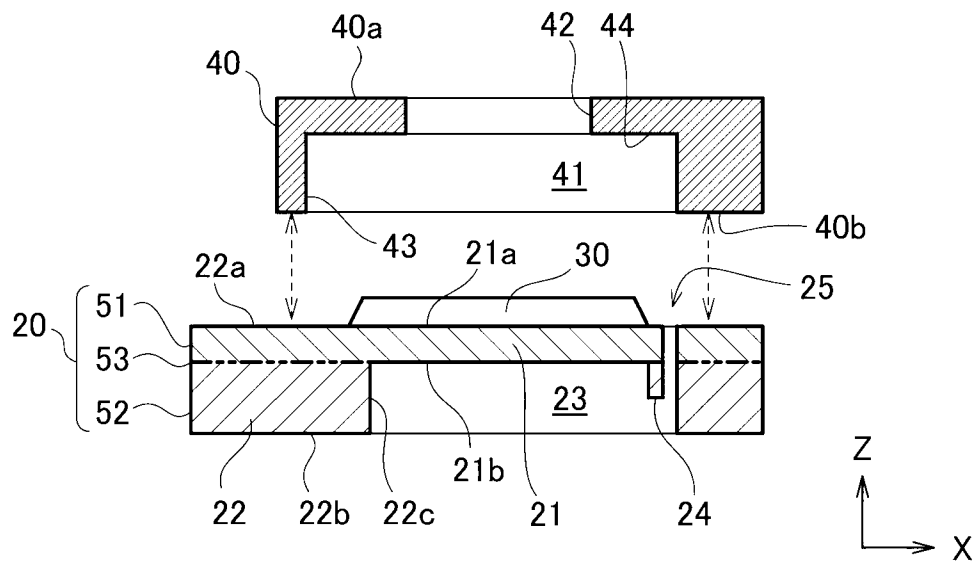
[図1A]



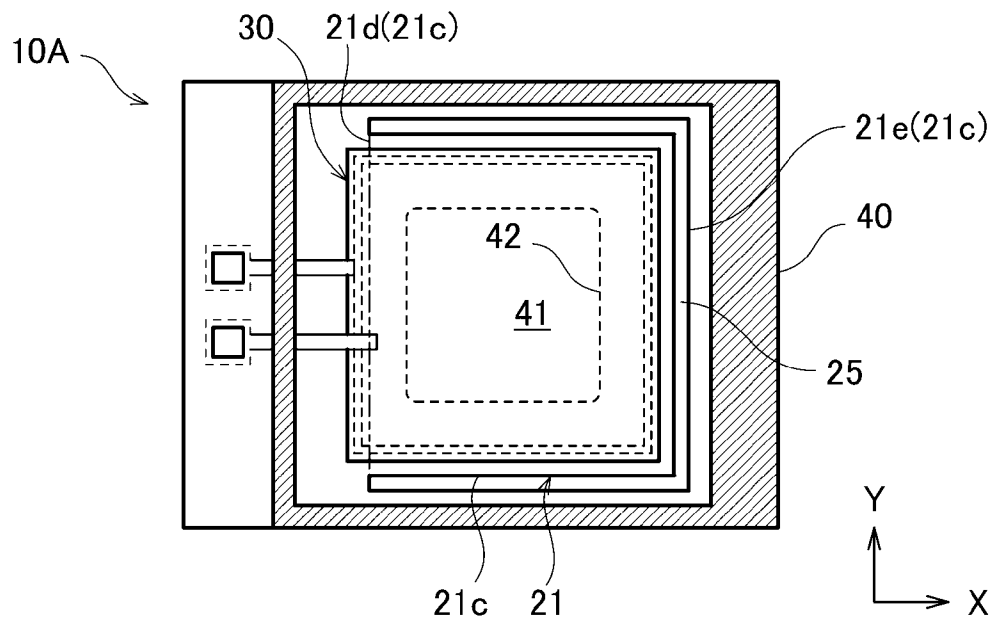
[図1B]



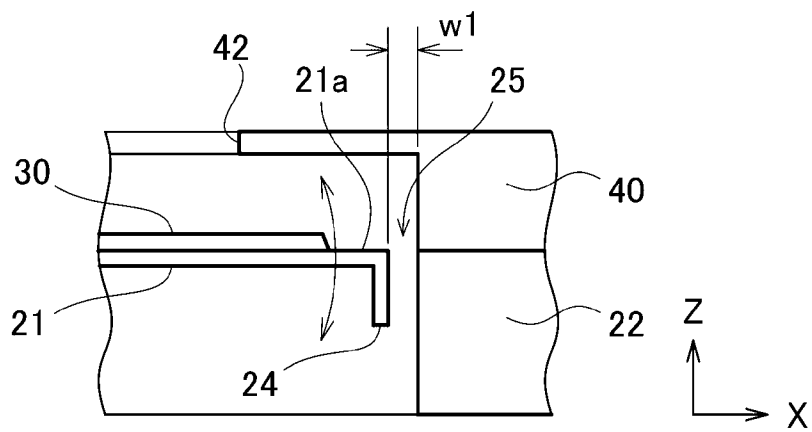
[図1C]



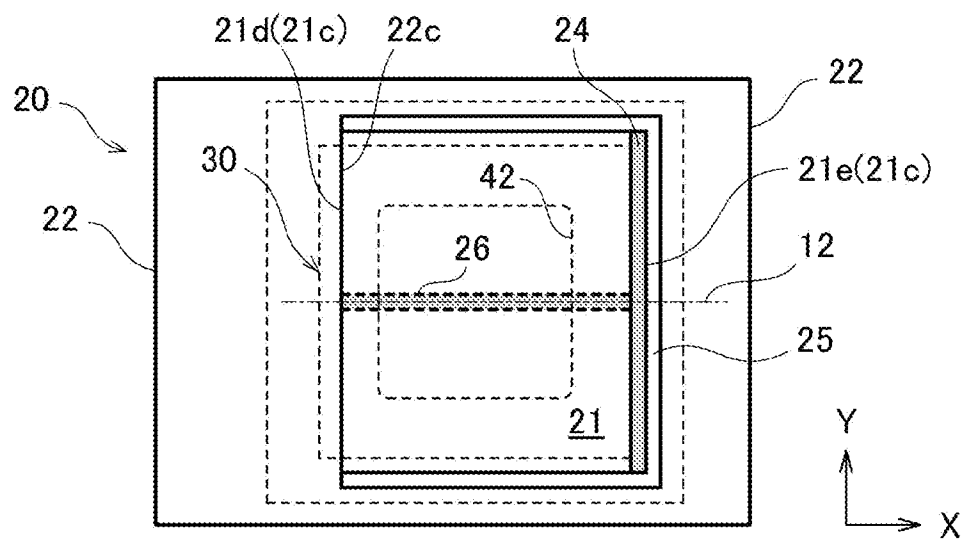
[図1D]



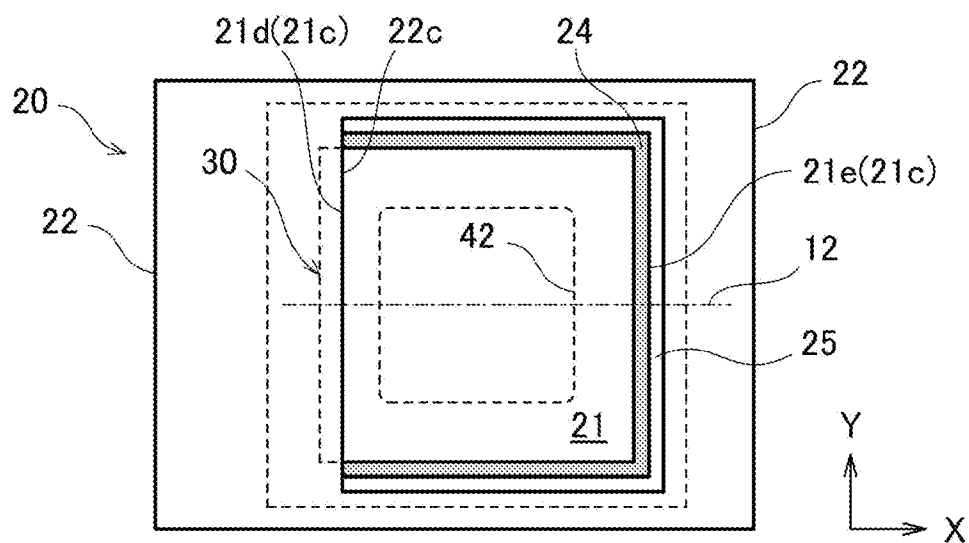
[図2]



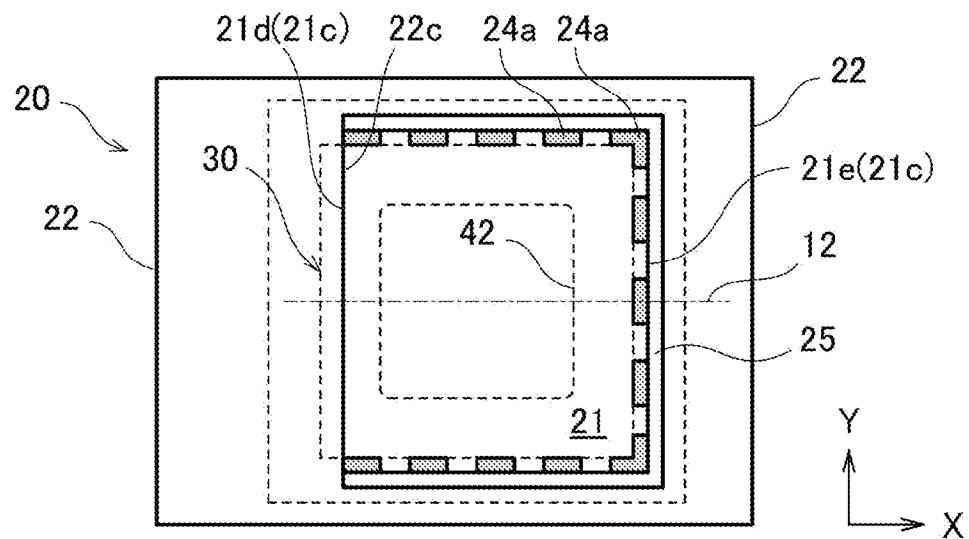
[図3A]



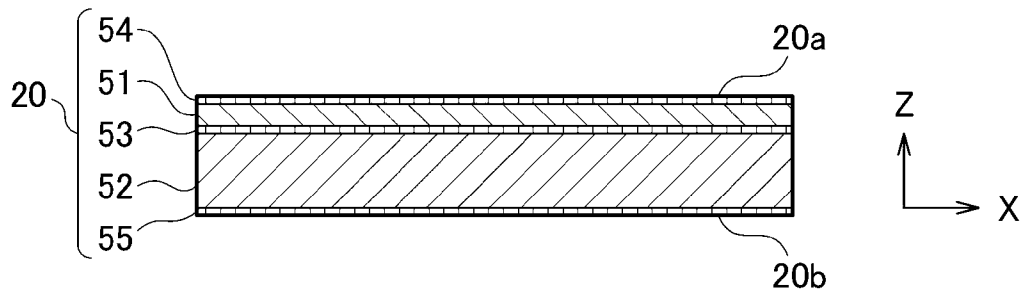
[図3B]



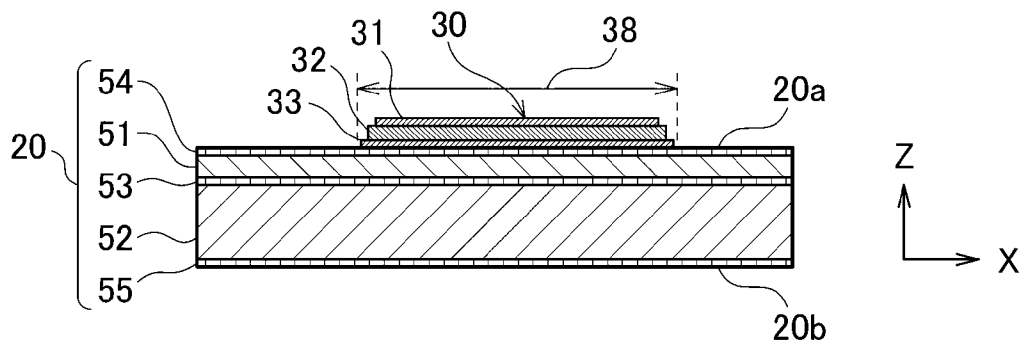
[図3C]



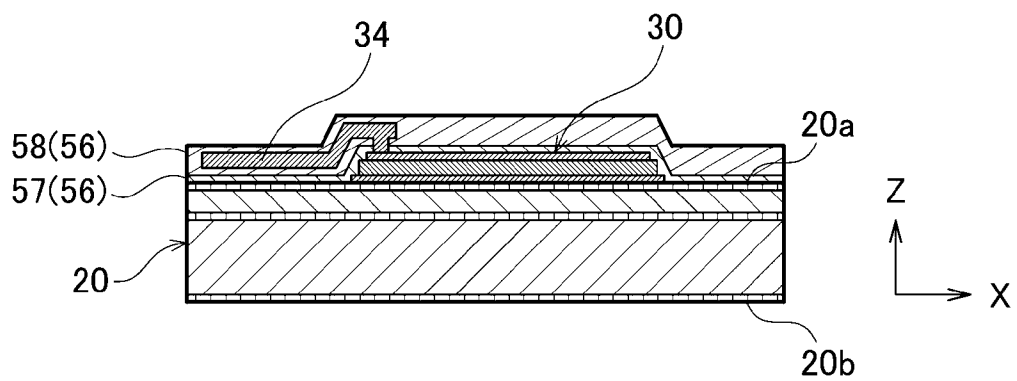
[図4A]



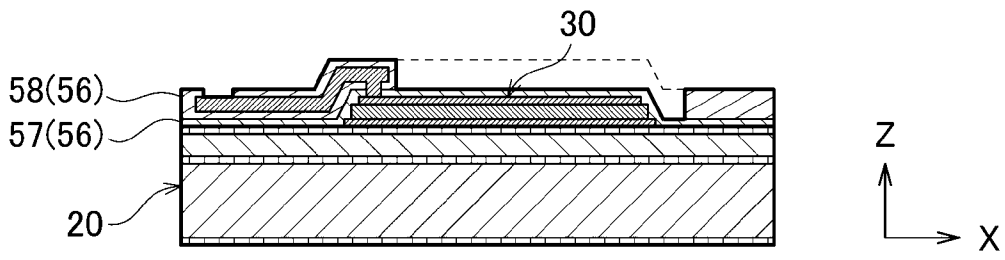
[図4B]



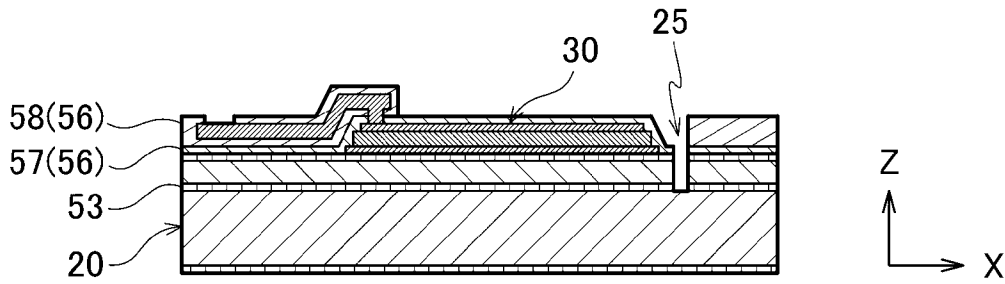
[図4C]



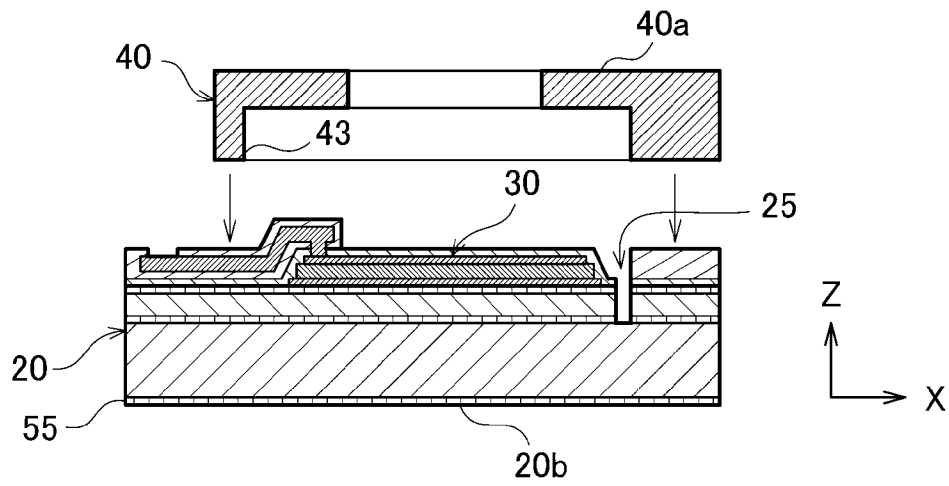
[図4D]



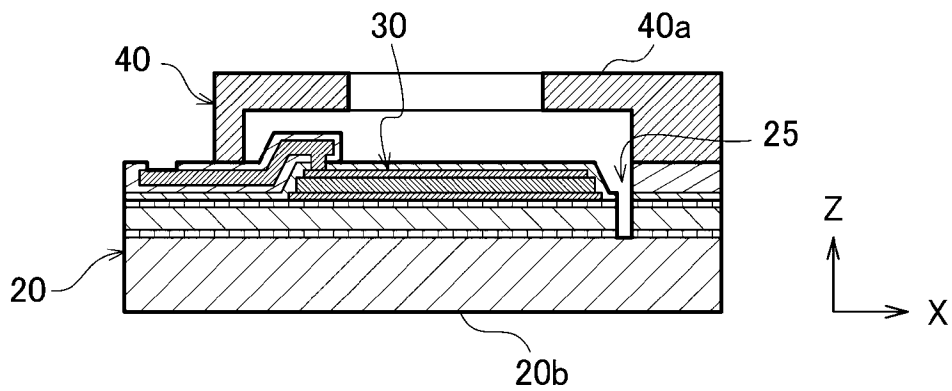
[図4E]



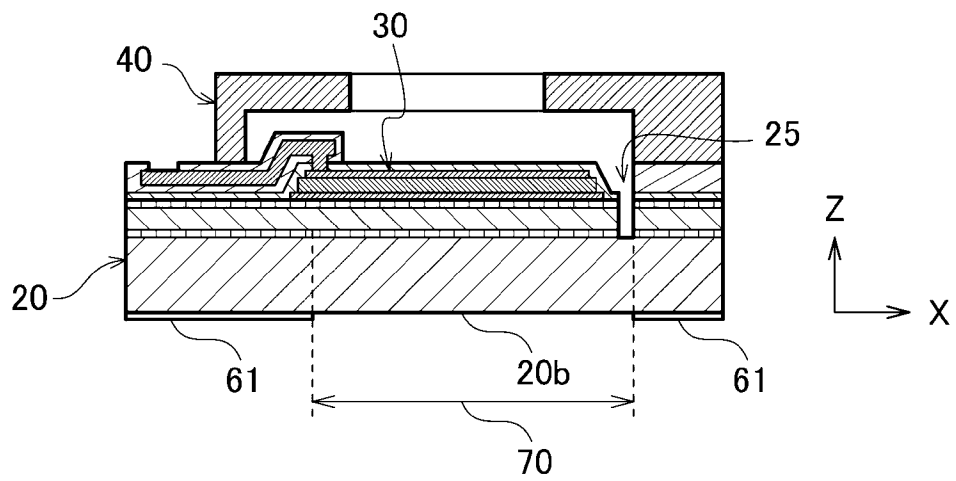
[図4F]



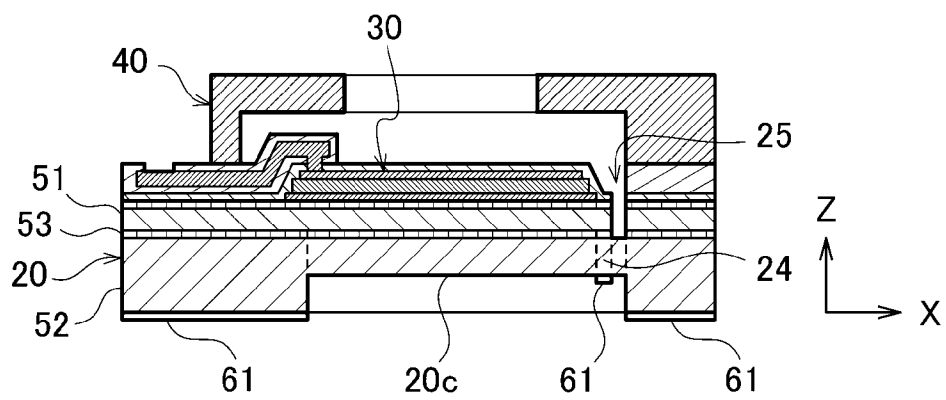
[図4G]



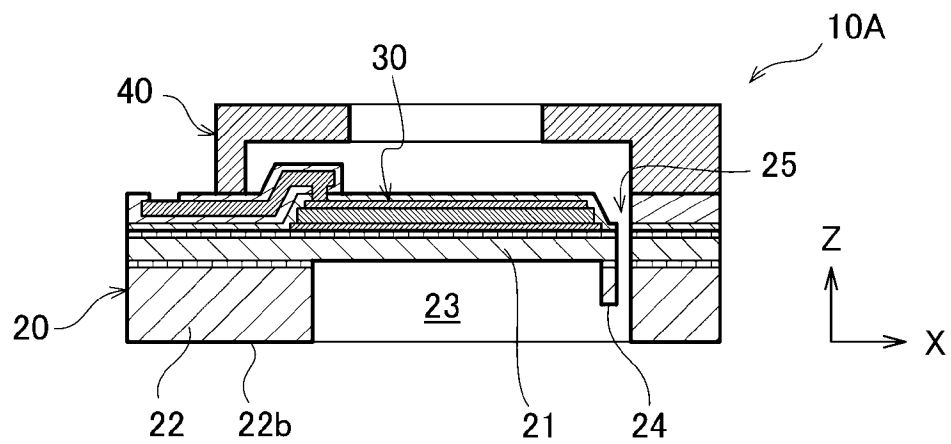
[図4H]



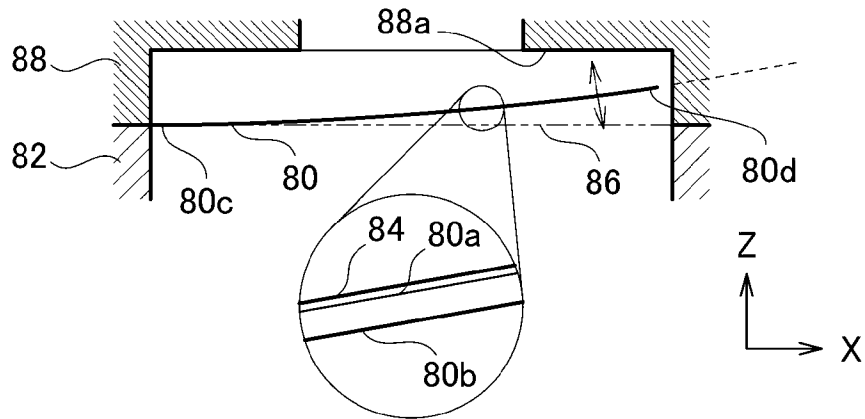
[図4I]



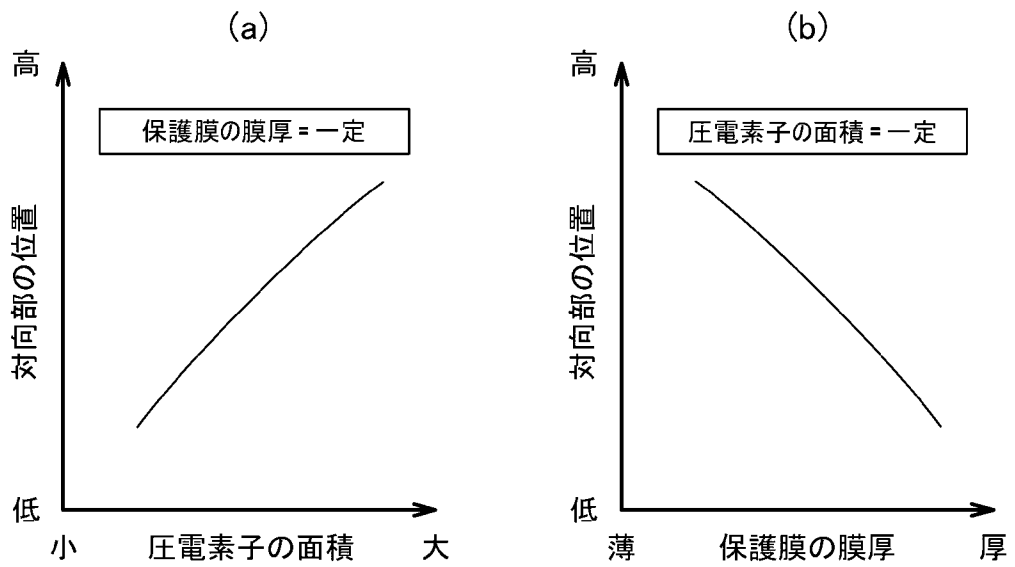
[図4J]



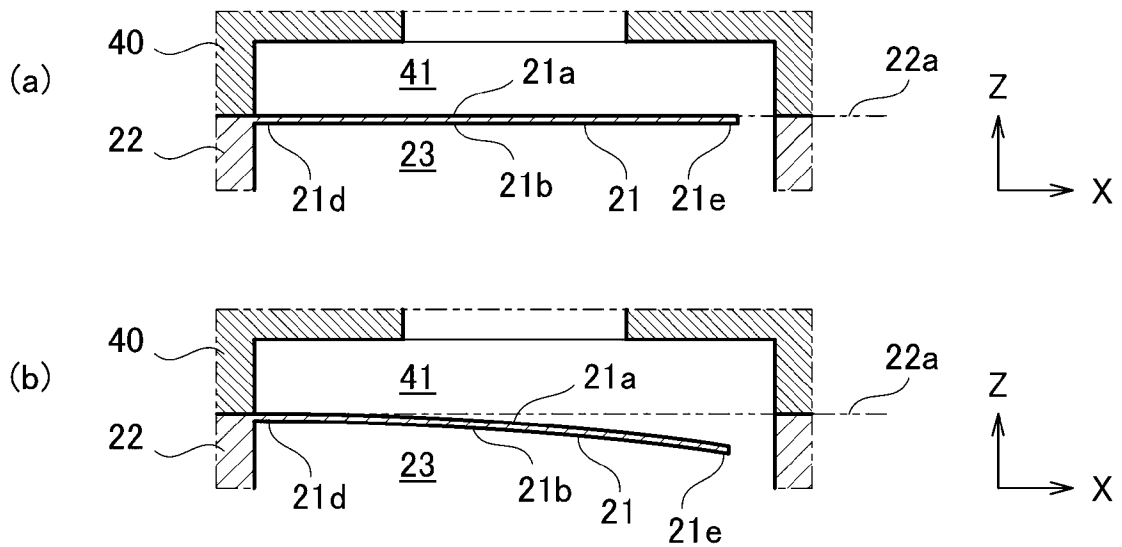
[図5]



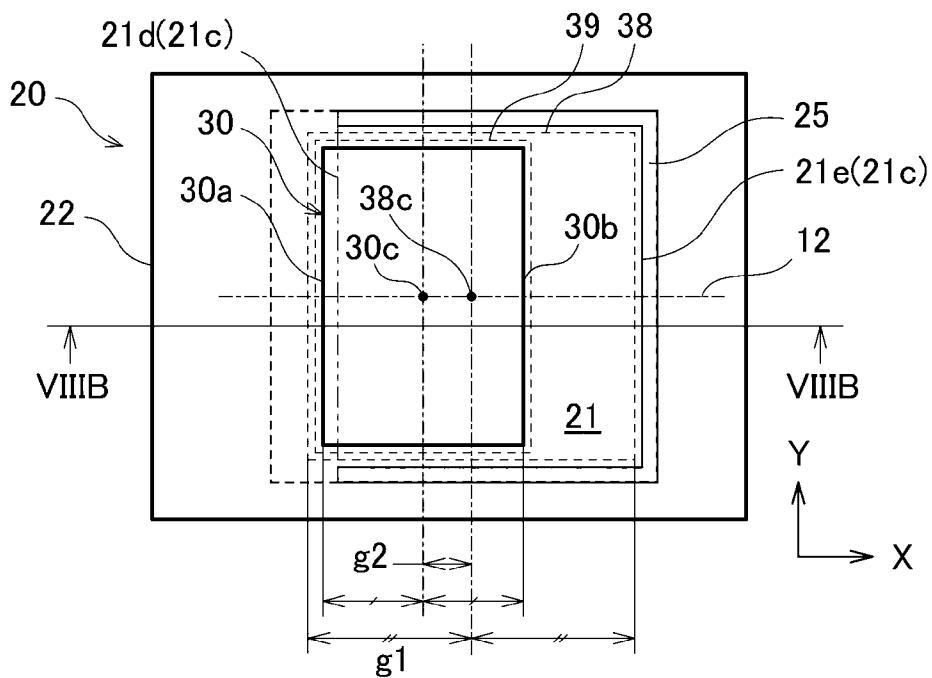
[図6]



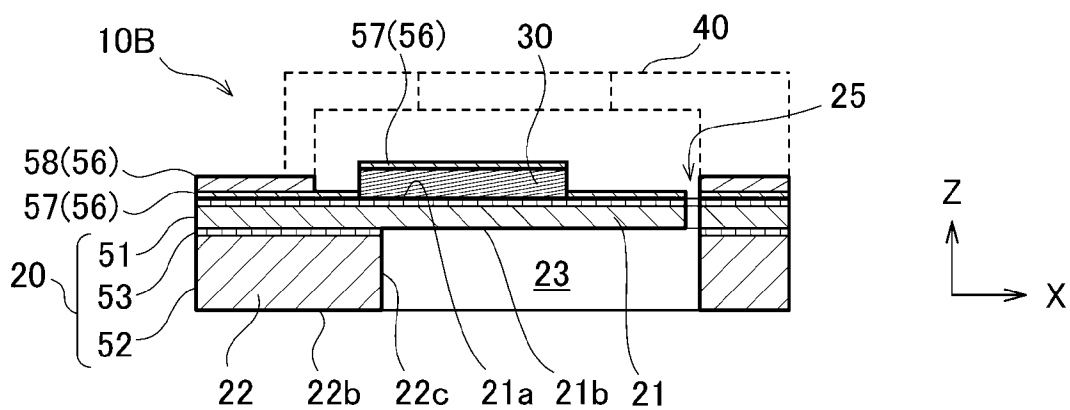
[図7]



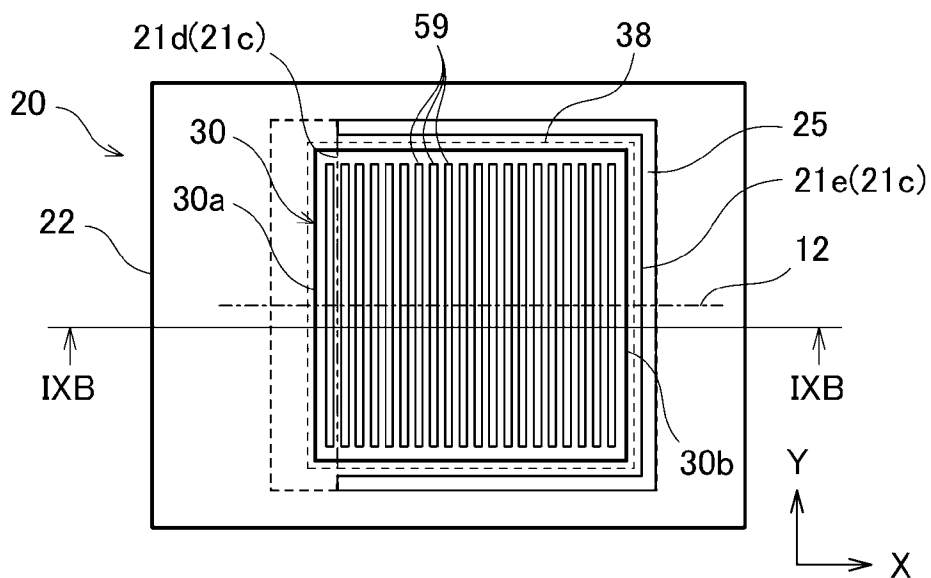
[図8A]



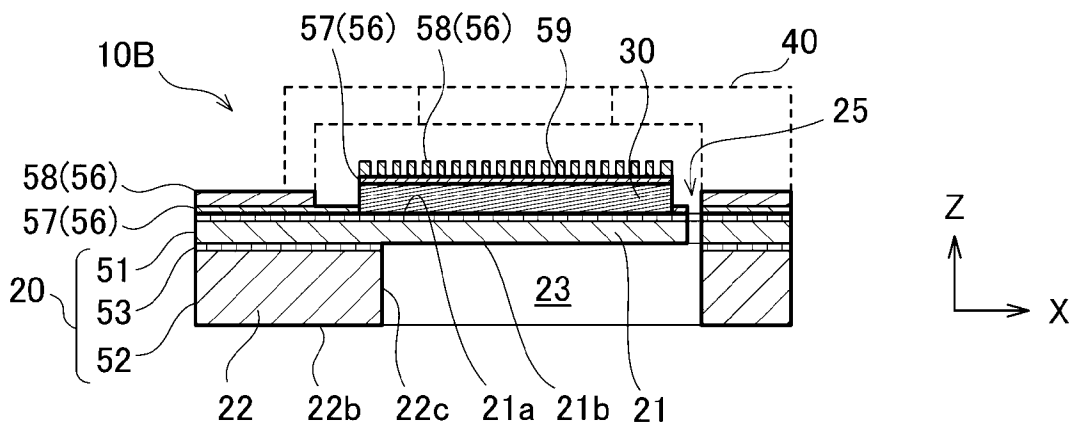
[図8B]



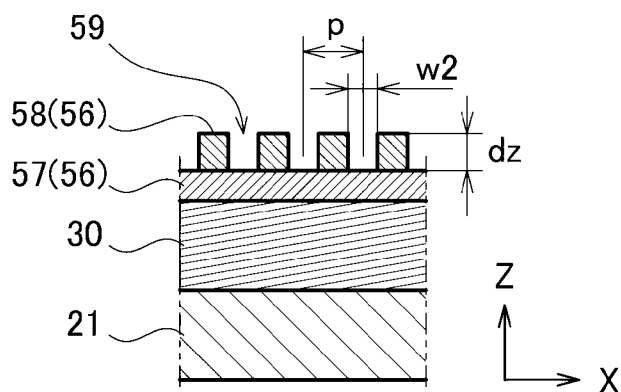
[図9A]



[図9B]



[図9C]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/039628

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B81B 3/00</i> (2006.01)i; <i>H04R 17/00</i> (2006.01)i; <i>H04R 17/02</i> (2006.01)i; <i>H01L 41/053</i> (2006.01)i; <i>H01L 41/09</i> (2006.01)i; <i>H01L 41/113</i> (2006.01)i; <i>H01L 41/187</i> (2006.01)i FI: H04R17/00; H04R17/02; H01L41/053; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/187; B81B3/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B81B3/00; H04R17/00; H04R17/02; H01L41/053; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/187		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 157331/1982 (Laid-open No. 61698/1984) (TATEISI ELECTRONICS CO.) 23 April 1984 (1984-04-23), page 2, line 1 to page 3, line 5, page 4, lines 5-10, page 5, lines 11-16, fig. 1-2	1-18
Y	JP 2019-161030 A (NEW JAPAN RADIO CO., LTD.) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0002]-[0003], [0006]-[0008], [0013], [0016]-[0021], fig. 1, 2	1-18
Y	JP 2001-69596 A (HOSIDEN CORP.) 16 March 2001 (2001-03-16) paragraph [0021], fig. 1	3-4, 15-18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>16 December 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>11 January 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/039628**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 59-61698 U1	23 April 1984	(Family: none)	
JP 2019-161030 A	19 September 2019	(Family: none)	
JP 2001-69596 A	16 March 2001	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>B81B 3/00(2006.01)i; H04R 17/00(2006.01)i; H04R 17/02(2006.01)i; H01L 41/053(2006.01)i; H01L 41/09(2006.01)i; H01L 41/113(2006.01)i; H01L 41/187(2006.01)i</p> <p>FI: H04R17/00; H04R17/02; H01L41/053; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/187; B81B3/00</p>																										
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>B81B3/00; H04R17/00; H04R17/02; H01L41/053; H01L41/09; H01L41/113; H01L41/187</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			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																
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																									
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>日本国実用新案登録出願57-157331号(日本国実用新案登録出願公開59-61698号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（立石電機株式会社）23.04.1984（1984-04-23）第2頁第1行目-第3頁第5行目、第4頁第5-10行目、第5頁第11-16行目、第1-2図</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2019-161030 A（新日本無線株式会社）19.09.2019（2019-09-19） [0002]-[0003]、[0006]-[0008]、[0013]、 [0016]-[0021]、第1、2図</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2001-69596 A（ホシデン株式会社）16.03.2001（2001-03-16） [0021]、第1図</td> <td>3-4、15-18</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			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	日本国実用新案登録出願57-157331号(日本国実用新案登録出願公開59-61698号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（立石電機株式会社）23.04.1984（1984-04-23）第2頁第1行目-第3頁第5行目、第4頁第5-10行目、第5頁第11-16行目、第1-2図	1-18	Y	JP 2019-161030 A（新日本無線株式会社）19.09.2019（2019-09-19） [0002]-[0003]、[0006]-[0008]、[0013]、 [0016]-[0021]、第1、2図	1-18	Y	JP 2001-69596 A（ホシデン株式会社）16.03.2001（2001-03-16） [0021]、第1図	3-4、15-18	* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
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	日本国実用新案登録出願57-157331号(日本国実用新案登録出願公開59-61698号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（立石電機株式会社）23.04.1984（1984-04-23）第2頁第1行目-第3頁第5行目、第4頁第5-10行目、第5頁第11-16行目、第1-2図	1-18																								
Y	JP 2019-161030 A（新日本無線株式会社）19.09.2019（2019-09-19） [0002]-[0003]、[0006]-[0008]、[0013]、 [0016]-[0021]、第1、2図	1-18																								
Y	JP 2001-69596 A（ホシデン株式会社）16.03.2001（2001-03-16） [0021]、第1図	3-4、15-18																								
* 引用文献のカテゴリー	“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																									
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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																									
“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	“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																									
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献																									
“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																										
<p>国際調査を完了した日</p> <p>16.12.2021</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>11.01.2022</p>																									
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>大野 弘 5Z 9175</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3591</p>																									

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/039628

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 59-61698 U1	23.04.1984	(ファミリーなし)	
JP 2019-161030 A	19.09.2019	(ファミリーなし)	
JP 2001-69596 A	16.03.2001	(ファミリーなし)	