

(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
2023年6月22日(22.06.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/112880 A1

(51) 国際特許分類:

H01P 5/08 (2006.01) H01P 5/12 (2006.01)
H01P 1/20 (2006.01) H03B 7/14 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/045616

(22) 国際出願日: 2022年12月12日(12.12.2022)

(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 2021-202712 2021年12月14日(14.12.2021) 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 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 西田 陽 亮 (NISHIDA Yosuke);
〒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). 鶴田 一 魁 (TSURUDA Kazuisao); 〒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: 恩 田 誠, 外 (ONDA Makoto et al.);
〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町二丁目12番地1 Gifu (JP).

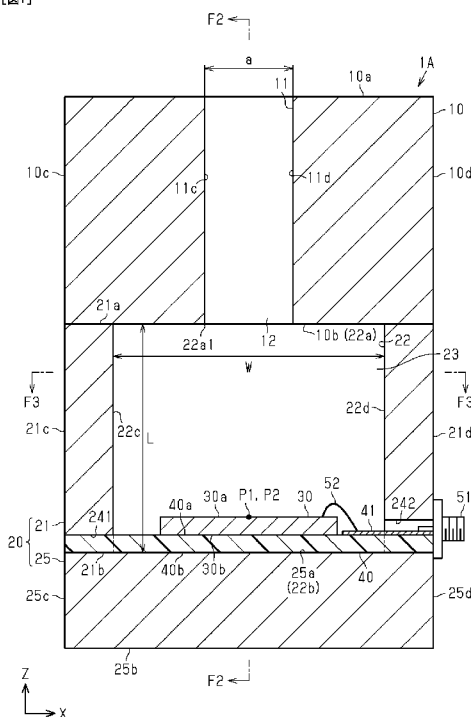
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND ELECTROMAGNETIC WAVE DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置、電磁波装置

[図1]



(57) Abstract: This semiconductor device comprises: a semiconductor element that oscillates and radiates electromagnetic waves; a base having a housing space in which the semiconductor element is housed; and a first wave tube including a first waveguide in communication with the housing space. The first waveguide is configured such that the electromagnetic waves are transmitted in a fundamental mode. The housing space is a resonant space in which the electromagnetic waves resonate in a high-order mode.

(57) 要約: 半導体装置は、電磁波を発振および放射する半導体素子と、半導体素子を収容する収容空間を有するベースと、収容空間と連通する第1導波路を有する第1導波管と、を含む。第1導波路は、電磁波が基本モードにて伝送されるように構成されている。収容空間は、電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

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, ME, 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)）

明 細 書

発明の名称：半導体装置、電磁波装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置、電磁波装置に関する。

背景技術

[0002] 例えばミリ波を超える高周波の信号の伝搬には、通常、低損失の中空導波管が用いられる。高周波の電気信号を生成する半導体チップは、導波管の外に設けられたキャビティに収容され、先端が導波管内に挿入された伝送線路と接続される。高周波の電気信号は、半導体チップから伝送線路を介してその先端のアンテナに伝達され、アンテナから電磁波として送出される（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-143347号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、上記のような構成では、伝送線路における信号の減衰が生じ、導波管に対する結合が低くなる場合がある。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様である半導体装置は、電磁波を発振および放射する半導体素子と、前記半導体素子を収容する収容空間を有するベースと、前記収容空間と連通する第1導波路を有する第1導波管と、を備え、前記第1導波路は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成され、前記収容空間は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

発明の効果

[0006] 本開示の一態様である半導体装置、電磁波装置は、導波管に対して電磁波

の高い結合を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]図1は、第1実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図2]図2は、図1のF2－F2線断面図である。
- [図3]図3は、図1のF3－F3線断面図である。
- [図4]図4は、図1の半導体装置における電磁波の電界強度分布を模式的示す説明図である。
- [図5]図5は、收容空間の長さに対する電磁波の透過率を示す説明図である。
- [図6]図6は、第2実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図7]図7は、図6のF7－F7線断面図である。
- [図8]図8は、図6のF8－F8線断面図である。
- [図9]図9は、第3実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図10]図10は、図9のF10－F10線断面図である。
- [図11]図11は、図9のF11－F11線断面図である。
- [図12]図12は、図9の半導体装置における電磁波の電界強度分布を模式的示す説明図である。
- [図13]図13は、第4実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図14]図14は、図13のF14－F14線断面図である。
- [図15]図15は、第5実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図16]図16は、図15のF16－F16線断面図である。
- [図17]図17は、図15のF17－F17線断面図である。
- [図18]図18は、第6実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図19]図19は、図18のF19－F19線断面図である。
- [図20]図20は、図18の半導体装置の変更例を示す正面断面図である。
- [図21]図21は、第7実施形態の半導体装置を示す正面断面図である。
- [図22]図22は、図21のF22－F22線断面図である。
- [図23]図23は、図21のF23－F23線断面図である。
- [図24]図24は、図21の半導体装置における電磁波の電界強度分布を模式

的示す説明図である。

[図25]図25は、電磁波の周波数に対する透過率を示す説明図である。

[図26]図26は、変更例の半導体素子のアンテナを示す平面図である。

[図27]図27は、変更例の半導体素子のアンテナを示す平面図である。

[図28]図28は、変更例の半導体素子のアンテナを示す平面図である。

[図29]図29は、変更例の半導体素子のアンテナを示す平面図である。

[図30]図30は、変更例の半導体素子のアンテナを示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、添付図面を参照して本開示の実施形態を説明する。なお、説明を簡単かつ明確にするため、図面に示される構成要素は必ずしも一定の縮尺で描かれていない。また、理解を容易にするため、断面図では、ハッチング線が省略されている場合がある。添付図面は、本開示の実施形態を例示するものに過ぎず、本開示を制限するものとみなされるべきではない。

[0009] 以下の詳細な記載は、本開示の例示的な実施形態を具体化する装置、システム、および方法を含む。この詳細な記載は、本來說明のためのものに過ぎず、本開示の実施形態またはこのような実施形態の適用および使用を限定することを意図していない。

[0010] (第1実施形態)

以下、第1実施形態を説明する。

図1～図3は、第1実施形態の半導体装置1Aを示す。

[0011] 本実施形態の半導体装置1Aは、導波管10、ベース20、半導体素子30を有している。

半導体素子30は、電磁波と電気エネルギーとの変換を行う素子である。なお、電磁波とは、光および電波のいずれか一方あるいは両方の概念を含むものとしている。半導体素子30は、所定の周波数帯、たとえばテラヘルツ帯の電磁波（テラヘルツ波）を発振および放射する機能デバイスである。たとえば、半導体素子30は、テラヘルツ波を発振および放射するテラヘルツ素子であると言える。また、半導体素子30は、所定の周波数帯、たとえば

テラヘルツ帯の電磁波（テラヘルツ波）を受信および検出する機能デバイスである。たとえば、半導体素子 30 は、テラヘルツ波を受信および検波するテラヘルツ素子であると言える。

[0012] 半導体素子 30 は、供給される電気エネルギーによる発振により、供給される電気エネルギーを電磁波に変換する。これにより、半導体素子 30 は、所望の周波数帯の電磁波を放射する。また、半導体素子 30 は、電磁波を受信し、その電磁波を電気エネルギーに変換する。これにより、半導体素子 30 は、所望の周波数帯の電磁波を検出する。

[0013] 半導体素子 30 は、ベース 20 内に配置されている。開示の半導体装置 1A は、電磁波を伝送する導波管 10 と、電磁波を発振および放射する半導体素子 30 とを有する。本実施形態の半導体素子 30 は、板状に形成されている。半導体素子 30 は、厚さ方向を向く素子表面 30a と、素子表面 30a とは反対方向を向く素子裏面 30b とを有している。説明の便宜上、半導体素子 30 の厚さ方向を Z 方向（第 1 方向）とする。Z 方向に直交し、かつ、互いに直交する方向を X 方向（第 2 方向）および Y 方向（第 3 方向）とする。

[0014] 図 3 に示すように、本実施形態の半導体素子 30 は、Z 方向から視て矩形状である。なお、Z 方向から視た半導体素子 30 の形状は、矩形状に限定されず、円形状、楕円形状、多角形状であってもよい。

[0015] 図 3 に示すように、半導体素子 30 は、素子表面 30a に、能動素子 31、アンテナ 32、第 1 電極 34a、および第 2 電極 34b を有している。

能動素子 31 は、所定の周波数帯の電磁波と電気エネルギーとの変換を行う。能動素子 31 は、たとえば素子表面 30a の中心に設けられている。能動素子 31 は、アンテナ 32 と接続されることにより、供給される電気エネルギーを電磁波に変換する。これにより半導体素子 30 は、所定の周波数帯の電磁波を放射する。従って、能動素子 31 は、電磁波を発振する発振点 P1 ということができ、アンテナ 32 は、電磁波を放射する放射点 P2 ということができる。そして、本実施形態の半導体素子 30 は、素子表面 30a の

中心に放射点 P 2 を有する。なお、本実施形態において、半導体素子 3 0 は、放射点 P 2 と発振点 P 1 とを同一位置に有する。なお、発振点 P 1 の位置は、放射点 P 2 の位置と同一に限られず任意とすることができる。また、発振点 P 1 の位置は、素子表面 3 0 a において任意の位置とすることができる。

[0016] 能動素子 3 1 は、たとえば共鳴トンネルダイオード (RTD : Resonant Tunneling Diode) である。能動素子 3 1 としては、例えば、タンネット (TUNNETT : Tunnel injection Transit Time) ダイオード、インパット (IMPATT : Impact Ionization Avalanche Transit Time) ダイオード、GaAs 系電界効果トランジスタ (FET : Field Effect Transistor)、GaN 系 FET、高電子移動度トランジスタ (HEMT : High Electron Mobility Transistor)、あるいは、ヘテロ接合バイポーラトランジスタ (HBT : Heterojunction Bipolar Transistor) であってもよい。

[0017] 半導体素子 3 0 は、アンテナ 3 2 として機能する第 1 導電部 3 3 a および第 2 導電部 3 3 b を有している。能動素子 3 1 は、第 1 導電部 3 3 a と第 2 導電部 3 3 b との間に設けられている。本実施形態のアンテナ 3 2 は、ダイポールアンテナである。第 1 導電部 3 3 a と第 2 導電部 3 3 b は、能動素子 3 1 から互いに反対方向に延びている。アンテナ 3 2 の長さ、つまり第 1 導電部 3 3 a の先端から第 2 導電部 3 3 b までの長さは、半導体素子 3 0 が放射する電磁波の波長 λ に対して $1/2$ 波長 ($\lambda/2$) に設定される。

[0018] 半導体素子 3 0 の素子表面 3 0 a には、第 1 電極 3 4 a および第 2 電極 3 4 b が設けられている。第 1 電極 3 4 a は、第 1 導電部 3 3 a に接続され、第 2 電極 3 4 b は第 2 導電部 3 3 b に接続されている。

[0019] 半導体素子 3 0 は、支持基板 4 0 により支持されている。支持基板 4 0 はベース 2 0 に取着されている。

支持基板 4 0 は、半導体素子 3 0 が放射する電磁波を透過する材料により形成されている。本実施形態において、支持基板 4 0 は、誘電体で形成されている。誘電体としては、例えば石英ガラス等のガラス、サファイア、エポ

キシ樹脂等の合成樹脂、S i（シリコン）等の単結晶の真性半導体を用いることができ、本実施形態では石英ガラスが用いられている。

[0020] 図1から図3に示すように、支持基板40は、基板表面40a、基板裏面40bを有している。基板表面40aと基板裏面40bは、Z方向において互いに反対側を向く。

基板表面40aには、半導体素子30に接続される伝送線路としての給電用線路41を有している。給電用線路41は、たとえばコプレーナ線路である。なお、給電用線路41として、マイクロストリップ線路、ストリップ線路、スロット線路、等とすることもできる。

[0021] 図3に示すように、給電用線路41は、主導体41aおよび2つの接地導体41bを備えている。主導体41aは、X方向に延びている。接地導体41bは、主導体41aの両側に設けられている。主導体41aおよび接地導体41bは、たとえば銅（Cu）により形成されている。

[0022] 図1に示すように、支持基板40の主導体41aはコネクタ51と接続されている。コネクタ51は、高周波信号を伝達可能なものであり、たとえばSMAコネクタである。コネクタ51の芯線は、図3に示す主導体41aと接続されている。その主導体41aは、ワイヤ52により、半導体素子30の第1電極34aと接続されている。図1に示すように、コネクタ51のハウジングは、ベース20のベース本体21と接続されている。接地導体41bは、ベース本体21と接触し、ベース本体21と電氣的に接続されている。図3に示すように、接地導体41bは、ワイヤ52により半導体素子30の第2電極34bと接続されている。

[0023] 導波管10およびベース20は、半導体素子30が放射する電磁波に対する非透過性を有する導体材料により形成されている。この導体材料として、Cu、Cu合金、アルミニウム（Al）、Al合金、等の金属、またはこれらの表面に金めっきを施したものをを用いることができる。

[0024] 導波管10とベース20は、Z方向において互いに接続されている。導波管10とベース20は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等に

よって互いに接続されている。なお、導波管10とベース20は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0025] 導波管10は、電磁波を伝送させる中空金属管であり、Z方向に延びる導波路12を有している。本実施形態の導波管10は、方形導波管である。

導波管10は、概略矩形状の外形を有している。導波管10は、上面10a、下面10b、外側面10c、10d、10e、10fを有している。上面10aおよび下面10bは、Z方向において、互いに反対側を向く。外側面10c、10dは、X方向において互いに反対側を向く。外側面10e、10fは、Y方向において互いに反対側を向く。

[0026] 導波管10は、貫通孔11を有している。貫通孔11は、導波管10の上面10aから下面10bまで導波管10を貫通するように形成されている。導波管10は、貫通孔11を区画する内側面11c、11d、11e、11fを有している。図1に示すように、内側面11c、11dは、X方向において互に対向する。図2に示すように、内側面11e、11fは、Y方向において互に対向する。つまり、貫通孔11は、Z方向から視て矩形環状に形成されている。この貫通孔11は、導波管10における導波路12を構成する。つまり、導波路12は、導波管10の内側面11c～11fにより規定される。

[0027] 導波路12は、半導体素子30が放射する電磁波が基本モードとして伝送されるように構成されている。導波路12の大きさは、基本モード伝搬を維持するために、伝送する電磁波の周波数帯によって決定される。本実施形態において、導波路12の大きさは、X方向における導波路12の寸法aと、Y方向における導波路12の寸法bにより示される。図1に示すように、寸法aは、導波路12を規定する内側面11cと内側面11dとの間の距離である。図2に示すように、寸法bは、導波路12を規定する内側面11eと内側面11fとの間の距離である。本実施形態において、寸法aは、寸法bよりも大きい。つまり、本実施形態の導波路12は、導波路12が延びるZ方向から視て、X方向を長辺方向、Y方向を短辺方向とする長形状である。

。

[0028] ベース 20 は、概略矩形状の外形を有している。

ベース 20 は、半導体素子 30 を収容する収容空間 23 を有している。収容空間 23 は、半導体素子 30 を収容する。

[0029] 本実施形態のベース 20 は、ベース本体 21 と、閉塞板 25 とを有している。

ベース本体 21 は、概略矩形状の外形を有している。ベース本体 21 は、上面 21 a、下面 21 b、外側面 21 c、21 d、21 e、21 f を有している。上面 21 a および下面 21 b は、Z 方向において、互いに反対側を向く。図 1 に示すように、外側面 21 c、21 d は、X 方向において互いに反対側を向く。図 2 に示すように、外側面 21 e、21 f は、Y 方向において互いに反対側を向く。

[0030] 閉塞板 25 は、矩形板状の外形を有している。閉塞板 25 は、上面 25 a、下面 25 b、外側面 25 c、25 d、25 e、25 f を有している。上面 25 a および下面 25 b は、Z 方向において、互いに反対側を向く。図 1 に示すように、外側面 25 c、25 d は、X 方向において互いに反対側を向く。図 2 に示すように、外側面 25 e、25 f は、Y 方向において互いに反対側を向く。

[0031] 図 1、図 2 に示すように、ベース本体 21 は、導波管 10 に接続されている。閉塞板 25 は、ベース本体 21 に対して導波管 10 と反対側に配置されている。ベース本体 21 と閉塞板 25 とは、互いに接続されている。本実施形態において、ベース本体 21 の上面 21 a は、導波管 10 の下面 10 b に接続されている。ベース本体 21 の下面 21 b は、閉塞板 25 の上面 25 a に接続されている。ベース本体 21 と閉塞板 25 は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、ベース本体 21 と閉塞板 25 は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0032] 本実施形態のベース本体 21 は、Z 方向から視て、矩形環状に形成されている。ベース本体 21 は、上面 21 a から下面 21 b まで、Z 方向にベース

本体 21 を貫通する貫通孔 22 を有している。貫通孔 22 は、ベース本体 21 の内側面 22 c, 22 d, 22 e, 22 e により規定される。図 1 に示すように、内側面 22 c, 22 d は、X 方向において互いに反対側を向く。図 2 に示すように、内側面 22 e, 22 f は、Y 方向において互いに反対側を向く。内側面 22 c ~ 22 f により囲まれた空間は、半導体素子 30 を収容する収容空間 23 を構成する。

[0033] 本実施形態のベース本体 21 は、下面 21 b から上面 21 a に向けて凹む第 1 収容凹部 241 および第 2 収容凹部 242 を有している。第 1 収容凹部 241 は、支持基板 40 を収容するように形成されている。第 2 収容凹部 242 は、支持基板 40 を収容するとともに、支持基板 40 の主導体 41 a がベース本体 21 と接触しないように形成されている。

[0034] 収容空間 23 は、X 方向および Y 方向において、内側面 22 c ~ 22 f により規定される。また、収容空間 23 は、Z 方向において、ベース 20 と接続される導波管 10 および閉塞板 25 により規定される。導波管 10 と閉塞板 25 は、ベース 20 に対して互いに反対側に配置され、ベース 20 と接続される。閉塞板 25 は、ベース本体 21 の貫通孔 22 を閉塞する。

[0035] ベース 20 の貫通孔 22 に露出する導波管 10 の下面 10 b は、収容空間 23 を規定する第 1 内壁面 22 a である。第 1 内壁面 22 a は、導波管 10 の貫通孔 11 により、導波路 12 と連通する開口 22 a1 を有している。また、ベース 20 の貫通孔 22 に露出する閉塞板 25 の上面 25 a は、収容空間 23 を規定する第 2 内壁面 22 b である。つまり、Z 方向における収容空間 23 の長さ寸法 L は、Z 方向におけるベース本体 21 の長さである。また、長さ寸法 L は、第 1 内壁面 22 a と第 2 内壁面 22 b との間の距離でもある。X 方向における収容空間 23 の幅寸法 W は、X 方向において対向する内側面 22 c と内側面 22 d との間の距離である。Y 方向における収容空間 23 の奥行寸法 D は、Y 方向において対向する内側面 22 e と内側面 22 f との間の距離である。

[0036] 収容空間 23 に対する導波路 12 の接続位置は、収容空間 23 内に生じる

電磁波の電界強度により設定される。導波路 1 2 は、収容空間 2 3 内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。収容空間 2 3 の大きさを規定する長さ寸法 L、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、導波路 1 2 が接続される位置を電界強度の腹位置とするように調整されることができる。

[0037] 図 3 では、導波路 1 2 を二点鎖線にて示している。本実施形態において、導波路 1 2 は、収容空間 2 3 の中央にて収容空間 2 3 と接続（連通）されている。半導体素子 3 0 は、その発振点 P 1 を収容空間 2 3 の中心と一致するように収容空間 2 3 内に配置されている。したがって、Z 方向から視て、半導体素子 3 0 の発振点 P 1 は、導波路 1 2 内に位置している。

[0038] 半導体素子 3 0 は、Z 方向から視て、導波路 1 2 よりも大きい外形を有している。半導体素子 3 0 は、収容空間 2 3 に収容されている。したがって、収容空間 2 3 の幅寸法 W は、導波路 1 2 の寸法 a よりも大きい。また、収容空間 2 3 の奥行寸法 D は、導波路 1 2 の寸法 b よりも大きい。

[0039] 収容空間 2 3 の大きさである幅寸法 W、および奥行寸法 D は、半導体素子 3 0 を収容するように設定されている。さらに、収容空間 2 3 の大きさである長さ寸法 L、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、収容空間 2 3 において、半導体素子 3 0 から放射される電磁波が高次モードにて共振するように設定されている。つまり、収容空間 2 3 は、電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

[0040] （作用）

次に、本実施形態の半導体装置 1 A の作用を説明する。

図 4 は、上記の半導体装置 1 A のモデルであり、本実施形態の半導体装置 1 A における電磁波の電界強度分布の一例を模式的に示す。

[0041] 図 4 において、導波路 3 5 は、図 1 ～図 3 に示す半導体素子 3 0 を模擬したものであり、半導体素子 3 0 が放射する電磁波を基本モードにて伝送するように設定されている。この導波路 3 5 は、図 1、図 2 に示す収容空間 2 3 を規定する閉塞板 2 5 の上面 2 5 a において、収容空間 2 3 と連通している

。導波路 35 から收容空間 23 内に放射された電磁波は、收容空間 23 内にて高次モードで共振する。図 4 に示す二点鎖線は、図 1、図 2 に示す導波管 10 の下面 10b と導波路 12 とを示す。收容空間 23 内の電磁波は、この導波路 12 から出力される。

[0042] 図 5 は、図 4 に示す閉塞板 25 の上面 25a から導波管 10 の下面 10b までの長さ寸法 L を変更したときに、電磁波が入力される導波路 35 から、電磁波が出力される導波路 12 への透過率 S21 を示す。この透過率 S21 は、図 1～図 3 に示す半導体装置 1A において、半導体素子 30 から放射される電磁波の電界強度に対して、收容空間 23 から導波管 10 の導波路 12 へ出力される電磁波の電界強度の損失に相当する。透過率 S21 が高いほど、收容空間 23 と導波路 12 との結合率が高く、損失が低いことになる。

[0043] たとえば、図 5 に示す破線 LD1 を含む範囲では、透過率 S21 が高く、また透過率 S21 の変動が少ないことが判る。この破線 LD1 を含む範囲内の長さ寸法 L とするように、図 1～図 3 に示す半導体装置 1A のベース 20（ベース本体 21）の大きさを設定する。このように設定した長さ寸法 L の收容空間 23 を有する半導体装置 1A は、半導体素子 30 と導波路 12 との高い結合が得られる。また、この半導体装置 1A は、加工誤差などの寸法誤差の影響を低減することができる。

[0044] 本実施形態の半導体装置 1A は、Z 方向から視て、導波路 12 よりも大きな收容空間 23 を有する。この收容空間 23 に收容した半導体素子 30 は、Z 方向から視て、導波路 12 よりも大きい。したがって、種々の大きさの半導体素子 30 を收容した半導体装置 1A を得ることができる。そして、半導体装置 1A は、半導体素子 30 から放射される電磁波を、電磁波を基本モードで伝送する導波路 12 に高効率で取り出すことができる。

[0045] （効果）

以上記述したように、本実施形態の半導体装置 1A は、以下の効果を奏する。

（1－1）半導体装置 1A は、電磁波を発振および放射する半導体素子 30

0と、半導体素子30を收容する收容空間23を有するベース20と、收容空間23と連通する導波路12を有する導波管10と、を備える。導波路12は、電磁波が基本モードにて伝送されるように構成されている。そして、收容空間23は、電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

[0046] この半導体装置1Aの收容空間23では、電磁波が高次モードの共振が生じる。したがって、基本モードで結合するように導波路12を配置することにより、半導体素子30から放射される電磁波を高効率で導波路12に取り出すことができる。

[0047] (1-2) 導波路12は、半導体素子30により收容空間23内に生じた電磁波の電界強度の腹位置にて收容空間23と連通している。これにより、高次モードの共振が生じる收容空間23対して、電磁波を基本モードにて伝送する導波路12を高効率で接続することができる。

[0048] (1-3) 半導体装置1Aは、Z方向から視て、導波路12よりも大きな收容空間23を有する。この收容空間23に收容した半導体素子30は、Z方向から視て、導波路12よりも大きい。したがって、種々の大きさの半導体素子30を收容した半導体装置1Aを得ることができる。

[0049] (1-4) 半導体装置1Aは、Z方向から視て、導波路12よりも大きな收容空間23を有する。この收容空間23に收容した半導体素子30は、Z方向から視て、導波路12よりも大きい。したがって、半導体装置1Aは、種々の大きさの半導体素子30から放射される電磁波を、電磁波を基本モードで伝送する導波路12に高効率で取り出すことができる。

[0050] (1-5) 本実施形態の半導体装置1Aは、方形導波管である導波管10の導波路12に対して、半導体素子30から放射される電磁波を高効率で取り出すことができる。

(第2実施形態)

以下、第2実施形態を説明する。

[0051] なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

図6から図8は、本実施形態の半導体装置2Aを示す。

[0052] 本実施形態の半導体装置2Aは、導波管110、ベース120、半導体素子30を有している。

導波管110およびベース120は、半導体素子30が放射する電磁波に対する非透過性を有する導体材料により形成されている。この導体材料として、Cu、Cu合金、Al、Al合金、等の金属、またはこれらの表面に金めっきを施したものをを用いることができる。

[0053] 導波管110とベース120は、Z方向において互いに接続されている。導波管110とベース120は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、導波管110とベース120は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0054] 導波管110は、電磁波を伝送させる中空金属管であり、Z方向に延びる導波路112を有している。本実施形態の導波管110は、円形導波管である。

導波管110は、円筒状の外形を有している。導波管110は、上面110a、下面110b、外周面110cを有している。上面110aおよび下面110bは、Z方向において互いに反対側を向く。

[0055] 導波管110は、貫通孔111を有している。貫通孔111は、導波管110の上面110aから下面110bまで、導波管110を貫通するように形成されている。貫通孔111は、Z方向から視て円形に形成されている。導波管110は、貫通孔111を区画する内周面111cを有している。この貫通孔111は、導波管110における導波路112を構成する。つまり、導波路112は、導波管110の内周面111cにより規定される。

[0056] 導波路112は、導波管110の上面110aから下面110bまで導波管110を貫通するように形成されている。導波路112は、導波管110の内周面111cにより規定される。

[0057] 導波路112は、半導体素子30が放射する電磁波が基本モードとして伝送されるように構成されている。導波路112の大きさは、基本モード伝搬

を維持するために、伝送する電磁波の周波数帯によって決定される。本実施形態において、導波路 112 の内径寸法 D1 は、Z 方向から見た内周面 111c の直径により示される。

[0058] ベース 120 は、概略円柱状の外形を有している。

ベース 120 は、半導体素子 30 を収容する収容空間 123 を有している。本実施形態のベース 120 は、ベース本体 121 と、閉塞板 125 とを有している。

[0059] ベース本体 121 は、概略円柱形状の外形を有している。ベース本体 121 は、上面 121a、下面 121b、外周面 121c を有している。上面 121a および下面 121b は、Z 方向において、互いに反対側を向く。閉塞板 125 は、概略円板状の外形を有している。閉塞板 125 は、上面 125a、下面 125b、外周面 125c を有している。上面 125a および下面 125b は、Z 方向において、互いに反対側を向く。

[0060] ベース本体 121 は導波管 110 に接続されている。閉塞板 125 は、ベース本体 121 に対して導波管 110 と反対側に配置されている。ベース本体 121 と閉塞板 125 とは、互いに接続されている。ベース本体 121 と閉塞板 125 は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、ベース本体 121 と閉塞板 125 は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0061] 本実施形態のベース本体 121 は、円筒状に形成されている。ベース本体 121 は、上面 121a から下面 121b まで、Z 方向にベース本体 121 を貫通する貫通孔 122 を有している。貫通孔 122 は、ベース本体 121 の内周面 122c により規定される。内周面 122c は、Z 方向から見て円形状である。内周面 122c により囲まれた空間は、半導体素子 30 を収容する収容空間 123 を構成する。

[0062] 本実施形態のベース本体 121 は、下面 121b から上面 121a に向けて凹む第 1 収容凹部 1241 および第 2 収容凹部 1242 を有している。第 1 収容凹部 1241 は、支持基板 40 を収容するように形成されている。第

2 收容凹部 1 2 4 2 は、支持基板 4 0 を收容するとともに、支持基板 4 0 の主導体 4 1 a がベース本体 1 2 1 と接触しないように形成されている。

[0063] 收容空間 1 2 3 は、X 方向および Y 方向において、内周面 1 2 2 c により規定される。また、收容空間 1 2 3 は、Z 方向において、ベース 1 2 0 と接続される導波管 1 1 0 および閉塞板 1 2 5 により規定される。導波管 1 1 0 と閉塞板 1 2 5 は、ベース 1 2 0 に対して互いに反対側に配置され、ベース 1 2 0 と接続される。閉塞板 1 2 5 は、ベース本体 1 2 1 の貫通孔 1 2 2 を閉塞する。ベース 1 2 0 の貫通孔 1 2 2 に露出する導波管 1 1 0 の下面 1 1 0 b は、收容空間 1 2 3 を規定する第 1 内壁面 1 2 2 a である。第 1 内壁面 1 2 2 a は、導波管 1 1 0 の貫通孔 1 1 1 により、導波路 1 1 2 と連通する開口 1 2 2 a 1 を有している。また、ベース 1 2 0 の貫通孔 1 2 2 に露出する閉塞板 1 2 5 の上面 1 2 5 a は、收容空間 1 2 3 を規定する第 2 内壁面 1 2 2 b である。つまり、Z 方向における收容空間 1 2 3 の長さ寸法 L は、Z 方向におけるベース本体 1 2 1 の長さである。また、長さ寸法 L は、第 1 内壁面 1 2 2 a と第 2 内壁面 1 2 2 b との間の距離でもある。收容空間 1 2 3 の内径寸法 D 2 は、Z 方向から見た内周面 1 2 2 c の直径である。

[0064] 收容空間 1 2 3 に対する導波路 1 1 2 の接続位置は、收容空間 1 2 3 内に生じる電磁波の電界強度により設定される。導波路 1 1 2 は、收容空間 1 2 3 内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。收容空間 1 2 3 の大きさを規定する長さ寸法 L および内径寸法 D 2 は、導波路 1 1 2 が接続される位置を電界強度の腹位置とするように調整されると言える。

[0065] 図 8 では、導波路 1 1 2 を二点鎖線にて示している。半導体素子 3 0 は、Z 方向から視て、導波路 1 1 2 よりも大きい外形を有している。半導体素子 3 0 は、收容空間 1 2 3 に收容されている。したがって、收容空間 1 2 3 の内径寸法 D 2 は、導波路 1 1 2 の内径寸法 D 1 よりも大きい。

[0066] 收容空間 1 2 3 の大きさである内径寸法 D 2 は、半導体素子 3 0 を收容するように設定されている。さらに、收容空間 1 2 3 の大きさである長さ寸法

し、内径寸法D2は、収容空間123において、半導体素子30から放射される電磁波が高次モードにて共振するように設定されている。つまり、収容空間123は、電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

[0067] (効果)

以上記述したように、本実施形態の半導体装置2Aは、以下の効果を奏する。

(2-1) 第1実施形態の(1-1)～(1-4)と同様の効果を得ることができる。

[0068] (2-2) 本実施形態の半導体装置2Aは、円形導波管である導波管110の導波路112に対して、半導体素子30から放射される電磁波を高効率で取り出すことができる。

(第3実施形態)

以下、第3実施形態を説明する。

[0069] なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

図9から図11は、第3実施形態の半導体装置3Aを示す。この半導体装置3Aは、第1実施形態の半導体装置1Aに対して、導波路212の位置が異なる。

[0070] 半導体装置3Aは、導波管210、ベース20、半導体素子30を有している。導波管210は、第1実施形態の導波管10に対して、配置位置の異なる導波路212を有している。つまり、本実施形態の導波路212は、第1実施形態の導波路12とは異なる位置にて収容空間23と連通している。

[0071] 図9、図11に示すように、導波管210は、上面210a、下面210b、外側面210c、210d、210e、210fを有している。上面210aおよび下面210bは、Z方向において、互いに反対側を向く。外側面210c、210dは、X方向において互いに反対側を向く。外側面210e、210fは、Y方向において互いに反対側を向く。

[0072] 導波管210は、貫通孔211を有している。貫通孔211は、導波管2

10の上面210aから下面210bまで導波管210を貫通するように形成されている。導波管210は、貫通孔211を区画する内側面211c, 211d, 211e, 211fを有している。内側面211c, 211dは、X方向において互いに対向する。内側面211e, 211fは、Y方向において互いに対向する。導波路212は、内側面211c, 211d, 211e, 211fにより規定される。

[0073] 本実施形態の半導体装置3Aにおいて、導波路212は、X方向において、收容空間23の内側面22d寄りに配置されている。また、図10、図11に示すように、導波路212は、Y方向において、收容空間23の内側面22f寄り配置されている。この導波路212の配置位置は、收容空間23内に高次モードにて共振する電磁波の腹位置に設定されている。つまり、導波管210の導波路212は、收容空間23の幅寸法Wの方向（X方向）において、收容空間23内にて共振する電磁波の電界強度の腹位置にて收容空間23と連通している。また、導波管210の導波路212は、收容空間23の奥行寸法Dの方向（Y方向）において、收容空間23内にて共振する電磁波の電界強度の腹位置にて收容空間23と連通している。

[0074] （作用）

次に、本実施形態の半導体装置3Aの作用を説明する。

図12は、上記の半導体装置3Aのモデルであり、本実施形態の半導体装置3Aにおける電磁波の電界強度分布を模式的示す。なお、図12は、半導体素子30の発振点P1を含む平面における電界強度分布の一例を示す。

[0075] 図12において、矢印AAは、電界強度の腹位置を示し、矢印ABは、電界強度の節位置を示している。矢印AA, ABに導波路212を接続した場合の透過率S21をシミュレーションにより算出した。矢印AAの位置にて接続した導波路212における透過率S21は、-0.3dBである。一方、矢印ABの位置にて接続した導波路212における透過率S21は、-16.5dBである。したがって、図12において、Z方向から見て、導波路35に対して導波路212がずれていても、導波路212が電界強度の腹位

置にて收容空間 2 3 と接続されていれば、收容空間 2 3 と導波路 2 1 2 との間の結合率が高く、損失が低いこととなる。

[0076] (効果)

以上記述したように、本実施形態の半導体装置 3 A は、以下の効果を奏する。

(3-1) 第 1 実施形態の (1-1) ~ (1-5) と同様の効果を得ることができる。

[0077] (3-2) 半導体装置 3 A の導波路 2 1 2 は、收容空間 2 3 の中心からずれた位置に配置され、收容空間 2 3 と連通している。この導波路 2 1 2 は、收容空間 2 3 内にて共振する電磁波の電界強度の腹位置にて收容空間 2 3 と連通している。このように、收容空間 2 3 の中心からずれた位置に配置された導波路 2 1 2 を有する半導体装置 3 A においても、半導体素子 3 0 から放射される電磁波を高効率で取り出すことができる。

[0078] (第 4 実施形態)

以下、第 4 実施形態を説明する。

なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0079] 図 1 3、図 1 4 は、第 4 実施形態の半導体装置 4 A を示す。

本実施形態の半導体装置 4 A は、導波管 3 1 0、ベース 3 2 0、半導体素子 3 0 を有している。

[0080] 導波管 3 1 0 およびベース 3 2 0 は、半導体素子 3 0 が放射する電磁波に対する非透過性を有する導体材料により形成されている。この導体材料として、Cu、Cu 合金、Al、Al 合金、等の金属、またはこれらの表面に金めっきを施したものをを用いることができる。

[0081] 導波管 3 1 0 とベース 3 2 0 は、X 方向において互いに接続されている。導波管 3 1 0 とベース 3 2 0 は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、導波管 3 1 0 とベース 3 2 0 は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0082] 導波管 310 は、電磁波を伝送させる中空金属管であり、X 方向に延びる導波路 312 を有している。本実施形態の導波管 310 は、方形導波管である。

導波管 310 は、概略矩形状の外形を有している。導波管 310 は、X 方向において互いに反対側を向く第 1 側面 310a および第 2 側面 310b を有している。

[0083] 導波管 310 は、貫通孔 311 を有している。貫通孔 311 は、導波管 310 の第 1 側面 310a から第 2 側面 310b まで導波管 310 を貫通するように形成されている。導波管 310 は、貫通孔 311 を区画する内側面 311a, 311b, 311c, 311d を有している。内側面 311a, 311b は、Z 方向において互に対向する。内側面 311c, 311d は、Y 方向において互に対向する。つまり、導波管 310 は、X 方向から視て矩形環状に形成されている。導波路 312 は、導波管 310 の内側面 311a, 311b, 311c, 311d により規定される。

[0084] 導波路 312 は、半導体素子 30 が放射する電磁波が基本モードとして伝送されるように構成されている。導波路 312 の大きさは、基本モード伝搬を維持するために、伝送する電磁波の周波数帯によって決定される。図 14 に示すように、本実施形態において、導波路 312 の大きさは、Y 方向における導波路 312 の寸法 a と、Z 方向における導波路 312 の寸法 b により示される。寸法 a は、導波路 312 を規定する内側面 311c と内側面 311d との間の距離である。寸法 b は、導波路 312 を規定する内側面 311a と内側面 311b との間の距離である。本実施形態において、寸法 a は、寸法 b よりも大きい。つまり、本実施形態の導波路 312 は、導波路 312 が延びる X 方向から視て、Y 方向を長辺方向、Z 方向を短辺方向とする長方形形状である。

[0085] ベース 320 は、概略矩形状の外形を有している。

ベース 320 は、半導体素子 30 を収容する収容空間 323 を有している。本実施形態のベース 320 は、ベース本体 321 と、閉塞板 325 とを有

している。

- [0086] ベース本体 3 2 1 は、概略矩形状の外形を有している。ベース本体 3 2 1 は、第 1 側面 3 2 1 a および第 2 側面 3 2 1 b を有している。第 1 側面 3 2 1 a および第 2 側面 3 2 1 b は、X 方向において互いに反対側を向く。
- [0087] 閉塞板 3 2 5 は、X 方向から視て矩形板状の外形を有している。閉塞板 3 2 5 は、第 1 側面 3 2 5 a および第 2 側面 3 2 5 b を有している。第 1 側面 3 2 5 a および第 2 側面 3 2 5 b は、X 方向において互いに反対側を向く。
- [0088] ベース本体 3 2 1 は、導波管 3 1 0 に接続されている。閉塞板 3 2 5 は、ベース本体 3 2 1 に対して導波管 3 1 0 と反対側に配置されている。ベース本体 3 2 1 と閉塞板 3 2 5 とは、互いに接続されている。本実施形態において、ベース本体 3 2 1 の第 1 側面 3 2 1 a は、導波管 3 1 0 の第 2 側面 3 1 0 b に接続されている。ベース本体 3 2 1 の第 2 側面 3 2 1 b は、閉塞板 3 2 5 の第 1 側面 3 2 5 a に接続されている。ベース本体 3 2 1 と閉塞板 3 2 5 は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、ベース本体 3 2 1 と閉塞板 3 2 5 は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。
- [0089] 本実施形態のベース本体 3 2 1 は、X 方向から視て、矩形環状に形成されている。ベース本体 3 2 1 は、第 1 側面 3 2 1 a から第 2 側面 3 2 1 b まで、X 方向にベース本体 3 2 1 を貫通する貫通孔 3 2 2 を有している。貫通孔 3 2 2 は、ベース本体 3 2 1 の内側面 3 2 2 a, 3 2 2 b, 3 2 2 c, 3 2 2 d により規定される。内側面 3 2 2 a, 3 2 2 b は、Z 方向において互いに反対側を向く。内側面 3 2 2 c, 3 2 2 d は、Y 方向において互いに反対側を向く。内側面 3 2 2 a ~ 3 2 2 d により囲まれた空間は、半導体素子 3 0 を収容する収容空間 3 2 3 を構成する。
- [0090] 本実施形態の閉塞板 3 2 5 は、第 1 側面 3 2 5 a から第 2 側面 3 2 5 b まで X 方向に閉塞板 3 2 5 を貫通する収容孔 3 2 5 c を有している。収容孔 3 2 5 c は、支持基板 4 0 が閉塞板 3 2 5 を貫通するように形成されている。また、収容孔 3 2 5 c は、支持基板 4 0 の主導体 4 1 a が閉塞板 3 2 5 と接

触しないように形成されている。

[0091] 収容空間 3 2 3 は、Z 方向および Y 方向において、内側面 3 2 2 a ~ 3 2 2 d により規定される。また、収容空間 3 2 3 は、X 方向において、ベース 3 2 0 と接続される導波管 3 1 0 および閉塞板 3 2 5 により規定される。導波管 3 1 0 と閉塞板 3 2 5 は、ベース 3 2 0 に対して互いに反対側に配置され、ベース 3 2 0 と接続される。閉塞板 3 2 5 は、ベース本体 3 2 1 の貫通孔 3 2 2 を閉塞する。ベース 3 2 0 の貫通孔 3 2 2 に露出する導波管 3 1 0 の第 2 側面 3 1 0 b は、収容空間 3 2 3 を規定する第 1 内壁面 3 2 2 e である。また、ベース 3 2 0 の貫通孔 3 2 2 に露出する閉塞板 3 2 5 の第 1 側面 3 2 5 a は、収容空間 3 2 3 を規定する第 2 内壁面 3 2 2 f である。つまり、Z 方向における収容空間 3 2 3 の長さ寸法 L は、Z 方向において対向する内側面 3 2 2 a と内側面 3 2 2 b との間の距離である。X 方向における収容空間 3 2 3 の幅寸法 W は、X 方向におけるベース本体 3 2 1 の長さである。また、幅寸法 W は、第 1 内壁面 3 2 2 e と第 2 内壁面 3 2 2 f との間の距離でもある。図 1 4 に示すように、Y 方向における収容空間 3 2 3 の奥行寸法 D は、Y 方向において対向する内側面 3 2 2 c と内側面 3 2 2 d との間の距離である。

[0092] 図 1 3、図 1 4 に示すように、半導体素子 3 0 は、素子表面 3 0 a が Z 方向を向くように、収容空間 3 2 3 に配置されている。したがって、導波路 3 1 2 は、半導体素子 3 0 の素子表面 3 0 a と平行な X 方向に延びている。

[0093] 収容空間 3 2 3 に対する導波路 3 1 2 の接続位置は、収容空間 3 2 3 内に生じる電磁波の電界強度により設定される。導波路 3 1 2 は、収容空間 3 2 3 内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。収容空間 3 2 3 の大きさを規定する長さ寸法 L、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、導波路 3 1 2 が接続される位置を電界強度の腹位置とするように調整されると言える。一例では、図 1 3、図 1 4 に示すように、導波路 3 1 2 は、X 方向から見て、収容空間 3 2 3 の中央にて収容空間 3 2 3 と接続（連通）されている。

[0094] 半導体素子 30 は、Z 方向から視て、導波路 312 よりも大きい外形を有している。半導体素子 30 は、收容空間 323 に收容されている。したがって、收容空間 323 の長さ寸法 L は、導波路 312 の寸法 b よりも大きい。また、收容空間 323 の奥行寸法 D は、導波路 312 の寸法 a よりも大きい。

[0095] 收容空間 323 の大きさである幅寸法 W、および奥行寸法 D は、半導体素子 30 を收容するように設定されている。さらに、收容空間 323 の大きさである長さ寸法 L、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、收容空間 323 において、半導体素子 30 から放射される電磁波が高次モードにて共振するように設定されている。つまり、收容空間 323 は、電磁波が高次モードにて共振する共振空間である。

[0096] (効果)

以上記述したように、本実施形態の半導体装置 4 A は、以下の効果を奏する。

(4-1) 第 1 実施形態の (1-1) ~ (1-5) と同様の効果を得ることができる。

[0097] (4-2) 本実施形態の半導体装置 4 A は、半導体素子 30 の素子表面 30a と平行な X 方向に延びる導波路 312 に対して、半導体素子 30 から放射される電磁波を高効率で取り出すことができる。

[0098] (第 5 実施形態)

以下、第 5 実施形態を説明する。

なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0099] 図 15 から図 17 は、第 5 実施形態の半導体装置 5 A を示す。

本実施形態の半導体装置 5 A は、第 1 実施形態の半導体装置 1 A に対して、半導体素子 30 の配置位置が異なる。

[0100] 図 15、図 17 に示すように、本実施形態の半導体装置 5 A において、半導体素子 30 は、X 方向において、收容空間 23 を規定する内側面 22d 寄

りに配置されている。また、図 16、図 17 に示すように、半導体素子 30 は、Y 方向において、收容空間 23 を規定する内側面 22 f 寄り配置されている。さらに、図 15、図 16 に示すように、半導体素子 30 が実装された支持基板 40 は、Z 方向において、閉塞板 25 から離れて配置されている。

[0101] 本実施形態のベース 20 は、ベース本体 21 と閉塞板 25 とにより構成されている。この場合、ベース 20 のベース本体 21 は、導波管 10 寄りの第 1 部分 21 P1 と、閉塞板 25 寄りの第 2 部分 21 P2 とから構成することができる。

[0102] このように、半導体素子 30 が配置された收容空間 23 であっても、上記各実施形態と同様に、收容空間 23 内において、電磁波を高次モードで共振させることができる。

收容空間 23 の長さ寸法 L は、たとえば、半導体素子 30 の素子裏面 30 b から導波管 10 の下面 10 b までの第 1 長さ寸法 L1 と、素子裏面 30 b から閉塞板 25 の上面 25 a までの第 2 長さ寸法 L2 とにより規定される。なお、收容空間 23 の長さ寸法 L は、支持基板 40 の基板裏面 40 b から導波管 10 の下面 10 b までの長さ寸法と、基板裏面 40 b から閉塞板 25 の上面 25 a までの長さ寸法とにより規定することもできる。

[0103] 收容空間 23 は、收容空間 23 に対する導波路 12 の接続位置を、收容空間 23 内に生じた電磁波の電界強度の腹位置となるように設定される。言い換えると、收容空間 23 の大きさを規定する第 1 長さ寸法 L1、第 2 長さ寸法 L2、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、收容空間 23 に対する導波路 12 の接続位置を、電磁波の電界強度の腹位置とするように設定される。

[0104] (効果)

以上記述したように、本実施形態の半導体装置 5 A は、以下の効果を奏する。

(5-1) 第 1 実施形態の (1-1) ~ (1-5) と同様の効果を得ることができる。

[0105] (5-2) 半導体素子 30 は、たとえば実装の制限などによって、Z 方向

から視て収容空間 23 の中央からずれた位置や、Z 方向において導波管 10 の下面 10b から閉塞板 25 の上面 25a までの任意の位置に配置されることがある。このような場合であっても、収容空間 23 を規定する第 1 長さ寸法 L1、第 2 長さ寸法 L2、幅寸法 W、および奥行寸法 D は、収容空間 23 に対する導波路 12 の接続位置を、電磁波の電界強度の腹位置とすることができる。これにより、導波管 10 の導波路 12 に対して、半導体素子 30 から放射される電磁波を高効率で取り出すことができる。

[0106] (第 6 実施形態)

以下、第 6 実施形態を説明する。

なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0107] 図 18、図 19 は、第 6 実施形態の半導体装置 6A を示す。

本実施形態の半導体装置 6A は、2 つの導波管 10、60 と、2 つの導波管 10、60 の間のベース 520 とを有している。2 つの導波管 10、60 を区別するため、第 1 導波管 10、第 2 導波管 60 として説明する。第 1 導波管 10 とベース 520 と第 2 導波管 60 は、Z 方向においてこの順番で接続されている。第 1 導波管 10 とベース 520 との間と、ベース 520 と第 2 導波管 60 との間は、たとえば、導電性を有する接着材、フランジ、等によって互いに接続されている。なお、第 1 導波管 10 とベース 520、またはベース 520 と第 2 導波管 60、または第 1 導波管 10 とベース 520 と第 2 導波管 60 は、互いに接続された一体物として形成されてもよい。

[0108] 第 1 導波管 10 は、Z 方向に延びる第 1 導波路 12 を有している。

本実施形態のベース 520 は、ベース本体 21 により構成されている。ベース 520 は、第 1 導波管 10 寄りの第 1 部分 21P1 と、第 2 導波管 60 寄りの第 2 部分 21P2 とから構成することができる。

[0109] 第 2 導波管 60 は、電磁波を伝送させる中空金属管であり、Z 方向に延びる第 2 導波路 62 を有している。本実施形態の第 2 導波管 60 は、方形導波管である。

第2導波管60は、概略矩形状の外形を有している。第2導波管60は、上面60a、下面60b、外側面60c、60d、60e、60fを有している。上面60aおよび下面60bは、Z方向において、互いに反対側を向く。外側面60c、60dは、X方向において互いに反対側を向く。外側面60e、60fは、Y方向において互いに反対側を向く。

[0110] 第2導波路62は、第2導波管60の上面60aから下面60bまで第2導波管60を貫通するように形成されている。第2導波路62は、第2導波管60の内側面61c、61d、61e、61fにより規定される。内側面61c、61dは、X方向において互に対向する。内側面61e、61fは、Y方向において互に対向する。つまり、第2導波管60は、Z方向から見て矩形環状に形成されている。

[0111] 第2導波路62は、半導体素子30が放射する電磁波が基本モードとして伝送されるように構成されている。第2導波路62の大きさは、基本モード伝搬を維持するために、伝送する電磁波の周波数帯によって決定される。本実施形態において、第2導波路62の大きさは、第1導波路12の大きさと同じである。

[0112] 収容空間23は、X方向およびY方向において、内側面22c~22fにより規定される。また、収容空間23は、Z方向において、ベース520と接続される第1導波管10および第2導波管60により規定される。

[0113] 第1導波管10と第2導波管60は、ベース520に対して互いに反対側に配置され、ベース520と接続される。ベース520の貫通孔22に露出する第1導波管10の下面10bは、収容空間23を規定する第1内壁面22aである。第1内壁面22aは、導波管10の貫通孔11により、導波路12と連通する第1開口22a1を有している。また、ベース520の貫通孔22に露出する第2導波管60の上面60aは、収容空間23を規定する第2内壁面22bである。第2内壁面22bは、導波管60の貫通孔61により、導波路62と連通する第2開口22b1を有している。つまり、Z方向における収容空間23の長さ寸法Lは、Z方向におけるベース本体21の

長さである。また、長さ寸法 L は、第1内壁面22aと第2内壁面22bとの間の距離でもある。

[0114] 長さ寸法 L は、たとえば、支持基板40の基板表面40aに実装された半導体素子30の素子裏面30bから第1導波管10の下面10bまでの第1長さ寸法 L_1 と、素子裏面30bから第2導波管60の上面60aまでの第2長さ寸法 L_2 とにより規定される。X方向における収容空間23の幅寸法 W は、X方向において対向する内側面22cと内側面22dとの間の距離である。Y方向における収容空間23の奥行寸法 D は、Y方向において対向する内側面22eと内側面22fとの間の距離である。

[0115] 収容空間23に対する第1導波路12および第2導波路62の接続位置は、収容空間23内に生じる電磁波の電界強度により設定される。第1導波路12および第2導波路62は、半導体素子30から放射され、収容空間23内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。収容空間23の大きさを規定する第1長さ寸法 L_1 、第2長さ寸法 L_2 、幅寸法 W 、および奥行寸法 D は、第1導波路12および第2導波路62が接続される位置を電界強度の腹位置とするように調整されることができる。

[0116] (作用)

次に、本実施形態の半導体装置6Aの作用を説明する。

本実施形態の半導体装置6Aは、第1導波路12と第2導波路62とを有している。たとえば、第2導波路62を入力ポートとし、第1導波路12を出力ポートとする。第2導波路62により入力した電磁波は、第1導波路12から出力される。なお、第1導波路12を入力ポート、第2導波路62を出力ポートとしてもよい。

[0117] 半導体素子30により放射される電磁波は、収容空間23にて高次モードにて共振する。そして、第1導波路12は、共振する電磁波の電界強度における腹位置にて収容空間23と接続されている。したがって、半導体素子30から放射される電磁波は、第2導波路62から入力される電磁波に対して

重畳されて第1導波路12から出力される。したがって、この半導体装置6Aは、ミキサとして機能する。そして、半導体素子30は、アンテナ32（図3参照）を備え、重畳する電磁波を放出する機能デバイスである。

[0118] （効果）

以上記述したように、本実施形態の半導体装置6Aは、以下の効果を奏する。

（6-1）第1実施形態の（1-1）～（1-5）と同様の効果を得ることができる。

[0119] （6-2）本実施形態の半導体装置6Aは、第1導波路12と第2導波路62とを有している。たとえば、第2導波路62を入力ポートとし、第1導波路12を出力ポートとする。第2導波路62により入力した電磁波は、第1導波路12から出力される。したがって、入力ポートと出力ポートとを備えた半導体装置6Aを提供できる。

[0120] （6-3）半導体素子30は、アンテナ32を備え、重畳する電磁波を放出する機能デバイスである。半導体素子30から放射される電磁波は、第2導波路62から入力される電磁波に対して重畳されて第1導波路12から出力される。したがって、本実施形態は、ミキサとして機能する半導体装置6Aを提供することができる。

[0121] （第6実施形態の変更例）

図20は、第6実施形態の半導体装置6Aの変更例の半導体装置6Bを示す。この半導体装置6Bは、半導体素子30が第2導波管60の側を向くように配置されている。この半導体装置6Bは、第6実施形態の半導体装置6Aと同様の作用効果を得ることができる。

[0122] （第7実施形態）

以下、第7実施形態を説明する。

なお、この実施形態において、上記実施形態と同じ構成部材については同じ符号を付してその説明を省略する。

[0123] 図21～図23は、第7実施形態の半導体装置7Aを示す。

本実施形態の半導体装置 7 A は、導波管 6 1 0、ベース 2 0、半導体素子 3 0 を有している。

[0124] 本実施形態の導波管 6 1 0 は、2つの導波路 6 1 2, 6 1 4 を有している。2つの導波路 6 1 2, 6 1 4 は、X方向に並んで配置されている。なお、導波路 6 1 2, 6 1 4 の配置位置は、適宜変更されてもよい。たとえば、Y方向に並んで配置されてもよい。また、收容空間 2 3 の対角方向に並んで配置されてもよい。

[0125] 導波管 6 1 0 は、概略矩形状の外形を有している。導波管 6 1 0 は、上面 6 1 0 a、下面 6 1 0 b、外側面 6 1 0 c, 6 1 0 d, 6 1 0 e, 6 1 0 f を有している。上面 6 1 0 a および下面 6 1 0 b は、Z方向において、互いに反対側を向く。外側面 6 1 0 c, 6 1 0 d は、X方向において互いに反対側を向く。外側面 6 1 0 e, 6 1 0 f は、Y方向において互いに反対側を向く。

[0126] 導波管 6 1 0 は、貫通孔 6 1 1, 6 1 3 を有している。貫通孔 6 1 1, 6 1 3 は、導波管 6 1 0 の上面 6 1 0 a から下面 6 1 0 b まで導波管 6 1 0 を貫通するように形成されている。導波管 6 1 0 は、貫通孔 6 1 1 を区画する内側面 6 1 1 c, 6 1 1 d, 6 1 1 e, 6 1 1 f を有している。内側面 6 1 1 c, 6 1 1 d は、X方向において互いに対向する。内側面 6 1 1 e, 6 1 1 f は、Y方向において互いに対向する。第1導波路 6 1 2 は、導波管 6 1 0 の内側面 6 1 1 c, 6 1 1 d, 6 1 1 e, 6 1 1 f により規定される。また、導波管 6 1 0 は、貫通孔 6 1 3 を区画する内側面 6 1 3 c, 6 1 3 d, 6 1 3 e, 6 1 3 f を有している。内側面 6 1 3 c, 6 1 3 d は、X方向において互いに対向する。内側面 6 1 3 e, 6 1 3 f は、Y方向において互いに対向する。第2導波路 6 1 4 は、導波管 6 1 0 の内側面 6 1 3 c, 6 1 3 d, 6 1 3 e, 6 1 3 f により規定される。

[0127] 第1導波路 6 1 2 および第2導波路 6 1 4 は、半導体素子 3 0 が放射する電磁波が基本モードとして伝送されるように構成されている。第1導波路 6 1 2 および第2導波路 6 1 4 の大きさは、基本モード伝搬を維持するために

、伝送する電磁波の周波数帯によって決定される。本実施形態において、第1導波路612および第2導波路614の大きさは、X方向における導波路612、614の寸法aと、Y方向における導波路612、614の寸法bにより示される。寸法aは、導波路612、614を規定する内側面611c、613cと内側面611d、613dとの間の距離である。寸法bは、導波路612、614を規定する内側面611e、613eと内側面611f、613fとの間の距離である。本実施形態において、寸法aは、寸法bよりも大きい。つまり、本実施形態の導波路612、614は、導波路612、614が延びるZ方向から視て、X方向を長辺方向、Y方向を短辺方向とする長方形形状である。

[0128] 収容空間23に対する第1導波路612および第2導波路614の接続位置は、収容空間23内に生じる電磁波の電界強度により設定される。第1導波路612および第2導波路614はそれぞれ、収容空間23内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。収容空間23の大きさを規定する長さ寸法L、幅寸法W、および奥行寸法Dは、導波路612、614が接続される位置を電界強度の腹位置とするように調整されると言える。

[0129] (作用)

次に、本実施形態の半導体装置7Aの作用を説明する。

図24は、上記の半導体装置7Aのモデルであり、本実施形態の半導体装置7Aにおける電磁波の電界強度分布の一例を模式的に示す。

[0130] 図24において、導波路35は、図21～図23に示す半導体素子30を模擬したものであり、半導体素子30が放射する電磁波を基本モードにて伝送するように設定されている。この導波路35は、図21、図22に示す収容空間23を規定する閉塞板25の上面25aにおいて、収容空間23と連通している。導波路35から収容空間23内に放射された電磁波は、収容空間23内にて高次モードで共振する。そして、電磁波は、第1導波路612と第2導波路614から出力される。

[0131] 図25は、図24に示すモデルにおいて、導波路35から入力される電磁波の電界強度と、第1導波路612と第2導波路614から出力される電磁波の電界強度との透過率の周波数依存線を示す。たとえば、破線LD2にて示す周波数において、ほぼ1/2（-3dB）の透過率が得られる。この周波数において、収容空間23に入力する電磁波、つまり半導体素子30が放射する電磁波を、第1導波路612と第2導波路614とにそれぞれ均等な電界強度にて出力することができることが判る。したがって、収容空間23に対して第1導波路612および第2導波路614の結合率が高く、損失が低いことになる。

[0132] （効果）

以上記述したように、本実施形態の半導体装置7Aは、以下の効果を奏する。

（7-1）第1実施形態の（1-1）～（1-5）と同様の効果を得ることができる。

[0133] （7-2）本実施形態の半導体装置7Aにおいて、導波管610は、2つの導波路612、614を有している。2つの導波路612、614はそれぞれ、収容空間23内に生じる高次モードの電界強度に対して、電界強度の腹位置となるように設定されている。したがって、この半導体装置7Aは、半導体素子30を収容する収容空間23に対して結合率の高い2つの導波路612、614を有する。そして、半導体装置7Aは、低い損失にて2つの導波路612、614から基本モードの電磁波を出力することができる。

[0134] （変更例）

上記実施形態は例えば以下のように変更できる。上記実施形態と以下の各変更例は、技術的な矛盾が生じない限り、互いに組み合わせることができる。なお、以下の変更例において、上記実施形態と共通する部分については、上記実施形態と同一の符号を付してその説明を省略する。

[0135] ・半導体素子30が有するアンテナ32は、適宜変更することができる。たとえば、図26には、スロットアンテナ32aを有する半導体素子30が

示されている。図 27 には、八木・宇田アンテナ 32b を有する半導体素子 30 が示されている。図 28 には、ボウタイアンテナ 32c を有する半導体素子 30 が示されている。図 29 には、パッチアンテナ 32d を有する半導体素子 30 が示されている。図 30 には、テーパースロットアンテナ 32e を有する半導体素子 30 が示されている。なお、アンテナ 32 として、リングアンテナ、等を用いることもできる。

[0136] ・上記各実施形態では、電磁波を放射する半導体素子 30、つまり電磁波を放射する機能を持つデバイスを含む構成としたが、その他の機能を持つデバイスを含む構成としてもよい。

[0137] たとえば、第 6 実施形態の半導体装置 6A および変更例の半導体装置 6B は、電磁波を入力する第 2 導波路 62 と、電磁波を出力する第 1 導波路 12 とを含む。このように入出力する電磁波に対して、たとえば電磁波を透過するとともに、電磁波に対して透過率に周波数特性を含むデバイスを機能デバイスとして、半導体素子 30 に代えて搭載する。このように機能デバイスを搭載した電磁波装置は、所謂フィルタである。このように入出力ポートを含む電磁波装置を提供することができる。

[0138] また、半導体素子 30 に代えて、機械的な駆動部を持ち、第 2 導波路 62 から第 1 導波路 12 への電磁波の通過と遮断とを制御する機能デバイスを搭載する。機械的な駆動部は、たとえば図 18 に示すコネクタ 51 から供給する制御信号により動作する。このように機能デバイスを搭載した電磁波装置は、所謂チョッパである。このように入出力ポートを含む電磁波装置を提供することができる。

[0139] ・第 2 実施形態の半導体装置 2A において、円形導波管である導波管 110 の導波路 112 の位置は、第 3 実施形態の半導体装置 3A と同様に、適宜変更されてもよい。

・第 7 実施形態の半導体装置 7A に対して、導波管 610 は、3 つ以上の導波路を備える構成としてもよい。

[0140] 本開示で使用される Z 方向は必ずしも鉛直方向である必要はなく、鉛直方

向に完全に一致している必要もない。したがって、本開示による種々の構造は、本明細書で説明されるZ方向の「上」および「下」が鉛直方向の「上」および「下」であることに限定されない。例えば、X方向が鉛直方向であってもよく、またはY方向が鉛直方向であってもよい。また、「上面」「下面」「側面」などの名称は、図2に示す上下の関係で付した名称であり、様々な姿勢で使用されるから、「上面」や「側面」が下側の面となる場合もある。

[0141] 本開示における記述「A及びBの少なくとも一つ」は、「Aのみ、または、Bのみ、または、AとBの両方」を意味するものとして理解されたい。

(付記)

本開示から把握できる技術的思想を以下に記載する。なお、限定する意図ではなく理解の補助のために、付記に記載される構成要素には、実施形態中の対応する構成要素の参照符号が付されている。参照符号は、理解の補助のために例として示すものであり、各付記に記載された構成要素は、参照符号で示される構成要素に限定されるべきではない。

[0142] (付記1)

電磁波を発振および放射する半導体素子(30)と、

前記半導体素子(30)を収容する収容空間(23)を有するベース(20, 120, 320, 520)と、

前記収容空間(23)と連通する第1導波路(12)を有する第1導波管(10)と、

を備え、

前記第1導波路(12)は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成され、

前記収容空間(23)は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間である、

半導体装置。

[0143] (付記2)

前記第1導波路(12)は、前記半導体素子(30)により前記收容空間(23)内に生じた前記電磁波の電界強度の腹位置にて前記收容空間(23)と連通している、付記1に記載の半導体装置。

[0144] (付記3)

前記半導体素子(30)の厚さ方向を第1方向、前記半導体素子(30)の素子表面(30a)と平行な方向を第2方向とし、

前記第1導波路(12)は、前記第1方向に延びるように形成されている、付記1または付記2に記載の半導体装置。

[0145] (付記4)

前記第1導波路(12)は、前記第1方向から視て、前記半導体素子(30)の発振点および放射点に対して重ならない位置にて前記收容空間(23)と連通している、付記3に記載の半導体装置。

[0146] (付記5)

前記第1方向から視て、前記第1導波路(12)は、前記收容空間(23)の中央にて前記收容空間(23)と連通しており、

前記半導体素子(30)は、前記第1方向から視て、発振点および放射点が前記第1導波路(12)と重ならない位置に配置されている、

付記3または付記4に記載の半導体装置。

[0147] (付記6)

前記第1導波路(12)は、前記第1方向から視て矩形状であり、

前記收容空間(23)は、前記第1方向から視て矩形状であり、

前記收容空間(23)は、前記第1方向における長さ寸法(L)と、前記第2方向における幅寸法(W)と、前記第1方向および前記第2方向と直交する第3方向における奥行寸法(D)と、によって規定され、

前記幅寸法(W)および前記奥行寸法(D)の少なくとも一方は、前記第1導波路(12)の内径寸法(a, b)よりも大きい、

付記3から付記5のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0148] (付記7)

前記第1導波路(12)は、前記第1方向から視て円形状であり、
前記收容空間(23)は、前記第1方向から視て円形状であり、
前記收容空間(23)は、前記第1方向における長さ寸法(L)と、前記第2方向における内径寸法(D2)と、によって規定され、
前記收容空間(23)の前記内径寸法(D2)は、前記第1導波路(12)の内径寸法(D1)よりも大きい、
付記3から付記5のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0149] (付記8)

前記收容空間(23)は、前記第1方向において互いに対向する第1内壁面および第2内壁面により規定され、
前記半導体素子(30)は、前記第1内壁面および前記第2内壁面から離れて配置され、
前記長さ寸法(L)は、前記半導体素子(30)の素子裏面(30b)から前記第1内壁面までの第1長さ寸法(L1)と、前記半導体素子(30)の素子裏面(30b)から前記第2内壁面までの第2長さ寸法(L2)とを含む、付記6または付記7に記載の半導体装置。

[0150] (付記9)

前記半導体素子(30)が実装された基板表面(40a)と、前記基板表面(40a)とは反対側を向く基板裏面(40b)と、を有する支持基板(40)を備えた、付記3から付記8のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0151] (付記10)

前記支持基板(40)は、前記基板表面(40a)が前記第1導波管(10)に向くように、前記ベース(20)に取着されている、付記9に記載の半導体装置。

[0152] (付記11)

前記支持基板(40)は、前記基板裏面(40b)が前記第1導波管(10)に向くように、前記ベース(20)に取着されている、付記9に記載の半導体装置。

[0153] (付記 1 2)

前記半導体素子 (3 0) の厚さ方向を第 1 方向、前記半導体素子 (3 0) の素子表面 (3 0 a) と平行な方向を第 2 方向とし、

前記第 1 導波路 (1 2) は、前記第 2 方向に延びるように形成されている、付記 1 または付記 2 に記載の半導体装置。

[0154] (付記 1 3)

前記收容空間 (2 3) は、前記第 1 方向から視て矩形状であり、

前記收容空間 (2 3) は、前記第 1 方向における長さ寸法 (L) と、前記第 2 方向における幅寸法 (W) と、前記第 1 方向および前記第 2 方向と直交する第 3 方向における奥行寸法 (D) と、によって規定され、

前記長さ寸法 (L) および前記奥行寸法 (D) の少なくとも一方は、前記第 1 導波路 (1 2) の内径寸法 (a, b) よりも大きい、

付記 1 2 に記載の半導体装置。

[0155] (付記 1 4)

前記收容空間 (2 3) と連通する第 2 導波路 (6 2) を有する第 2 導波管 (6 0) を備え、

前記第 2 導波路 (6 2) は、前記收容空間 (2 3) に対して前記第 1 導波路 (1 2) とは反対側に設けられ、

前記第 2 導波路 (6 2) は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成されている、

付記 3 から付記 1 1 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0156] (付記 1 5)

前記第 1 導波管 (6 1 0) は、前記第 1 導波路 (6 1 2) と並んで配置され、前記第 1 方向に沿って延びる第 2 導波路 (6 1 4) を備え、

前記第 2 導波路 (6 1 4) は、前記第 1 方向から視て、前記第 1 導波路 (6 1 2) と異なる位置に配置され、

前記第 2 導波路 (6 1 4) は、前記半導体素子 (3 0) により前記收容空間 (2 3) 内に生じる前記電磁波の電界強度の腹位置にて前記收容空間 (2

３）と連通している、

付記３から付記１１のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0157] （付記１６）

前記第１導波路（６１２）と前記第２導波路（６１４）は、前記第２方向に並んで配置されている、付記１５に記載の半導体装置。

[0158] （付記１７）

前記第１導波路（６１２）と前記第２導波路（６１４）は、前記第１方向および前記第２方向と直交する第３方向に並んで配置されている、付記１５に記載の半導体装置。

[0159] （付記１８）

前記半導体素子（３０）は、発振点に、前記電磁波と電気エネルギーとの変換を行う能動素子（３１）を有する、付記１から付記１７のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0160] （付記１９）

前記半導体素子（３０）は、前記能動素子（３１）に接続され、素子表面（３０ａ）と直交する方向（Ｚ）を前記電磁波の放射方向とするアンテナ（３２）を備えた、付記１８に記載の半導体装置。

[0161] （付記２０）

前記アンテナ（３２）は、ダイポールアンテナ、ボウタイアンテナ、スロットアンテナ、パッチアンテナ、リングアンテナのいずれかである、付記１９に記載の半導体装置。

[0162] （付記２１）

前記半導体素子（３０）は、前記能動素子（３１）に接続され、素子表面（３０ａ）と平行な方向（Ｘ）を前記電磁波の放射方向とするアンテナ（３２）を備えた、付記１８に記載の半導体装置。

[0163] （付記２２）

前記アンテナ（３２）は、テーパースロットアンテナ、八木・宇田アンテナ、ボウタイアンテナ、ダイポールアンテナ、のいずれかである、付記２１

に記載の半導体装置。

[0164] (付記 2 3)

前記半導体素子 (3 0) は、テラヘルツ帯の電磁波を発振するテラヘルツ素子である、付記 1 8 から付記 2 2 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0165] (付記 2 4)

前記能動素子 (3 1) は、共鳴トンネルダイオード、タンネットダイオード、インパットダイオード、GaAs 系電界効果トランジスタ、GaN 系 FET、高電子移動度トランジスタ、ヘテロ接合バイポーラトランジスタのいずれかである、付記 1 8 から付記 2 3 のいずれか一つに記載の半導体装置。

[0166] (付記 2 5)

基本モードの電磁波を伝送する第 1 導波路 (1 2) を有する導波管が接続される半導体装置であって、

電磁波を発および放射する半導体素子 (3 0) と、

前記半導体素子 (3 0) を収容する収容空間 (2 3) を有するベース (2 0) と、

を備え、

前記収容空間 (2 3) は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間であり、

前記ベース (2 0) は、前記収容空間 (2 3) と前記第 1 導波路 (1 2) とを連通するように、前記導波管に接続される、

半導体装置。

[0167] (付記 2 6)

電磁波に対する所定の機能を有する機能デバイス (3 0) と、

前記機能デバイスを収容する収容空間 (2 3) を有するベース (2 0) と、

前記収容空間 (2 3) と連通する第 1 導波路 (1 2) を有する第 1 導波管 (1 0) と、

前記収容空間 (2 3) と連通する第 2 導波路 (6 2) を有する第 2 導波管

(60) と、

を備え、

前記第1導波路(12)および前記第2導波路(62)は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成され、

前記第2導波路(62)は、前記收容空間(23)に対して前記第1導波路(12)とは反対側に設けられ、

前記收容空間(23)は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間である、

電磁波装置。

[0168] (付記27)

前記收容空間(23)は、互いに対向する第1内壁面(22a)および第2内壁面(22b)により規定され、

前記第1内壁面は、前記第1導波路(12)に連通する第1開口(22a1)を有し、

前記第2内壁面は、前記第2導波路(62)に連通する第2開口(22b1)を有し、

前記機能デバイス(30)は、前記第1内壁面(22a)および前記第2内壁面(22b)から離れて配置されている、

付記26に記載の電磁波装置。

[0169] (付記28)

前記機能デバイス(30)は、電磁波を放射するアンテナ(32)を有する、付記26または付記27に記載の電磁波装置。

[0170] (付記29)

前記機能デバイス(30)は、前記電磁波を透過するとともに、前記電磁波に対して透過率に周波数特性を有する、付記26または付記27に記載の電磁波装置。

[0171] (付記30)

前記機能デバイス(30)は、機械的な駆動部を持ち、前記第2導波路(

6 2) から前記第 1 導波路 (1 2) への前記電磁波の通過と遮断とを制御する、付記 2 6 または付記 2 7 に記載の電磁波装置。

[0172] 以上の説明は単に例示である。本開示の技術を説明する目的のために列挙された構成要素および方法（製造プロセス）以外に、より多くの考えられる組み合わせおよび置換が可能であることを当業者は認識し得る。本開示は、特許請求の範囲および付記を含む本開示の範囲内に含まれるすべての代替、変形、および変更を包含することが意図される。

符号の説明

[0173] 1 A ~ 7 A, 6 B 半導体装置

1 0 導波管 (第 1 導波管)

1 0 a 上面

1 0 b 下面

1 0 c ~ 1 0 f 外側面

1 1 貫通孔

1 1 c ~ 1 1 f 内側面

1 2 導波路 (第 1 導波路)

2 0 ベース

2 1 ベース本体

2 1 a 上面

2 1 b 下面

2 1 c ~ 2 1 f 外側面

2 2 貫通孔

2 2 a 第 1 内壁面

2 2 a 1 第 1 開口

2 2 b 1 第 2 開口

2 2 b 第 2 内壁面

2 2 c ~ 2 2 f 内側面

2 3 収容空間

- 2 5 閉塞板
- 2 5 a 上面
- 2 5 b 下面
- 2 5 c ~ 2 5 f 外側面
- 3 0 半導体素子
- 3 0 a 素子表面
- 3 0 b 素子裏面
- 3 1 能動素子
- 3 2 アンテナ
- 3 2 a スロットアンテナ
- 3 2 b 八木・宇田アンテナ
- 3 2 c ボウタイアンテナ
- 3 2 d パッチアンテナ
- 3 2 e テーパースロットアンテナ
- 3 3 a 第1導電部
- 3 3 b 第2導電部
- 3 4 a 第1電極
- 3 4 b 第2電極
- 3 5 導波路
- 4 0 支持基板
- 4 0 a 基板表面
- 4 0 b 基板裏面
- 4 1 給電用線路
- 4 1 a 主導体
- 4 1 b 接地導体
- 5 1 コネクタ
- 5 2 ワイヤ
- 6 0 導波管（第2導波管）

6 0 a 上面
6 0 b 下面
6 0 c ~ 6 0 f 外側面
6 1 貫通孔
6 1 c ~ 6 1 f 内側面
6 2 導波路（第 2 導波路）
1 1 0 導波管
1 1 0 a 上面
1 1 0 b 下面
1 1 0 c 外周面
1 1 1 貫通孔
1 1 1 c 内周面
1 1 2 導波路
1 2 0 ベース
1 2 1 ベース本体
1 2 1 a 上面
1 2 1 b 下面
1 2 1 c 外周面
1 2 2 貫通孔
1 2 2 a 第 1 内壁面
1 2 2 a 1 開口
1 2 2 b 第 2 内壁面
1 2 2 c 内周面
1 2 3 収容空間
1 2 5 閉塞板
1 2 5 a 上面
2 1 0 導波管
2 1 2 導波路

2 1 P 1 第 1 部分
2 1 P 2 第 2 部分
2 4 1 第 1 收容凹部
2 4 2 第 2 收容凹部
3 1 0 導波管
3 1 0 a 第 1 側面
3 1 0 b 第 2 側面
3 1 1 a ~ 3 1 1 d 内側面
3 1 2 導波路
3 2 0 ベース
3 2 1 ベース本体
3 2 1 a 第 1 側面
3 2 1 b 第 2 側面
3 2 2 貫通孔
3 2 2 a ~ 3 2 2 d 内側面
3 2 2 e 第 1 内壁面
3 2 2 f 第 2 内壁面
3 2 3 收容空間
3 2 5 閉塞板
3 2 5 a 第 1 側面
3 2 5 b 第 2 側面
3 2 5 c 收容孔
5 2 0 ベース
6 1 0 導波管
6 1 0 a 上面
6 1 0 b 下面
6 1 0 c ~ 6 1 0 f 外側面
6 1 1 c ~ 6 1 1 f 内側面

6 1 2 導波路（第 1 導波路）

6 1 3 c ～ 6 1 3 f 内側面

6 1 4 導波路（第 2 導波路）

1 2 4 1 第 1 收容凹部

1 2 4 2 第 2 收容凹部

λ 波長

A A 矢印

A B 矢印

L 長さ寸法

L 1 第 1 長さ寸法

L 2 第 2 長さ寸法

D 奥行寸法

W 幅寸法

D 1 内径寸法

D 2 内径寸法

a 寸法

b 寸法

L D 1 破線

L D 2 破線

P 1 発振点

P 2 放射点

S 2 1 透過率

請求の範囲

- [請求項1] 電磁波を発振および放射する半導体素子と、
前記半導体素子を収容する収容空間を有するベースと、
前記収容空間と連通する第1導波路を有する第1導波管と、
を備え、
前記第1導波路は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成され、
前記収容空間は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間である、
半導体装置。
- [請求項2] 前記第1導波路は、前記半導体素子により前記収容空間内に生じた前記電磁波の電界強度の腹位置にて前記収容空間と連通している、請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記半導体素子の厚さ方向を第1方向、前記半導体素子の素子表面と平行な方向を第2方向とし、
前記第1導波路は、前記第1方向に延びるように形成されている、請求項1または請求項2に記載の半導体装置。
- [請求項4] 前記第1導波路は、前記第1方向から視て、前記半導体素子の発振点および放射点に対して重ならない位置にて前記収容空間と連通している、請求項3に記載の半導体装置。
- [請求項5] 前記第1方向から視て、前記第1導波路は、前記収容空間の中央にて前記収容空間と連通しており、
前記半導体素子は、前記第1方向から視て、発振点および放射点が前記第1導波路と重ならない位置に配置されている、
請求項3または請求項4に記載の半導体装置。
- [請求項6] 前記第1導波路は、前記第1方向から視て矩形状であり、
前記収容空間は、前記第1方向から視て矩形状であり、
前記収容空間は、前記第1方向における長さ寸法と、前記第2方向

における幅寸法と、前記第 1 方向および前記第 2 方向と直交する第 3 方向における奥行寸法と、によって規定され、

前記幅寸法および前記奥行寸法の少なくとも一方は、前記第 1 導波路の内径寸法よりも大きい、

請求項 3 から請求項 5 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項 7]

前記第 1 導波路は、前記第 1 方向から視て円形状であり、

前記收容空間は、前記第 1 方向から視て円形状であり、

前記收容空間は、前記第 1 方向における長さ寸法と、前記第 2 方向における内径寸法と、によって規定され、

前記收容空間の前記内径寸法は、前記第 1 導波路の内径寸法よりも大きい、

請求項 3 から請求項 5 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項 8]

前記收容空間は、前記第 1 方向において互いに対向する第 1 内壁面および第 2 内壁面により規定され、

前記半導体素子は、前記第 1 内壁面および前記第 2 内壁面から離れて配置され、

前記長さ寸法は、前記半導体素子の素子裏面から前記第 1 内壁面までの第 1 長さ寸法と、前記半導体素子の素子裏面から前記第 2 内壁面までの第 2 長さ寸法とを含む、請求項 6 または請求項 7 に記載の半導体装置。

[請求項 9]

前記半導体素子が実装された基板表面と、前記基板表面とは反対側を向く基板裏面と、を有する支持基板を備えた、請求項 3 から請求項 8 のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項 10]

前記支持基板は、前記基板表面が前記第 1 導波管に向くように、前記ベースに取着されている、請求項 9 に記載の半導体装置。

[請求項 11]

前記支持基板は、前記基板裏面が前記第 1 導波管に向くように、前記ベースに取着されている、請求項 9 に記載の半導体装置。

[請求項 12]

前記半導体素子の厚さ方向を第 1 方向、前記半導体素子の素子表面

と平行な方向を第2方向とし、

前記第1導波路は、前記第2方向に延びるように形成されている、
請求項1または請求項2に記載の半導体装置。

[請求項13]

前記收容空間は、前記第1方向から視て矩形状であり、

前記收容空間は、前記第1方向における長さ寸法と、前記第2方向における幅寸法と、前記第1方向および前記第2方向と直交する第3方向における奥行寸法と、によって規定され、

前記長さ寸法および前記奥行寸法の少なくとも一方は、前記第1導波路の内径寸法よりも大きい、

請求項12に記載の半導体装置。

[請求項14]

前記收容空間と連通する第2導波路を有する第2導波管を備え、

前記第2導波路は、前記收容空間に対して前記第1導波路とは反対側に設けられ、

前記第2導波路は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成されている、

請求項3から請求項11のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項15]

前記第1導波管は、前記第1導波路と並んで配置され、前記第1方向に沿って延びる第2導波路を備え、

前記第2導波路は、前記第1方向から視て、前記第1導波路と異なる位置に配置され、

前記第2導波路は、前記半導体素子により前記收容空間内に生じる前記電磁波の電界強度の腹位置にて前記收容空間と連通している、

請求項3から請求項11のいずれか一項に記載の半導体装置。

[請求項16]

前記第1導波路と前記第2導波路は、前記第2方向に並んで配置されている、請求項15に記載の半導体装置。

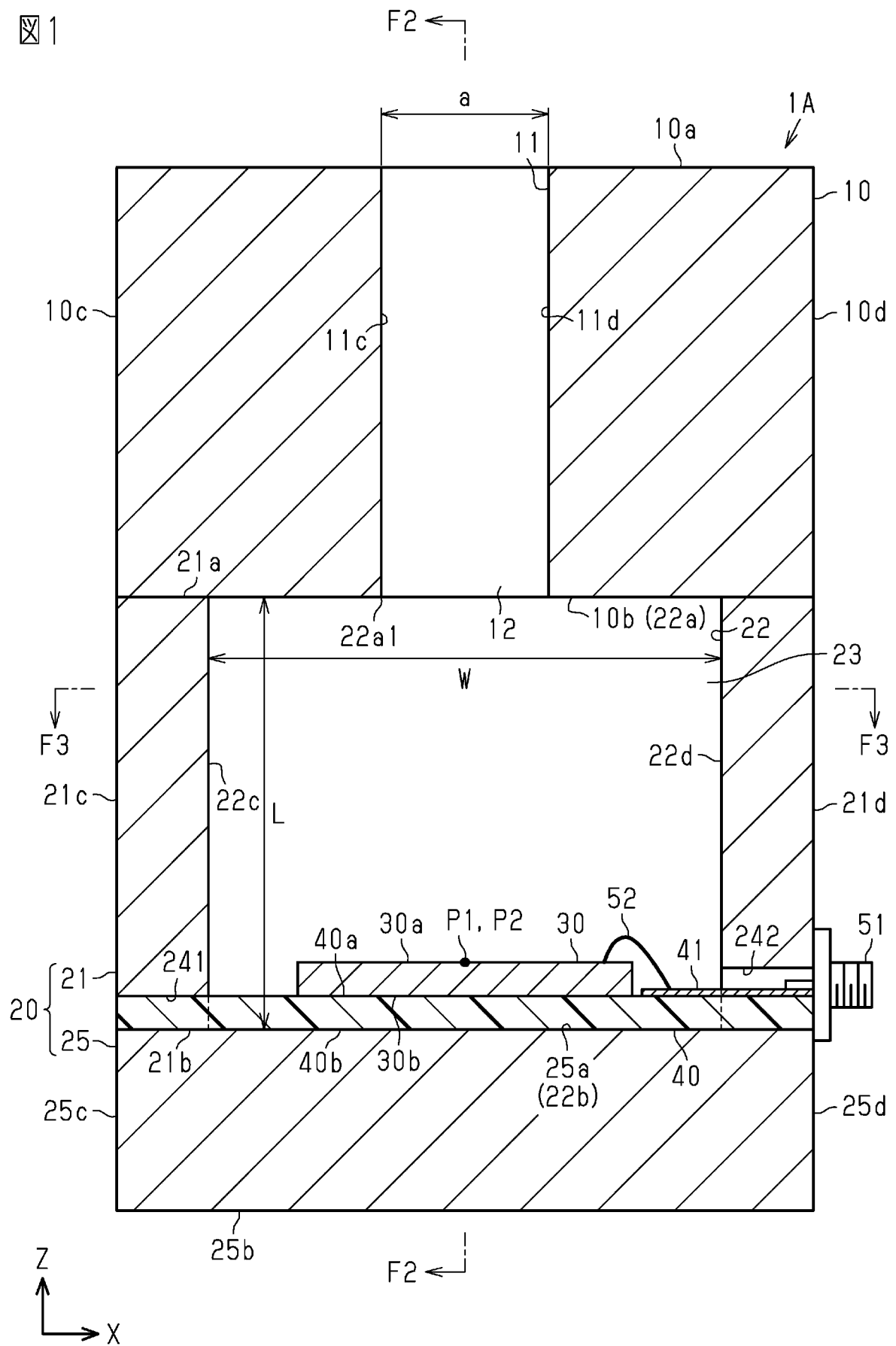
[請求項17]

前記第1導波路と前記第2導波路は、前記第1方向および前記第2方向と直交する第3方向に並んで配置されている、請求項15に記載の半導体装置。

- [請求項18] 電磁波に対する所定の機能を有する機能デバイスと、
前記機能デバイスを収容する収容空間を有するベースと、
前記収容空間と連通する第1導波路を有する第1導波管と、
前記収容空間と連通する第2導波路を有する第2導波管と、
を備え、
前記第1導波路および前記第2導波路は、前記電磁波が基本モードにて伝送されるように構成され、
前記第2導波路は、前記収容空間に対して前記第1導波路とは反対側に設けられ、
前記収容空間は、前記電磁波が高次モードにて共振する共振空間である、
電磁波装置。
- [請求項19] 前記収容空間は、互いに対向する第1内壁面および第2内壁面により規定され、
前記第1内壁面は、前記第1導波路に連通する第1開口を有し、
前記第2内壁面は、前記第2導波路に連通する第2開口を有し、
前記機能デバイスは、前記第1内壁面および前記第2内壁面から離れて配置されている、
請求項18に記載の電磁波装置。

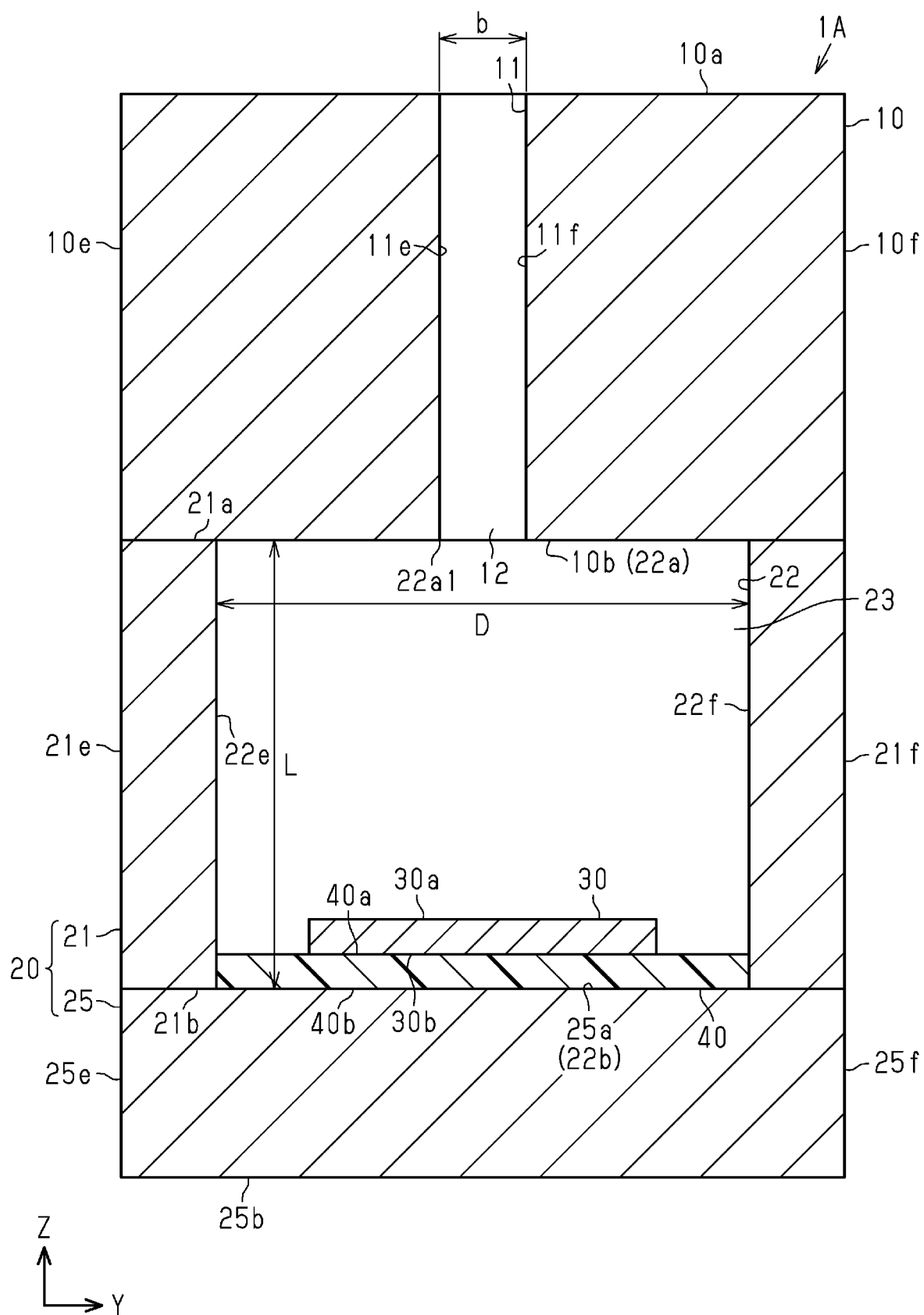
[図1]

図1



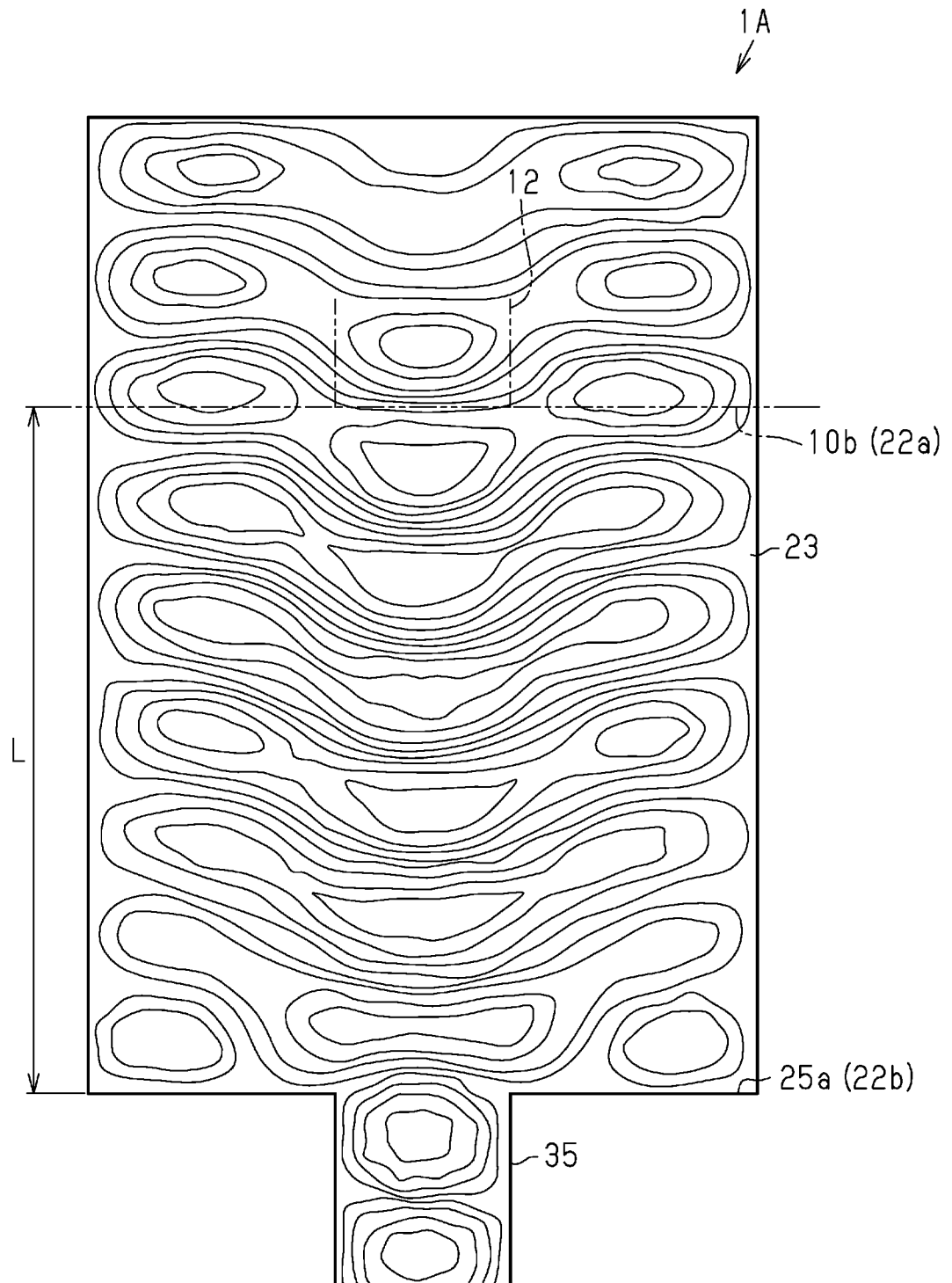
[図2]

図2



[図4]

図4



[図5]

図5

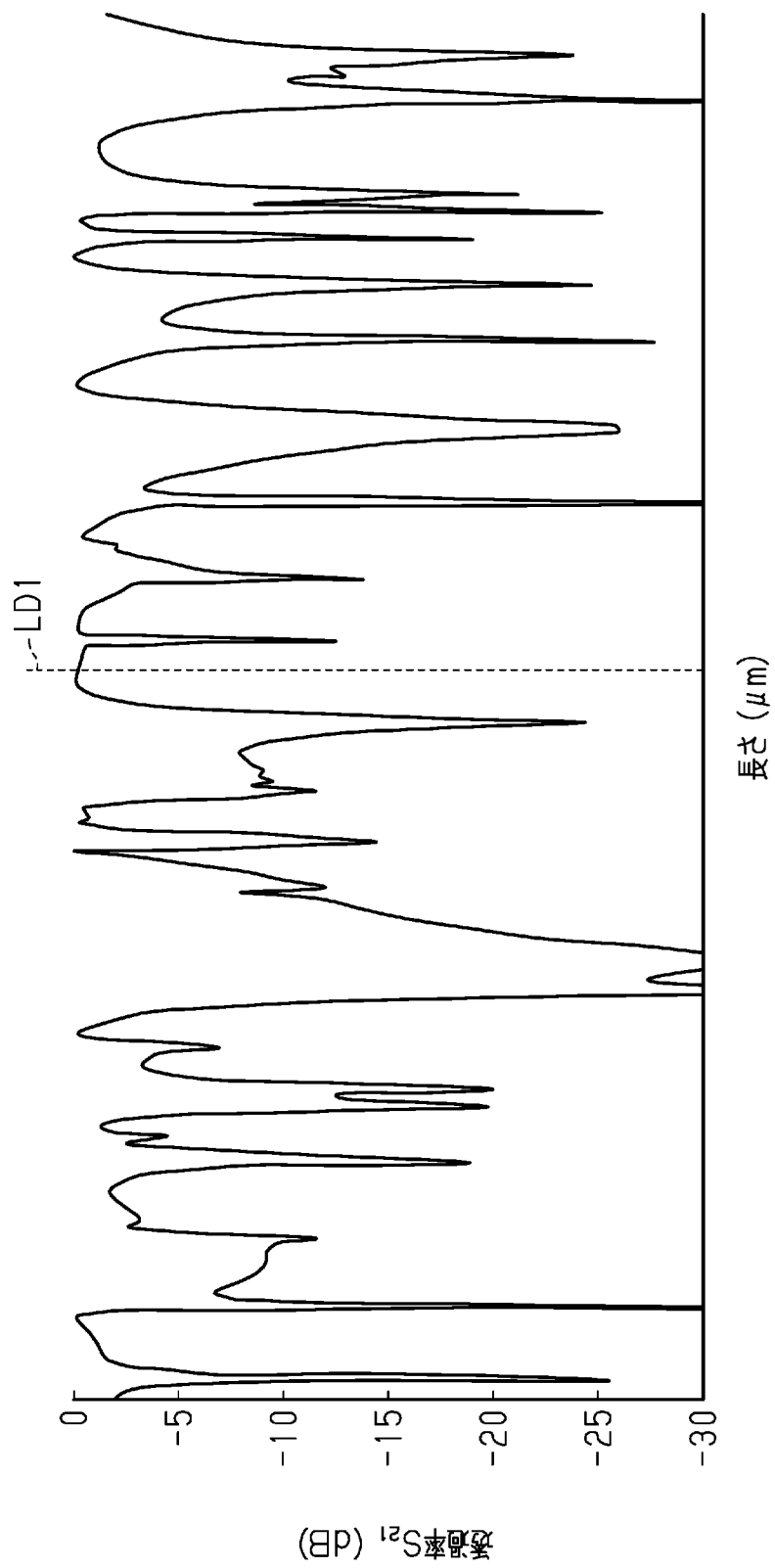
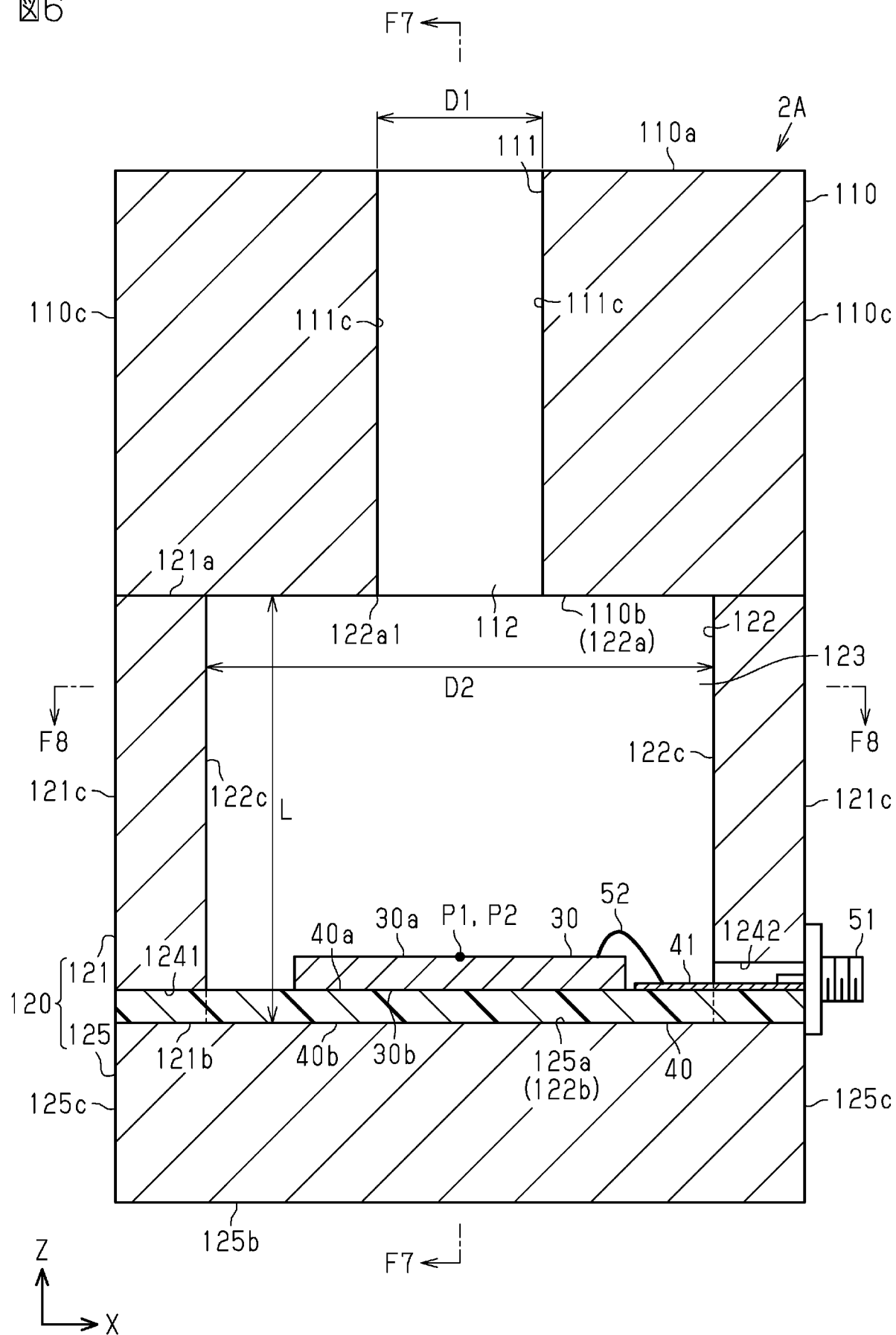
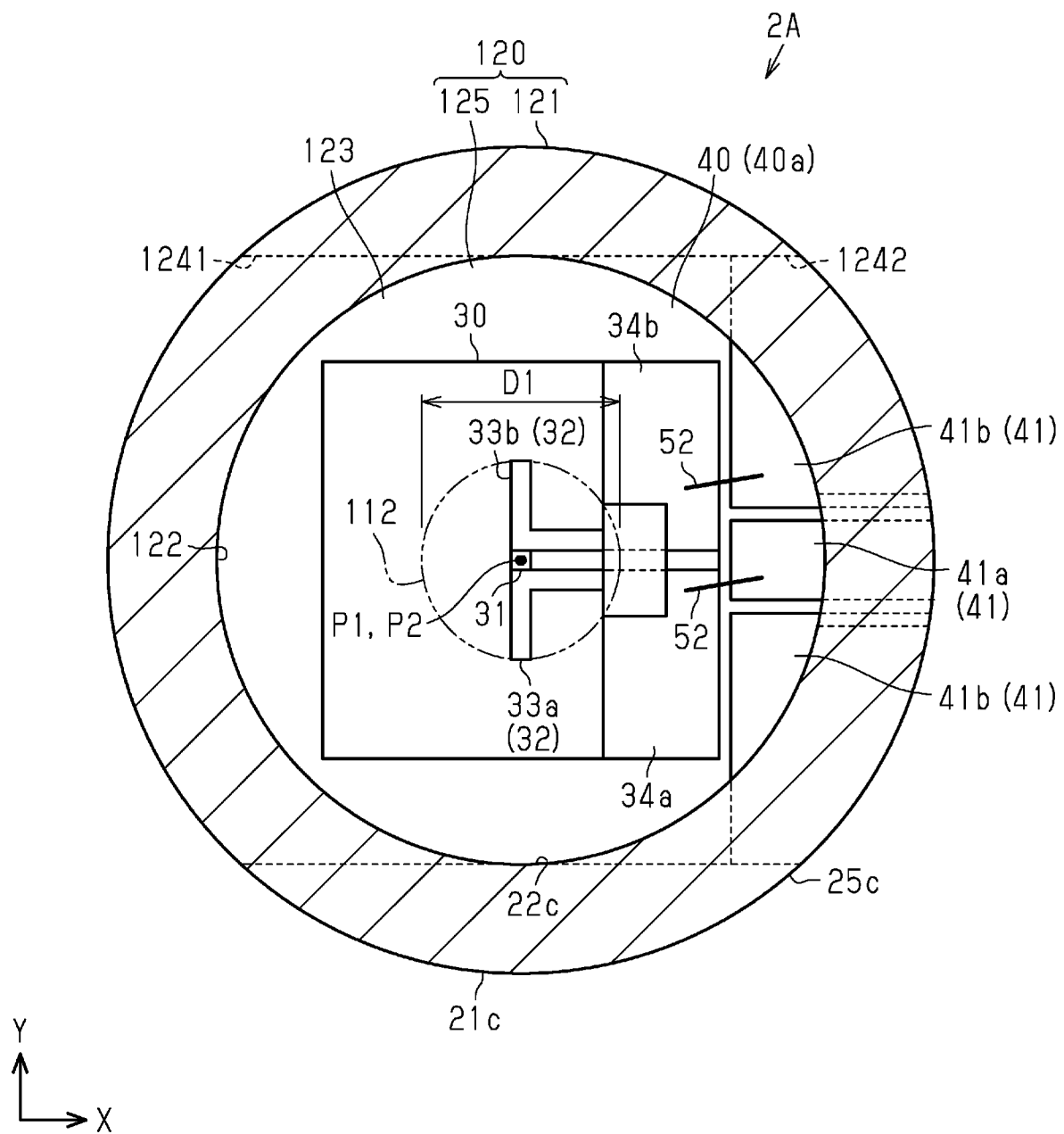
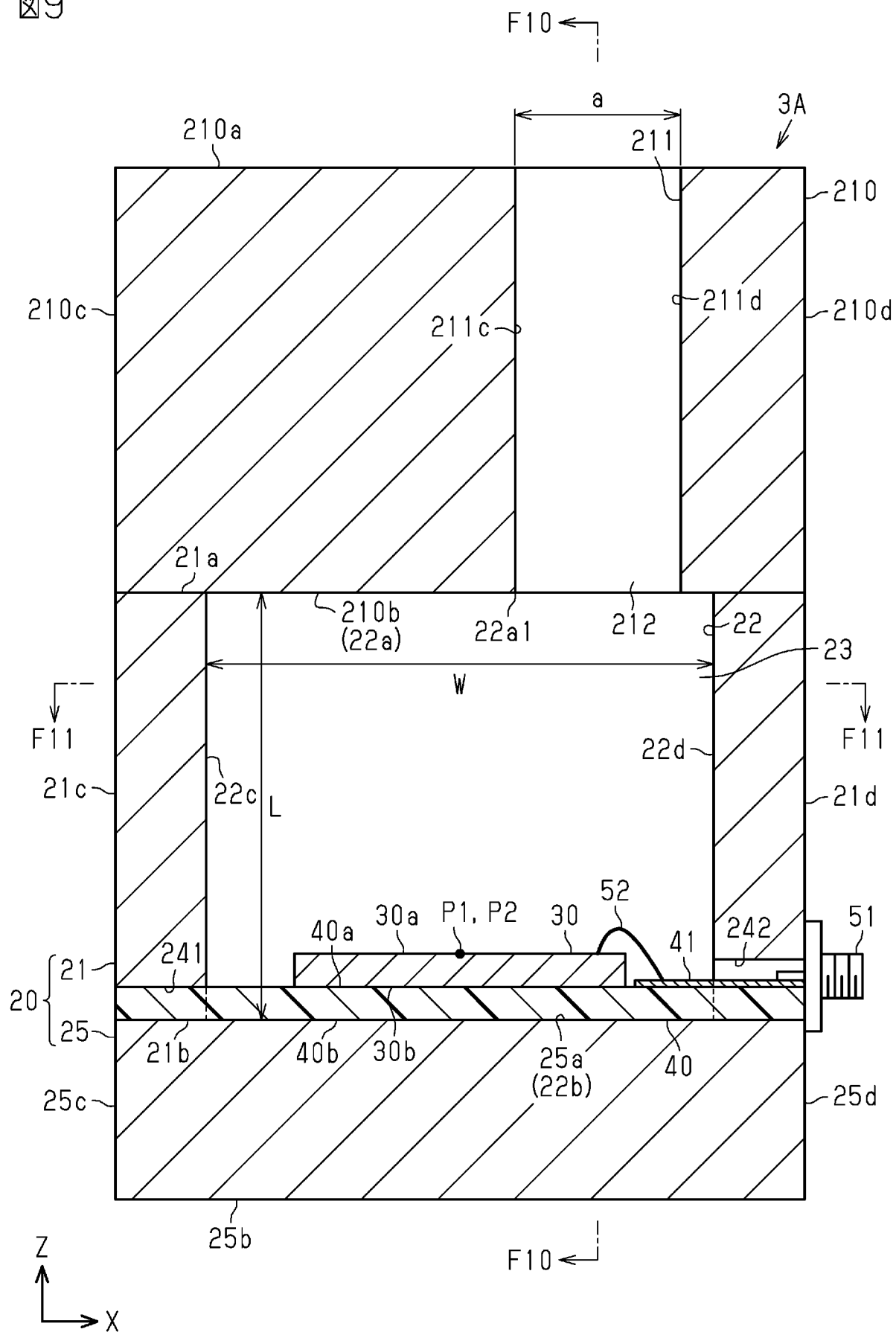


图 6

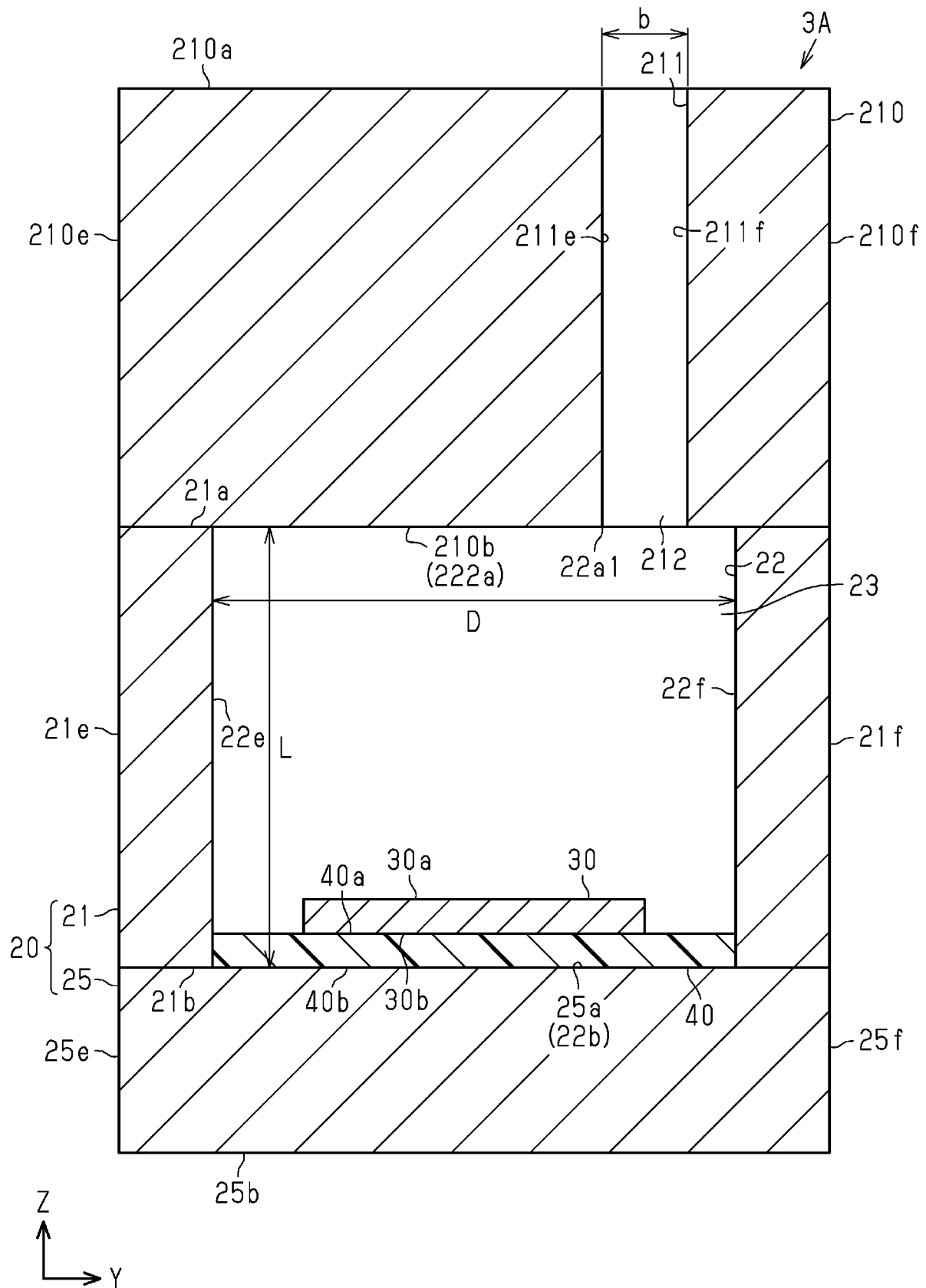






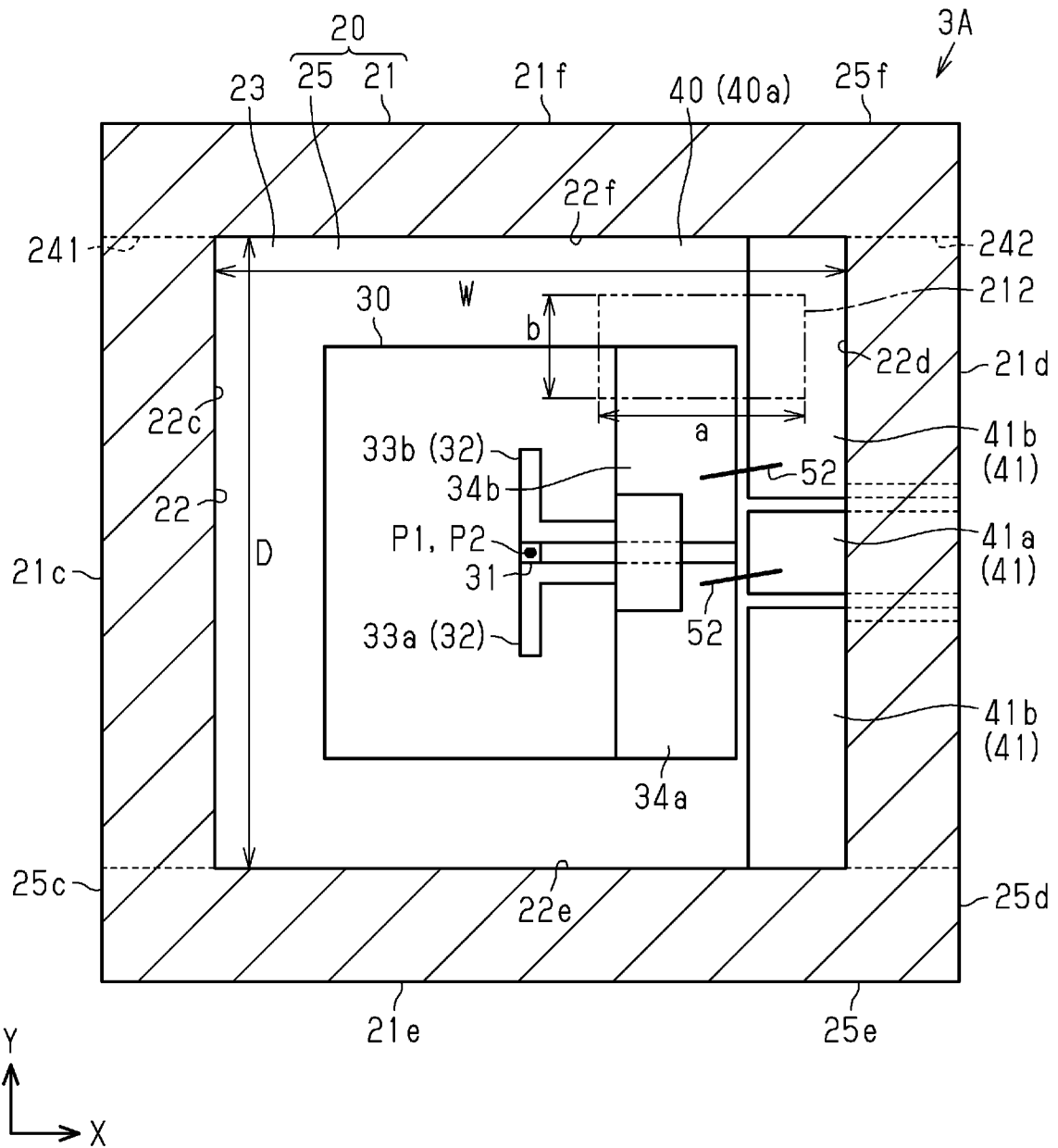
[図10]

図10



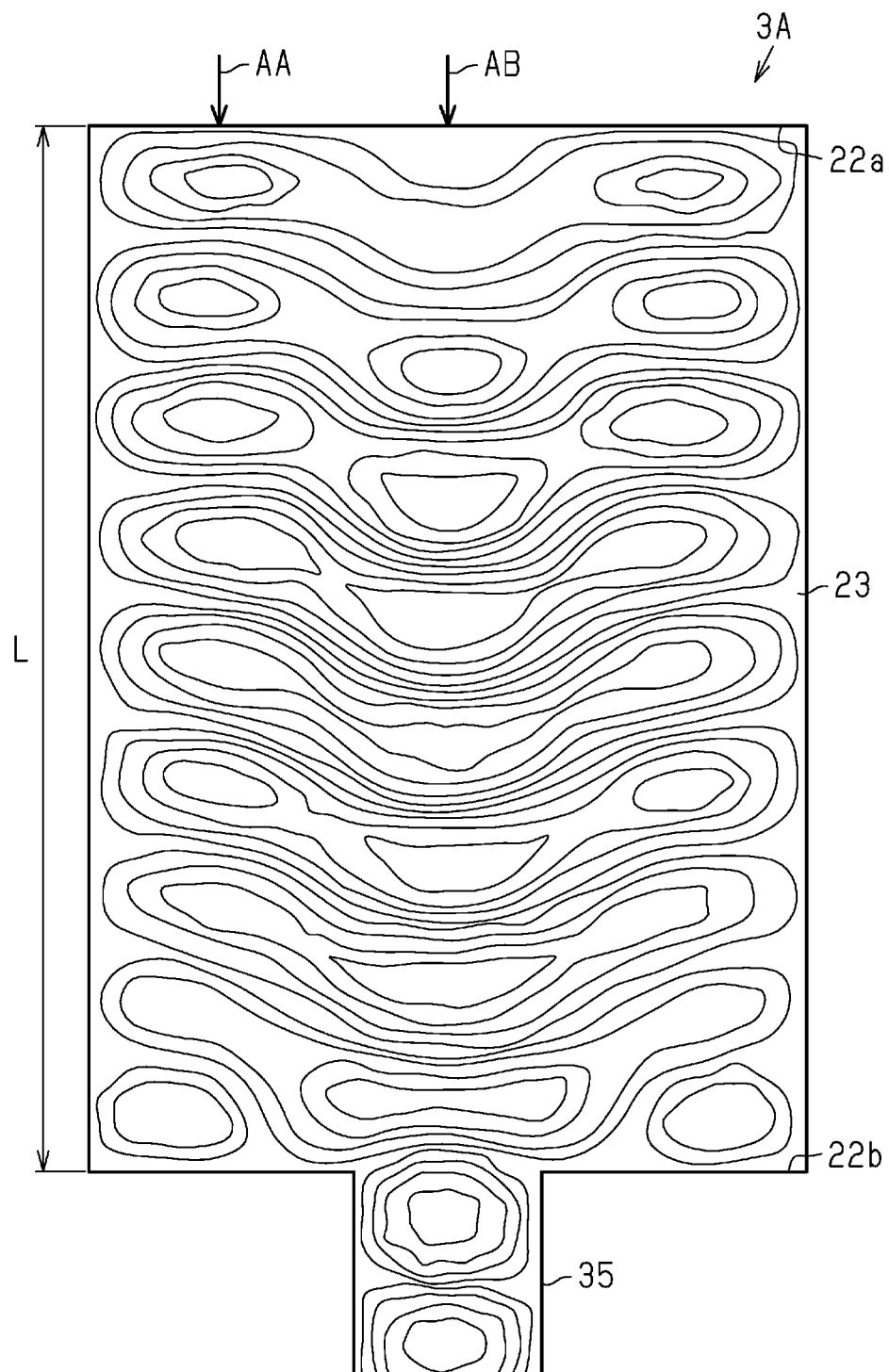
[図11]

図 11



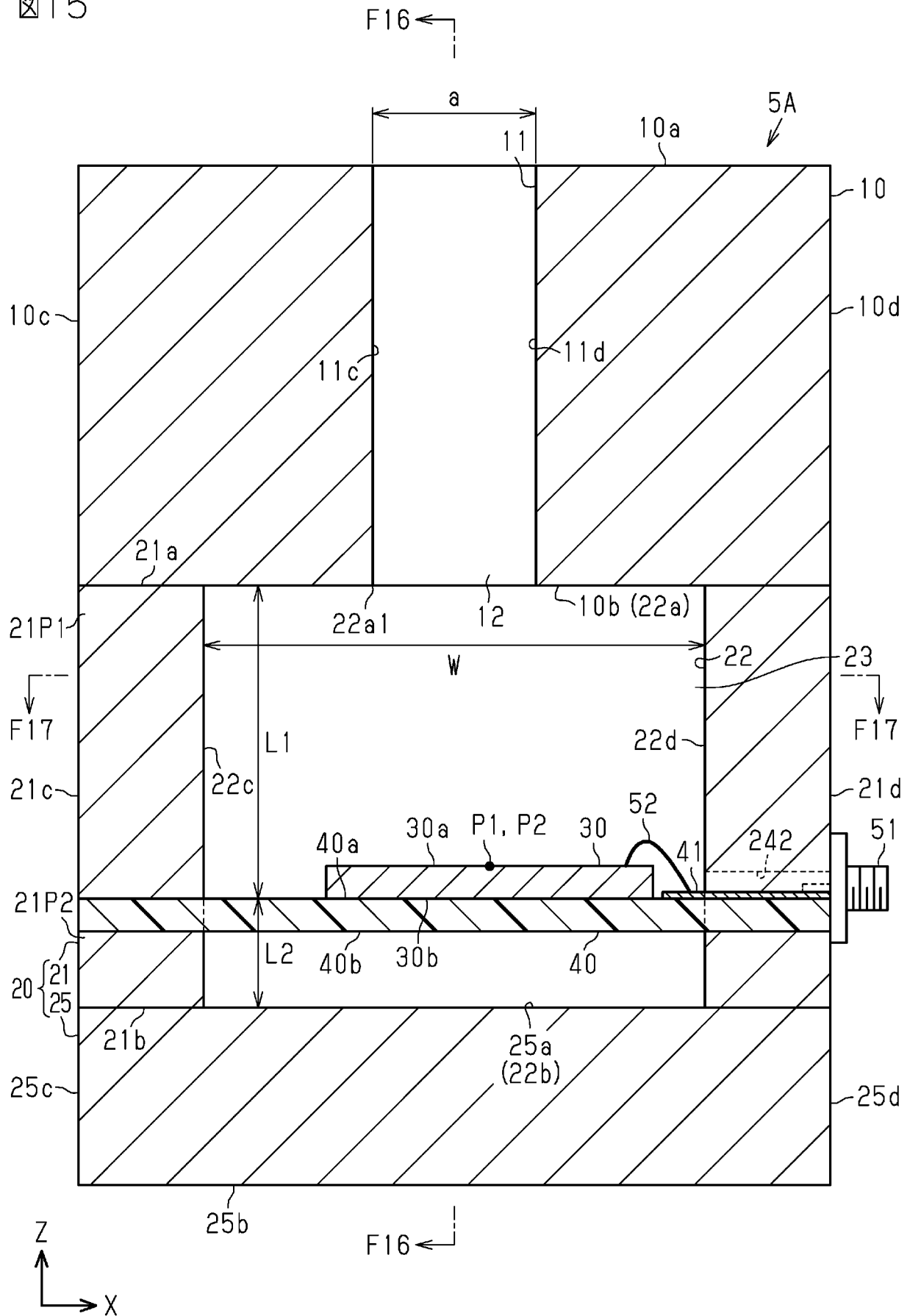
[図12]

図12



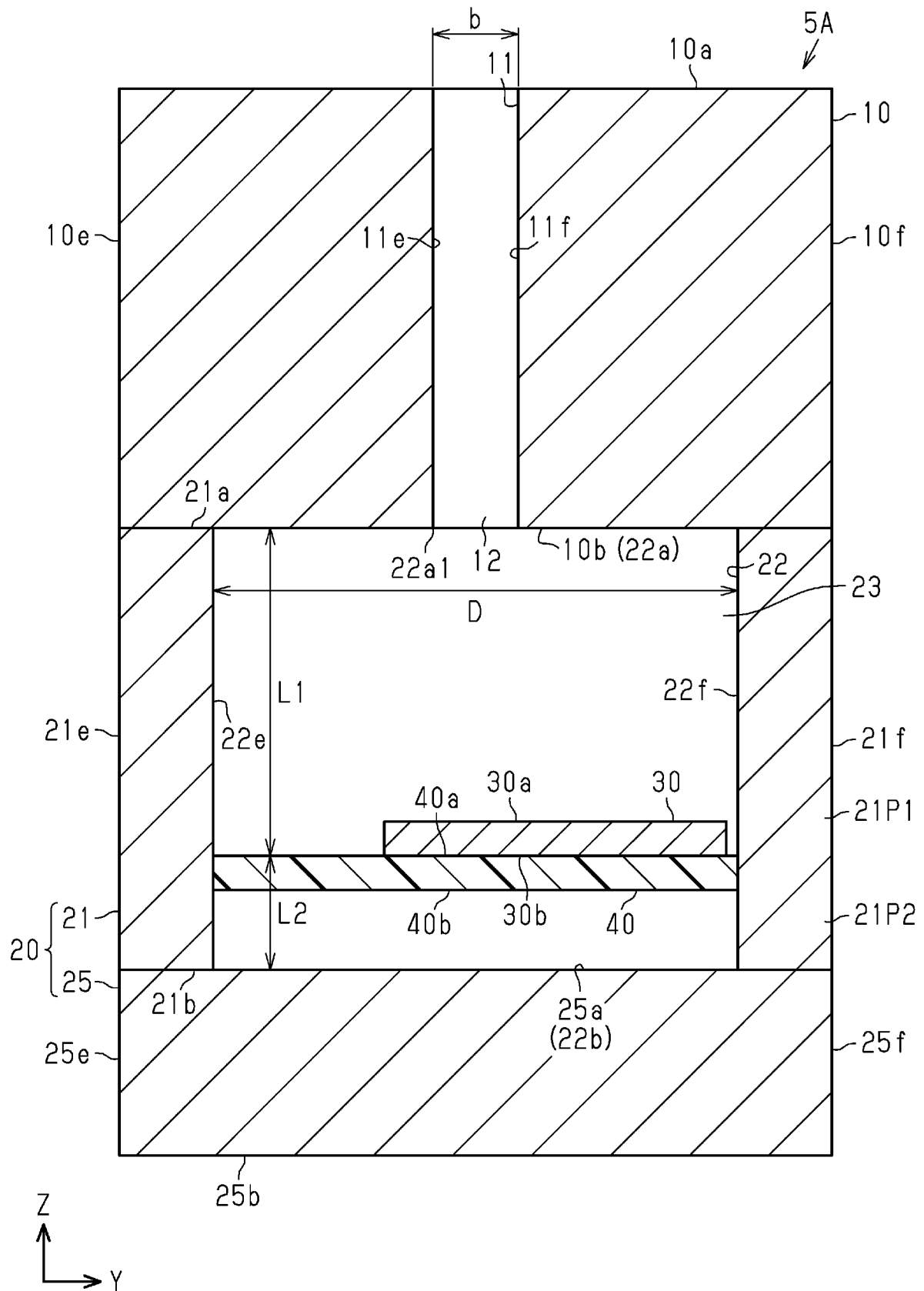
[図15]

図15



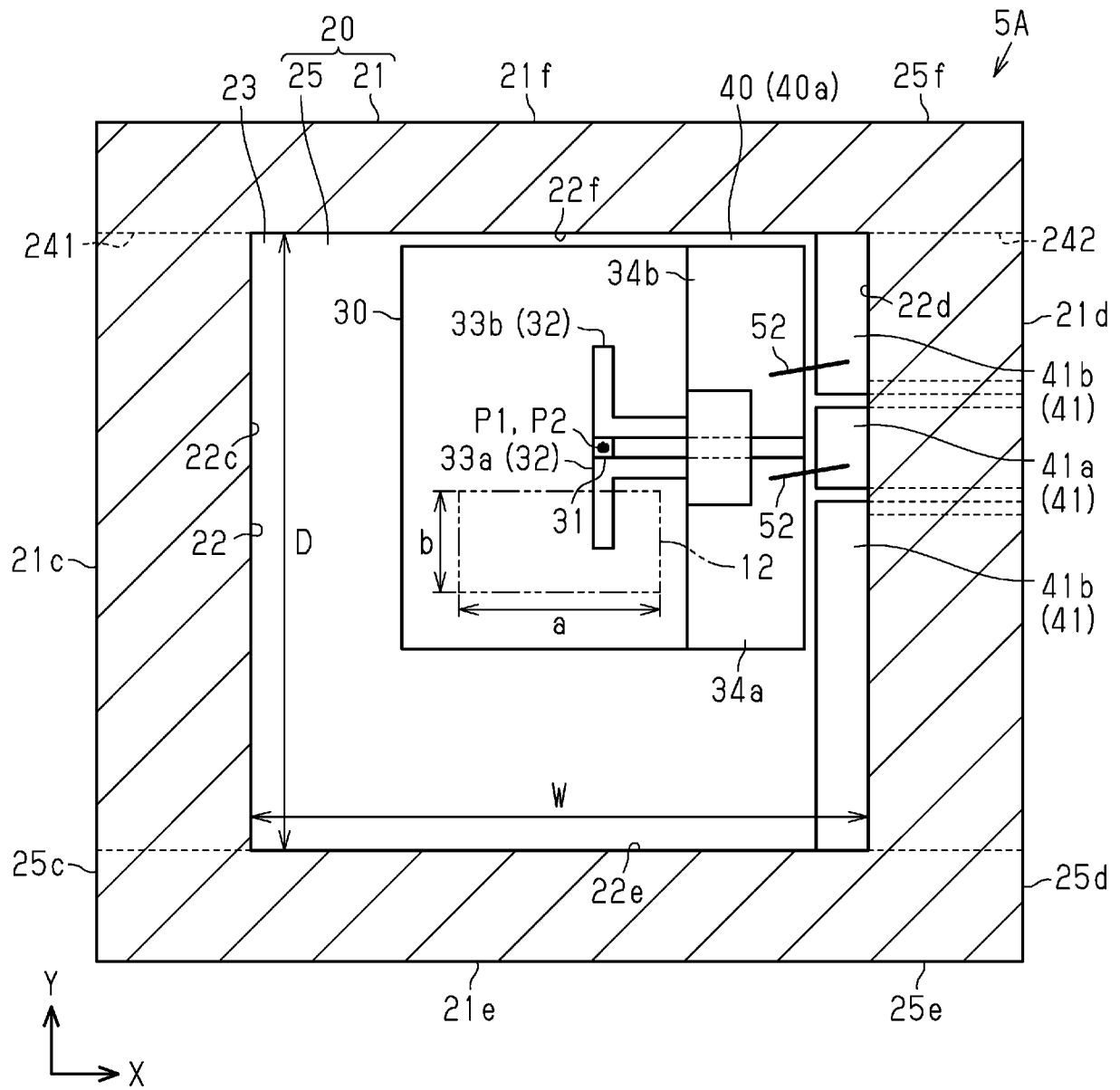
[図16]

図16



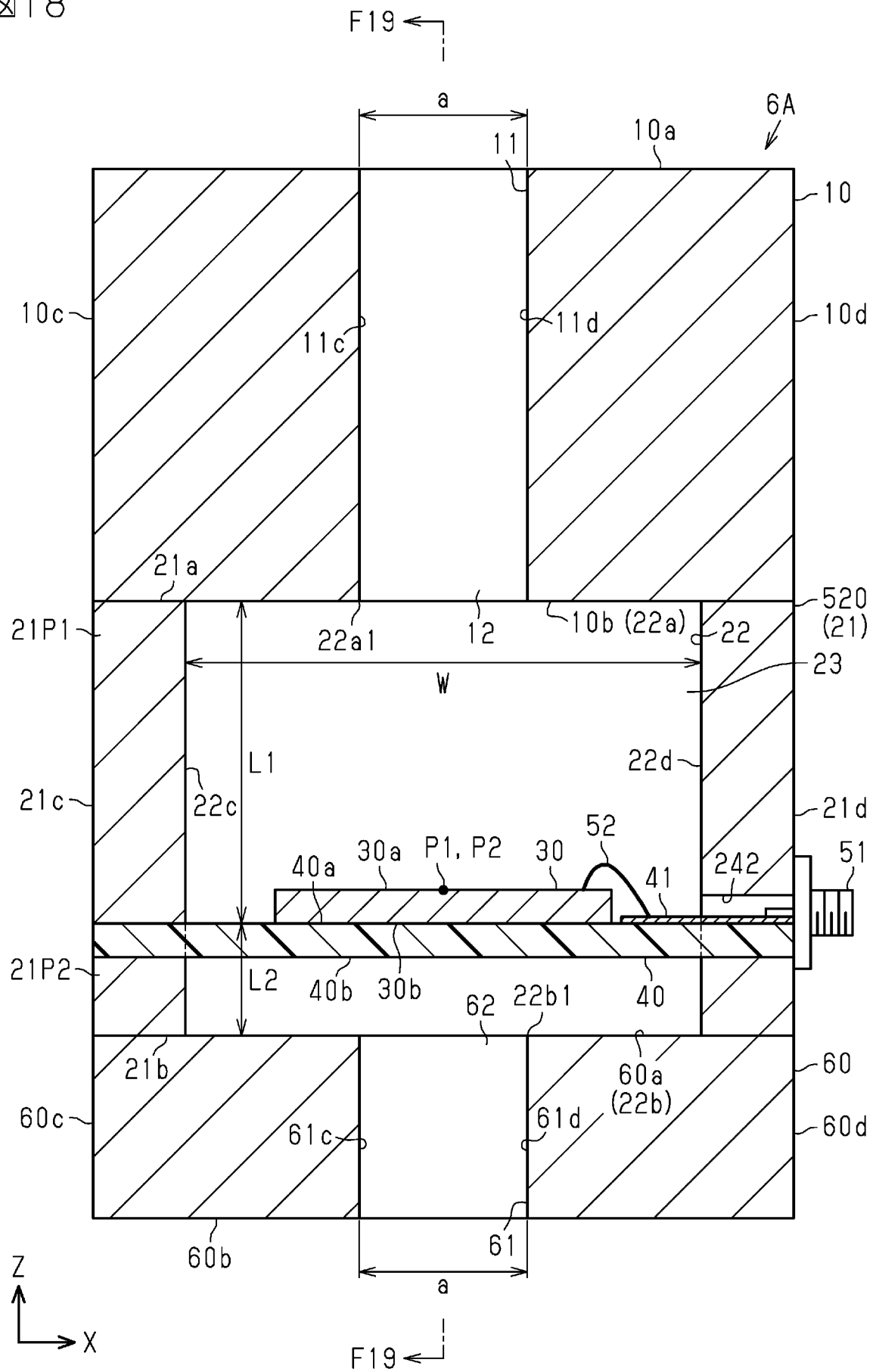
[図17]

図17



[図18]

図18



[図19]

図19

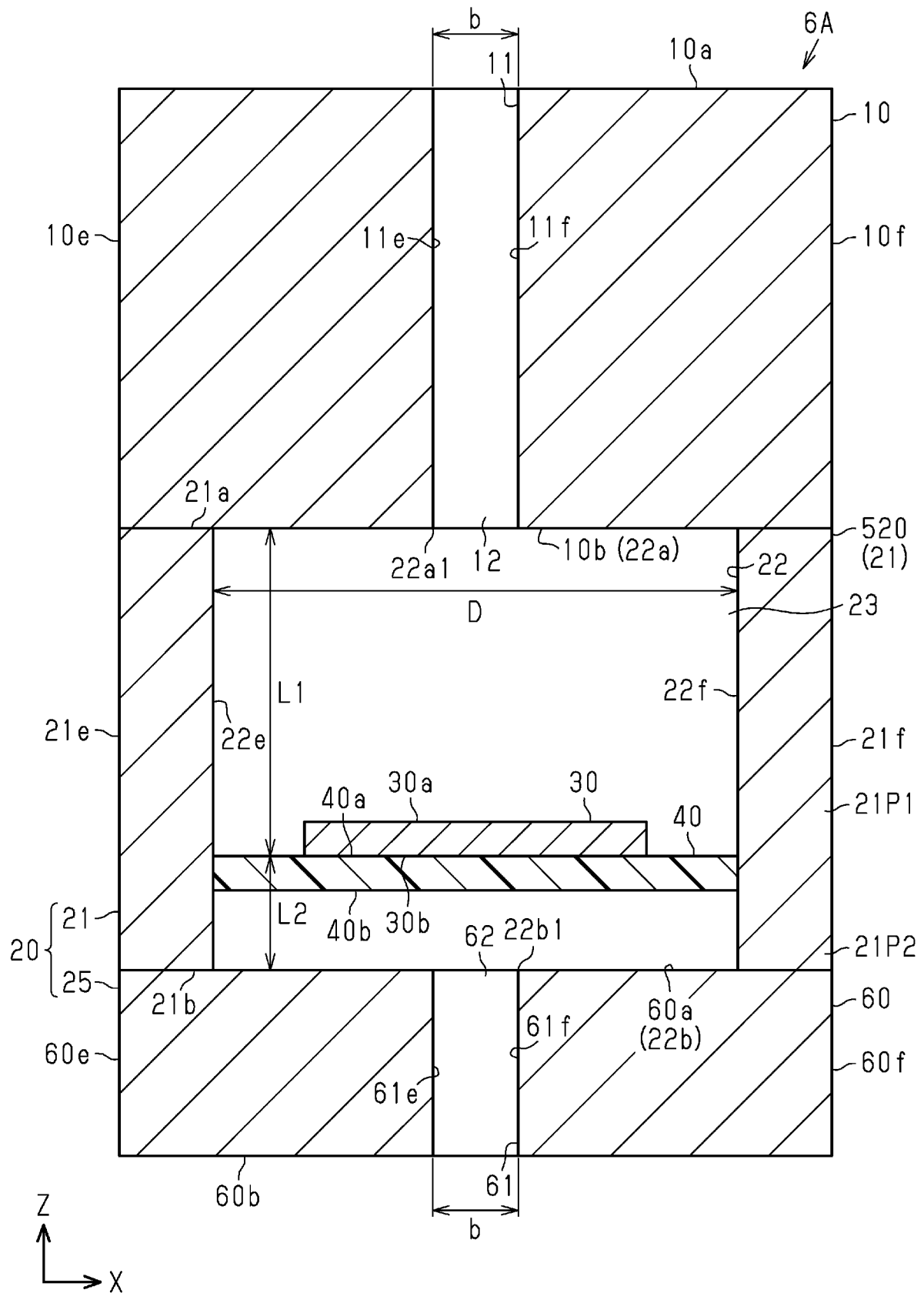
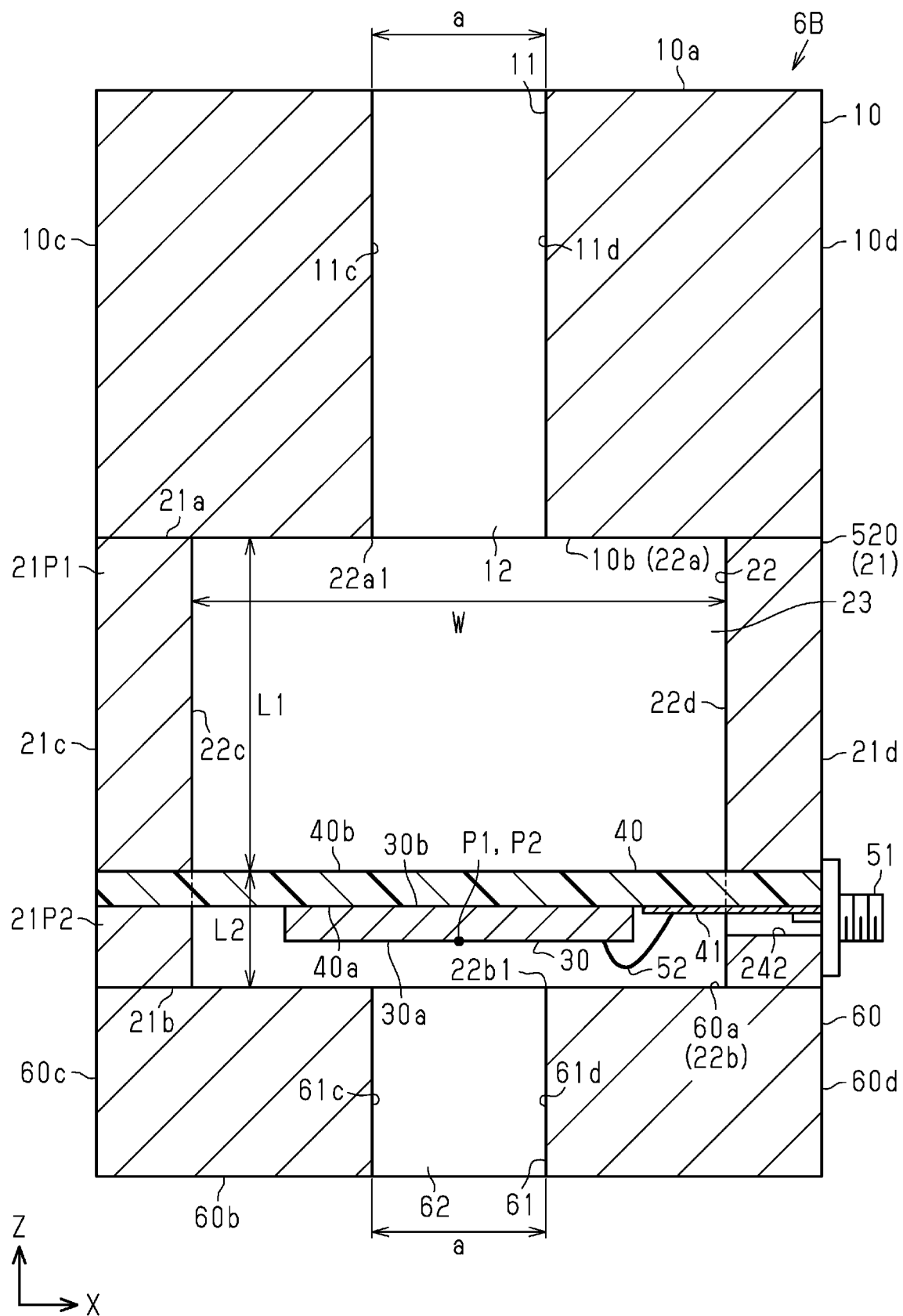
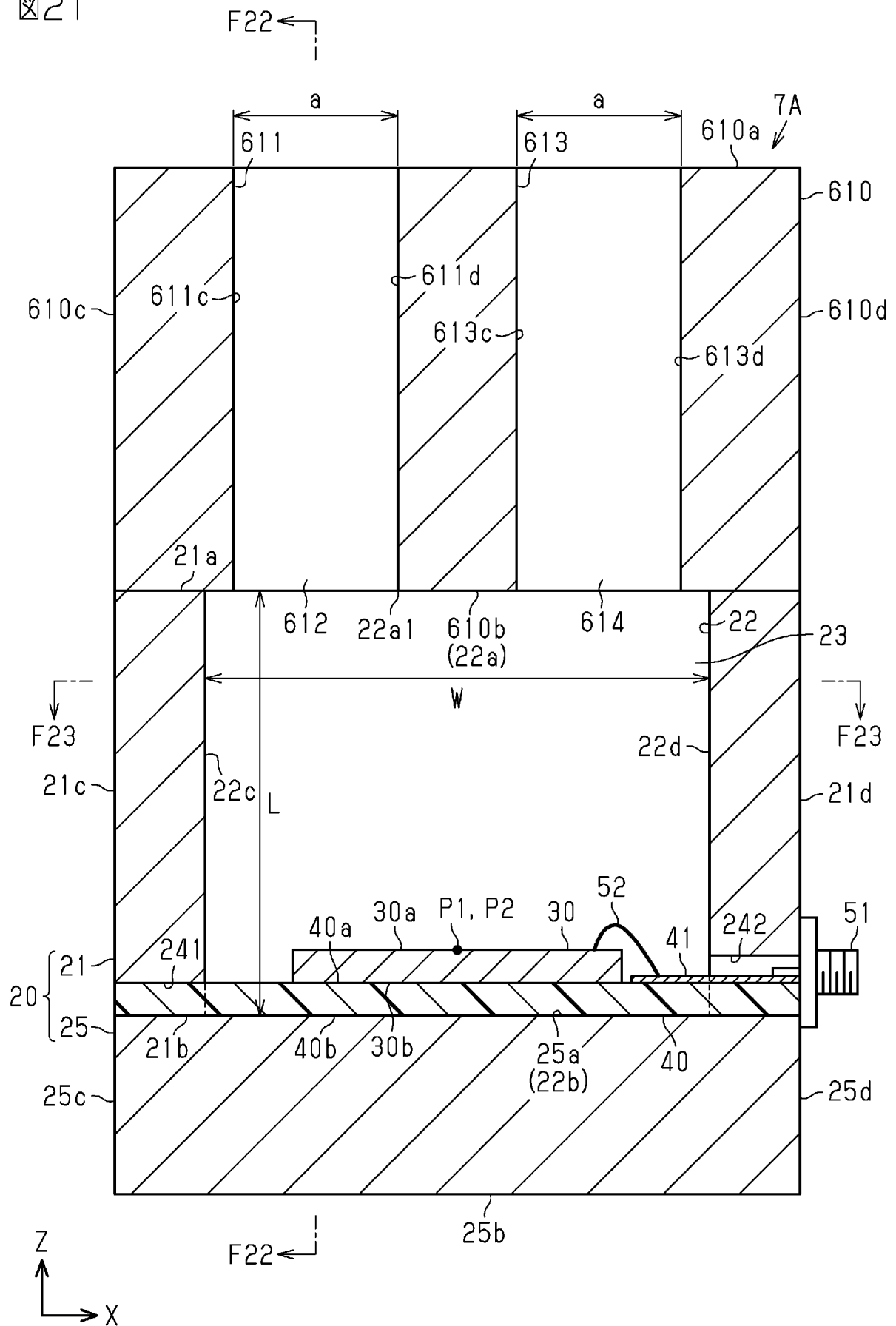


图 20



[図21]

図21



[図22]

図22

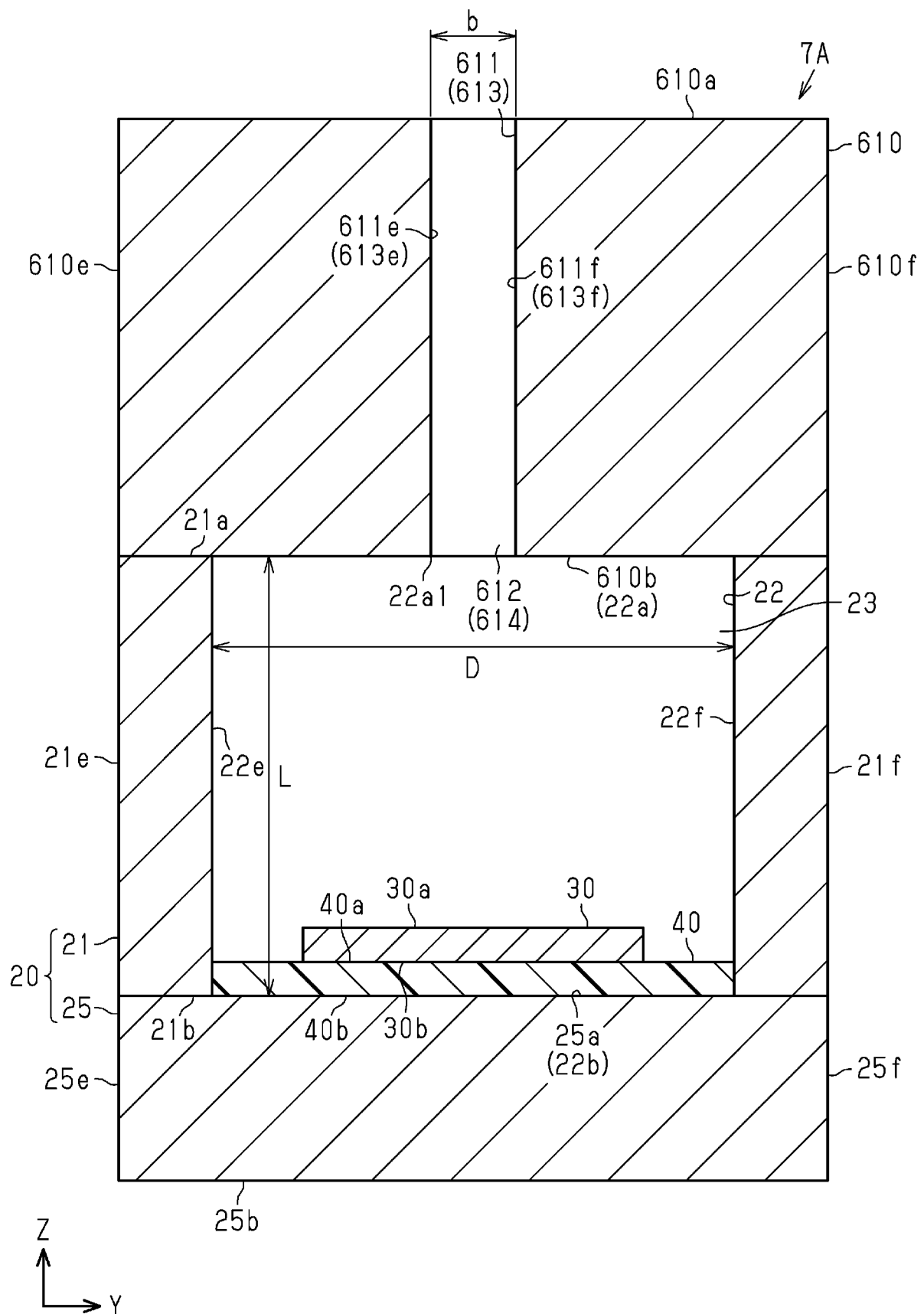
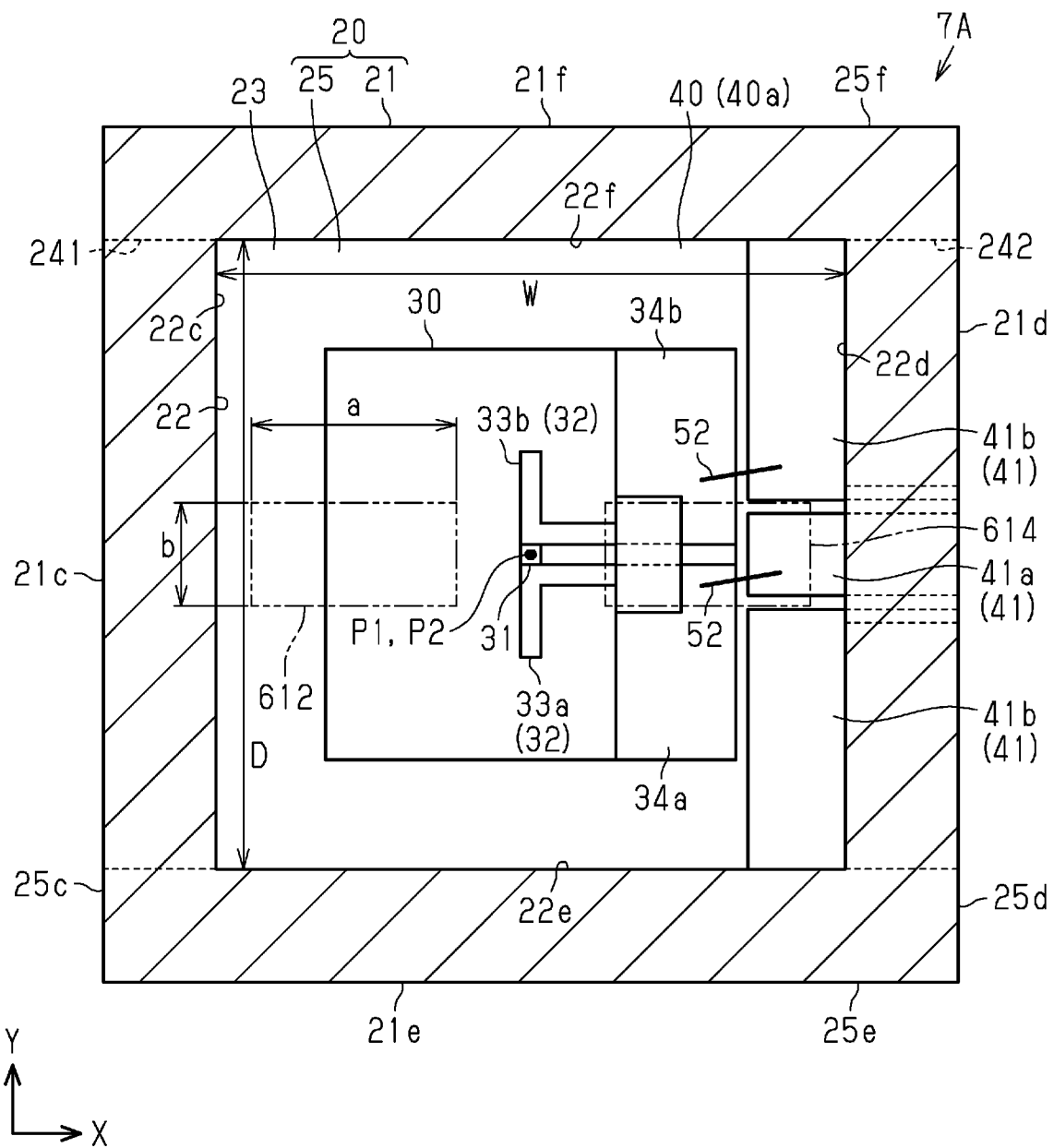
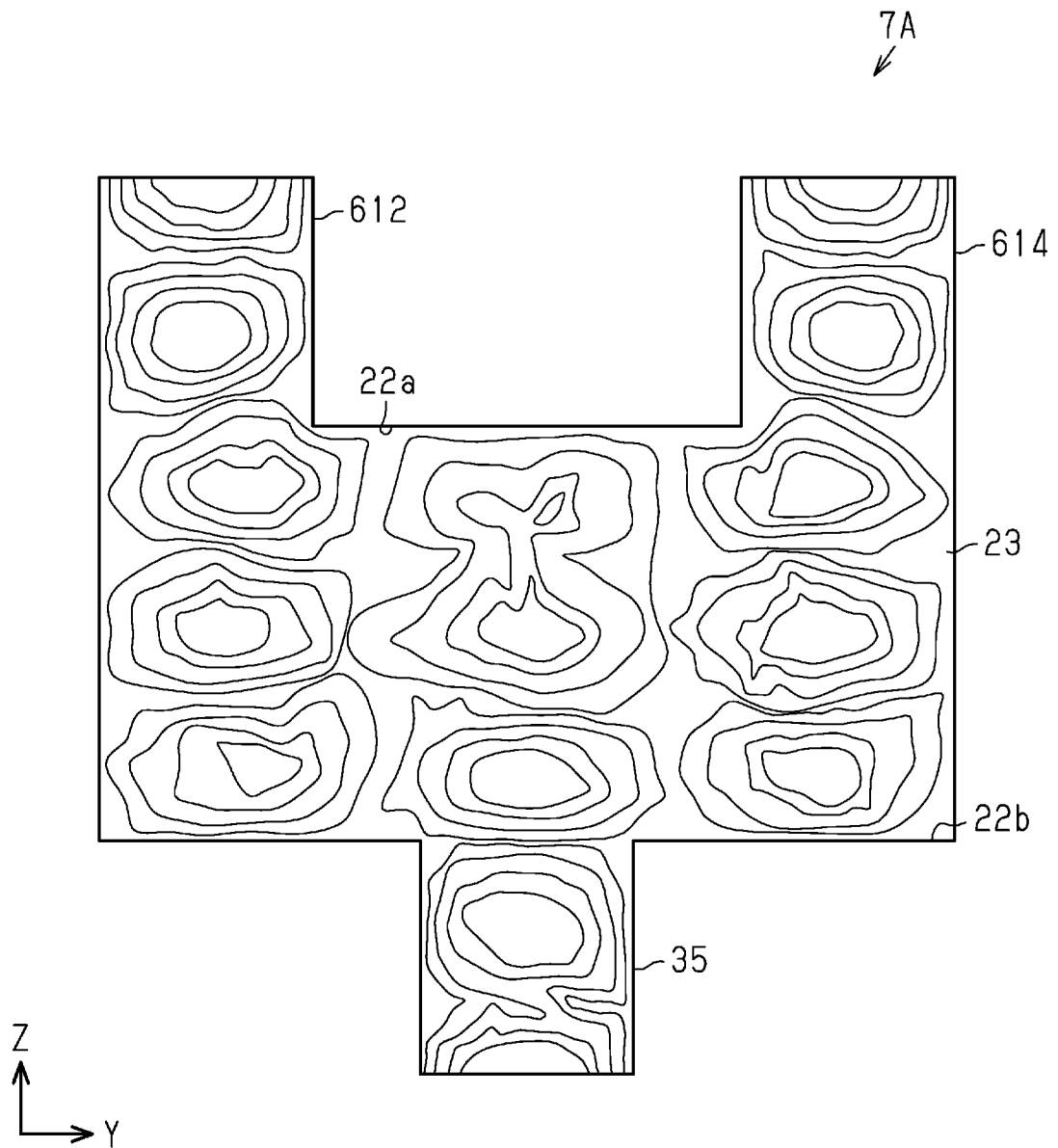


图 23



[図24]

図24



[図25]

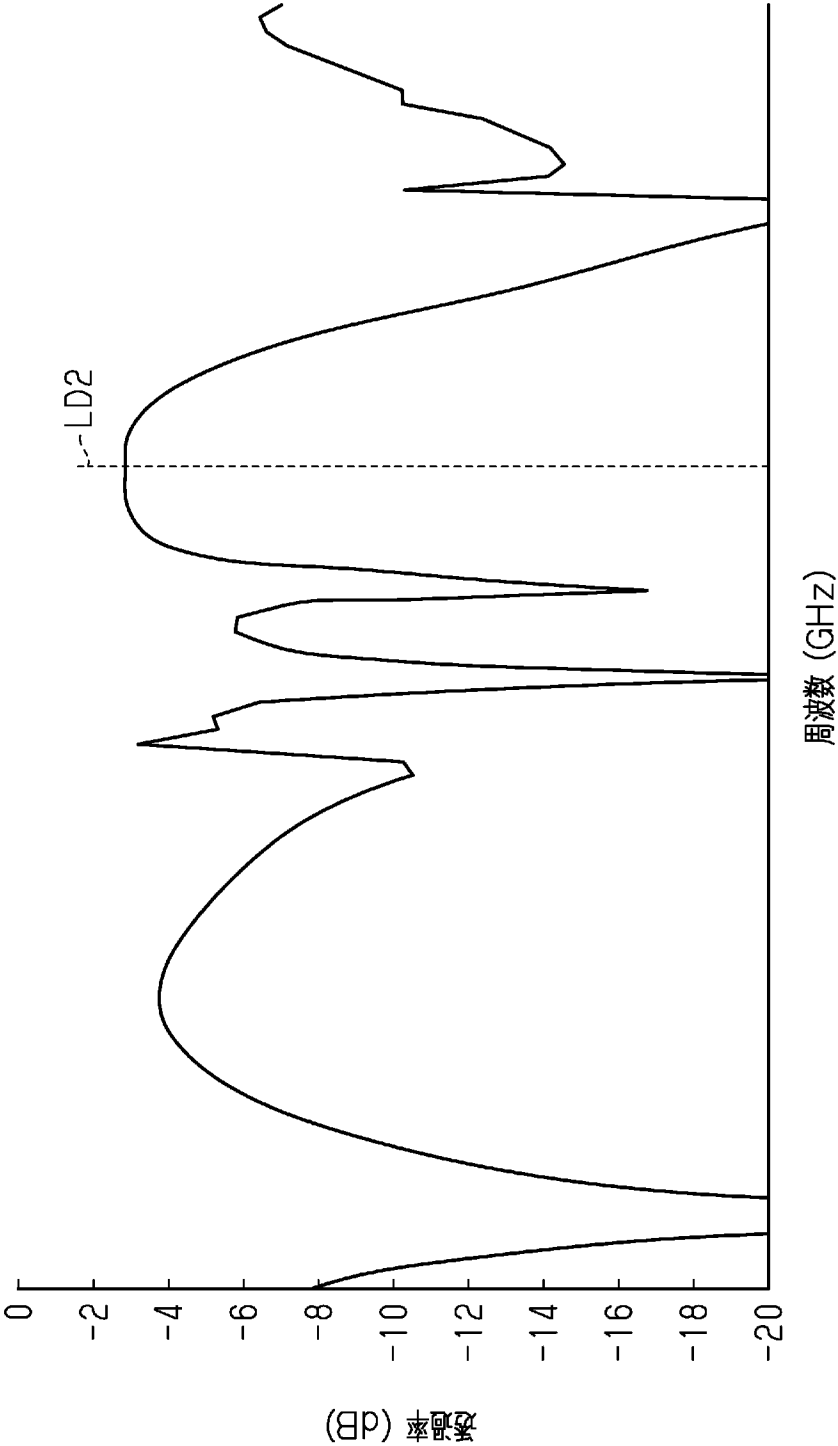
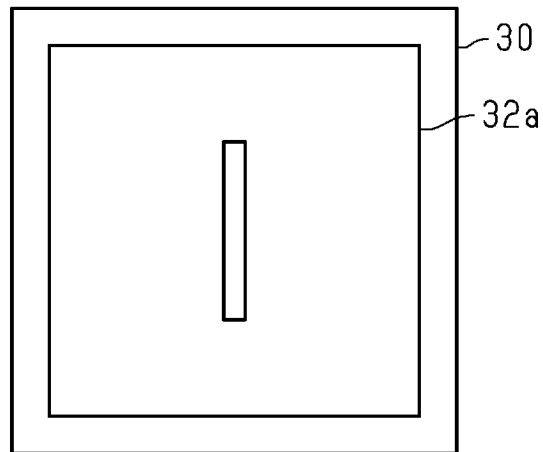


図25

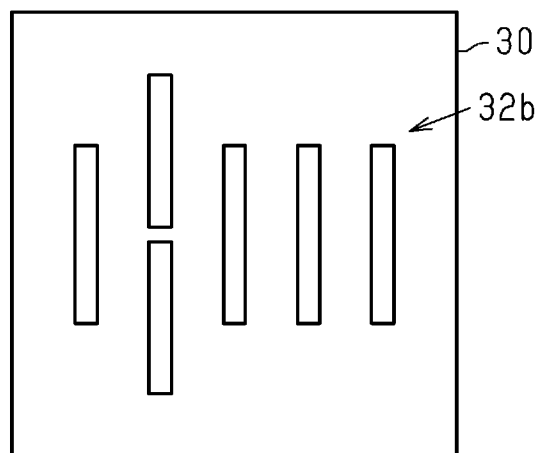
[図26]

図26



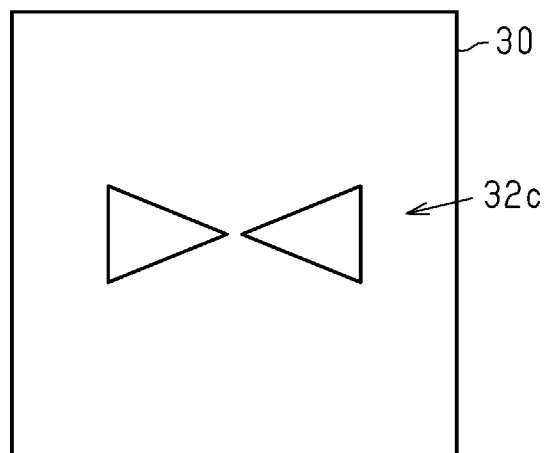
[図27]

図27



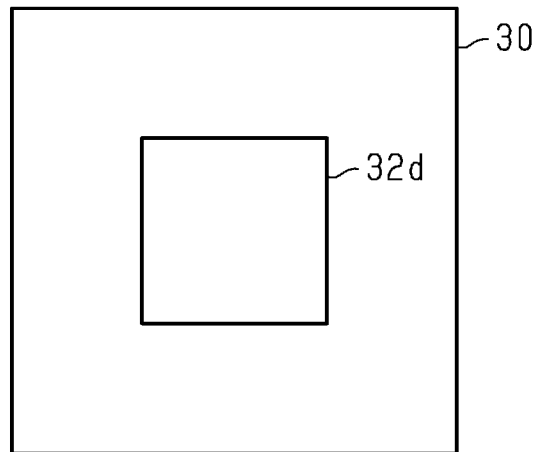
[図28]

図28



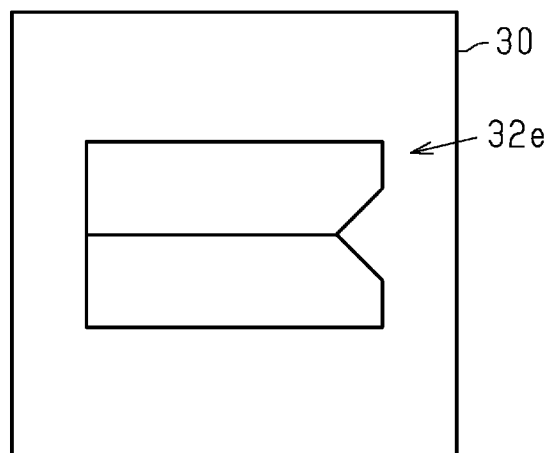
[図29]

図29



[図30]

図30



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/045616

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01P 5/08**(2006.01)i; **H01P 1/20**(2006.01)i; **H01P 5/12**(2006.01)i; **H03B 7/14**(2006.01)i

FI: H01P5/08 L; H01P1/20 Z; H01P5/12 C; H03B7/14

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)

H01P5/08; H01P1/20; H01P5/12; H03B7/14

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	西田 陽亮 NISHIDA, Yosuke. 「共鳴トンネルダイオードを用いた無線通信応用と実用化に向けたパッケージ開発」, 電子情報通信学会 2021 年総合大会講演論文集 エレクトロニクス 1 PROCEEDINGS OF THE 2021 IEICE GENERAL CONFERENCE. 23 February 2021, pp. SS43-SS44 in particular, fig. 3(a), (Wireless Communications and Packaging Technologies using Resonant Tunneling Diodes)	1-19
A	WO 2021/070921 A1 (ROHM CO., LTD.) 15 April 2021 (2021-04-15)	1-19



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

02 February 2023

Date of mailing of the international search report

14 February 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/045616

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2021/070921	A1	15 April 2021	CN	114503360	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01P 5/08(2006.01)i; H01P 1/20(2006.01)i; H01P 5/12(2006.01)i; H03B 7/14(2006.01)i FI: H01P5/08 L; H01P1/20 Z; H01P5/12 C; H03B7/14														
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）） H01P5/08; H01P1/20; H01P5/12; H03B7/14														
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 <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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 - 2023年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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												
A	西田 陽亮 Yosuke Nishida, 「共鳴トンネルダイオードを用いた無線通信応用と実用化に向けたパッケージ開発」, 電子情報通信学会 2021 年総合大会講演論文集 エレクトロニクス 1 PROCEEDINGS OF THE 2021 IEICE GENERAL CONFERENCE, 2021.02.23, pp. SS43 - SS44 特に図 3 (a)	1-19												
A	WO 2021/070921 A1 (ローム株式会社) 15.04.2021 (2021 - 04 - 15)	1-19												
☐ 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。														
<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、一般的技术水準を示すもの</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>“&” 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	“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、一般的技术水準を示すもの	“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	“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、一般的技术水準を示すもの	“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														
国際調査を完了した日 02.02.2023	国際調査報告の発送日 14.02.2023													
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） 岸田 伸太郎 5K 9183 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

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/JP2022/045616

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2021/070921	A1	15.04.2021	CN	114503360	A	