



LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, MW, MZ, NA, RW, SC, 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))

concave and depressed lower than the flow path bottom surface (41e), and leads to the inlet (40h). The inflow area (42) includes a diffusion surface (42d) opposed to the inlet (40h).

(57) 要約：冷却能力の低下を抑制する。冷却筐体(40)は、平面視で、外側面(40a, 40c)が長辺側に、外側面(40b, 40d)が短辺側にそれぞれ位置し、外側面(40b)の外側面(40c)の近傍に流路領域(41)に連通し、媒体が流路領域(41)に向けて長手方向に流入される流入口(40h)が形成されている。流路底面(41e)の流入口(40h)の近傍に、凹状を成し、流路底面(41e)よりも窪んで、流入口(40h)に通じる流入領域(42)が形成され、流入領域(42)は、流入口(40h)に対向する拡散面(42d)を含む。

## 明 細 書

**発明の名称**：半導体装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置に関する。

### 背景技術

[0002] 半導体装置は、半導体モジュールと冷却装置とを含む。冷却装置は、冷媒が内部に流入される流入口と、内部から冷媒が外部に流出される流出口とを含んでいる。冷却装置は、流入口及び流出口に配水管がそれぞれ接続される。それぞれの配水管にポンプが接続される。冷媒は、ポンプにより流入口から冷却装置の内部に流入し、冷却装置の内部を流通し、流出口から流出する。流出した冷媒は、ポンプにより再び、流入口から冷却装置の内部に流入する。このような冷却装置の冷却面に半導体モジュールが配置される。冷却装置は、発熱する半導体モジュールを冷却して半導体モジュールの信頼性を保つ（例えば、特許文献1～5を参照）。

[0003] また、半導体装置は、半導体モジュールと共にキャパシタを含む。キャパシタは半導体モジュールの近傍に設けられる。他方、半導体装置は、冷却装置の配水管の設置位置に応じて、キャパシタの配置位置が制限されてしまう。このため、冷却装置の配水管の接続箇所はキャパシタの設置を妨げない箇所であることが求められる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

- [0004] 特許文献1：特開2013-058518号公報  
特許文献2：特開2016-096272号公報  
特許文献3：国際公開第2011/132736号  
特許文献4：国際公開第2016/047335号  
特許文献5：国際公開第2014/069174号

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、冷却装置は、流入口及び流出口の位置により、流入口から流入された冷媒が冷却装置内の全体を流通することができず、冷却装置の冷却面の冷却能力にばらつきが生じることがある。このように冷却能力が低下すると、半導体モジュールを適切に冷却することができず、半導体装置の出力性能や信頼性の低下を招いてしまう場合がある。

[0006] 本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、冷却能力の低下が抑制された半導体装置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

[0007] 本発明の一観点によれば、半導体チップと、前記半導体チップが搭載される冷却装置と、を含み、前記冷却装置は、前記半導体チップが配置される第1上面と前記第1上面の反対側の第1下面とを含む天板と、平面視で矩形状を成し、第1外側面、第2外側面、第3外側面、第4外側面で順に四方が囲まれた第2上面に、凹状を成し、前記第2上面よりも窪んだ流路底面を含む流路領域が形成され、前記第2上面に前記天板の前記第1下面が配置されて前記流路領域が前記天板で塞がれる冷却筐体と、を備え、前記冷却筐体は、平面視で、前記第1外側面及び前記第3外側面が長辺側に、前記第2外側面及び前記第4外側面が短辺側にそれぞれ位置し、前記第2外側面の前記第3外側面の近傍に前記流路領域に連通し、冷却媒体が前記流路領域に向けて長手方向に流入される流入口が形成され、前記流路底面の前記流入口の近傍に、凹状を成し、前記流路底面よりも窪んで、前記流入口に通じる流入領域が形成され、前記流入領域は、前記流入口に対向する拡散面を含む、半導体装置が提供される。

## 発明の効果

[0008] 開示の技術によれば、キャパシタの配置領域を制限することなく冷却能力の低下が抑制され、半導体装置の信頼性の低下を防止することができる。

[0009] 本発明の上記及び他の目的、特徴及び利点は本発明の例として好ましい実施の形態を表す添付の図面と関連した以下の説明により明らかになるであろう。

う。

### 図面の簡単な説明

- [0010] [図1]第1の実施の形態の半導体装置の平面図である。
- [図2]第1の実施の形態の半導体装置の側面図である。
- [図3]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる半導体ユニットの平面図である。
- [図4]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる半導体ユニットの断面図（その1）である。
- [図5]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる半導体ユニットの断面図（その2）である。
- [図6]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の斜視図である。
- [図7]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の天板の裏面図である。
- [図8]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の断面図である。
- [図9]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その1）である。
- [図10]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その2）である。
- [図11]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の別の冷却筐体の断面図である。
- [図12]参考例の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流路を示す図である。
- [図13]第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流れを示す図である。
- [図14]第1の実施の形態（変形例1-1）の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。
- [図15]第1の実施の形態（変形例1-2）の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。

[図16]第2の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。

[図17]第2の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その1）である。

[図18]第2の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その2）である。

[図19]第2の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流れを示す図である。

[図20]第2の実施の形態（変形例2-1）の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図である。

[図21]第3の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。

[図22]第3の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その1）である。

[図23]第3の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図（その2）である。

### 発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して、実施の形態について説明する。なお、以下の説明において、「おもて面」及び「上面」とは、図1の半導体装置1において、上側（+Z方向）を向いたX-Y面を表す。同様に、「上」とは、図1の半導体装置1において、上側（+Z方向）の方向を表す。「裏面」及び「下面」とは、図1の半導体装置1において、下側（-Z方向）を向いたX-Y面を表す。同様に、「下」とは、図1の半導体装置1において、下側（-Z方向）の方向を表す。必要に応じて他の図面でも同様の方向性を意味する。「おもて面」、「上面」、「上」、「裏面」、「下面」、「下」、「側面」は、相対的な位置関係を特定する便宜的な表現に過ぎず、本発明の技術的思想を限定するものではない。例えば、「上」及び「下」は、必ずしも地面に対する鉛直方向を意味しない。つまり、「上」及び「下」の方向は、重力方向

に限定されない。また、以下の説明において「主成分」とは、80vol%以上含む場合を表す。また、「略同一」とは、±10%以内の範囲であればよい。また、「垂直」、「平行」とは、±10°以内の範囲であればよい。

[0012] [第1の実施の形態]

第1の実施の形態の半導体装置1について、図1及び図2を用いて説明する。図1は、第1の実施の形態の半導体装置の平面図であり、図2は、第1の実施の形態の半導体装置の側面図である。なお、図2は、図1においてX-Z面を+Y方向に見た側面図である。

[0013] 半導体装置1は、半導体モジュール2と冷却装置3とを含む。半導体モジュール2は、半導体ユニット10a, 10b, 10cと半導体ユニット10a, 10b, 10cを収納する筐体20とを含んでいる。筐体20に収納される半導体ユニット10a, 10b, 10cは封止部材(図示を省略)により封止される。なお、半導体ユニット10a, 10b, 10cは、いずれも同様の構成を成している。半導体ユニット10a, 10b, 10cは、区別しない場合には、半導体ユニット10として説明する。半導体ユニット10の詳細については後述する。

[0014] 筐体20は、外枠21と第1接続端子22a, 22b, 22cと第2接続端子23a, 23b, 23cとU相出力端子24aとV相出力端子24bとW相出力端子24cと制御端子25a, 25b, 25cとを含んでいる。

[0015] 外枠21は、平面視で略矩形状を成しており、四方が外壁21a, 21b, 21c, 21dにより順に囲まれている。平面視で、外壁21a, 21cは、外枠21の長辺に、外壁21b, 21dは、外枠21の短辺にそれぞれ対応する。また、外壁21a, 21b, 21c, 21dの接続箇所である角部は、必ずしも直角でなくてもよい。この角部は、図1に示されるように、R面取りされていてもよい。外枠21のおもて面の角部に外枠21を貫通する貫通孔21iがそれぞれ形成されている。なお、外枠21のこのような角部に形成されている貫通孔21iは、外枠21のおもて面よりも下位に形成されてもよい。

- [0016] 外枠21は、おもて面に外壁21a, 21cに沿って、ユニット収納部21e, 21f, 21gを含んでいる。ユニット収納部21e, 21f, 21gは、平面視で、矩形状を成している。ユニット収納部21e, 21f, 21gには、半導体ユニット10a, 10b, 10cがそれぞれ収納される。
- [0017] 外枠21は、冷却装置3の天板30の冷却面である上面31（図6を参照）に載置される。冷却装置3の上面31には、半導体ユニット10a, 10b, 10cが予めX方向に沿ってそれぞれ配置されている。外枠21が上面31に載置されると、外枠21のユニット収納部21e, 21f, 21gが冷却装置3に配列された半導体ユニット10a, 10b, 10cをそれぞれ取り囲む（収納する）。
- [0018] 外枠21は、平面視で、おもて面に、第1接続端子22a, 22b, 22c及び第2接続端子23a, 23b, 23cと、U相出力端子24a及びV相出力端子24b及びW相出力端子24cと、をユニット収納部21e, 21f, 21gを±Y方向に挟んで設けられている。
- [0019] 外枠21は、平面視で、外壁21a側のおもて面に第1接続端子22a, 22b, 22c及び第2接続端子23a, 23b, 23cを備えている。第1接続端子22a, 22b, 22c及び第2接続端子23a, 23b, 23cの一方の外端部は外壁21a側のおもて面に表出されている。他方の内端部は、ユニット収納部21e, 21f, 21g内に表出して半導体ユニット10a, 10b, 10cに電氣的に接続される。
- [0020] 外枠21は、外壁21c側のおもて面にU相出力端子24aとV相出力端子24bとW相出力端子24cとをそれぞれ備えている。U相出力端子24aとV相出力端子24bとW相出力端子24cとの一方の外端部は外壁21c側のおもて面に表出している。他方の内端部はユニット収納部21e, 21f, 21g内に表出して半導体ユニット10a, 10b, 10cに電氣的に接続される。
- [0021] また、外枠21は、第1接続端子22a, 22b, 22c及び第2接続端子23a, 23b, 23cの外端部の開口の下部（-Z方向）に、当該開口

に対向したナットが収納されている。同様に、外枠 21 の U 相出力端子 24 a と V 相出力端子 24 b と W 相出力端子 24 c との開口の下部にも、当該開口に対向したナットが収納されている。

[0022] さらに、外枠 21 は、平面視で、ユニット収納部 21 e, 21 f, 21 g の +Y 方向側の辺（外壁 21 c 側）に沿ってそれぞれ制御端子 25 a, 25 b, 25 c を備えている。制御端子 25 a, 25 b, 25 c は、それぞれ、2 つに分かれて備えられている。制御端子 25 a, 25 b, 25 c は、J 字状（または U 字状）を成している。制御端子 25 a, 25 b, 25 c の一方の外端部が外枠 21 の外壁 21 c 側のおもて面から鉛直上方（+Z 方向）に延伸している。他方の内端部は、ユニット収納部 21 e, 21 f, 21 g 側のおもて面から鉛直上方（+Z 方向）を向いて表出されている。なお、制御端子 25 a, 25 b, 25 c の形状、配置数は、これに限らず適宜変更が可能である。

[0023] このような外枠 21 は、第 1 接続端子 22 a, 22 b, 22 c と第 2 接続端子 23 a, 23 b, 23 c と U 相出力端子 24 a と V 相出力端子 24 b と W 相出力端子 24 c と制御端子 25 a, 25 b, 25 c とを含み、熱可塑性樹脂を用いて射出成形により一体成形される。これにより、筐体 20 が構成される。熱可塑性樹脂は、例えば、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリブチレンテレフタレート樹脂、ポリブチレンサクシネート樹脂、ポリアミド樹脂、または、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂である。

[0024] また、第 1 接続端子 22 a, 22 b, 22 c と第 2 接続端子 23 a, 23 b, 23 c と U 相出力端子 24 a と V 相出力端子 24 b と W 相出力端子 24 c と制御端子 25 a, 25 b, 25 c とは、導電性に優れた金属により構成されている。このような金属は、例えば、銅、アルミニウム、または、少なくともこれらの一種を主成分とする合金である。第 1 接続端子 22 a, 22 b, 22 c と第 2 接続端子 23 a, 23 b, 23 c と U 相出力端子 24 a と V 相出力端子 24 b と W 相出力端子 24 c と制御端子 25 a, 25 b, 25 c との表面に対して、めっき処理を行ってもよい。この際、用いられるめっ

き材は、例えば、ニッケル、ニッケル－リン合金、ニッケル－ボロン合金である。

[0025] ユニット収納部 21 e, 21 f, 21 g を封止する封止部材は、シリコーンゲル、熱硬化性樹脂であってよい。熱硬化性樹脂は、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、マレイミド樹脂、ポリエステル樹脂である。好ましくは、エポキシ樹脂である。さらに、封止部材は、フィラーが添加されていてもよい。フィラーは、絶縁性で高熱伝導を有するセラミックスである。

[0026] 冷却装置 3 は、このような半導体モジュール 2 が配置される天板 30 と天板 30 が設けられ、流入口及び流出口を備える冷却筐体 40 とを含んでいる。冷却装置 3 は、このような冷却装置 3 には、ポンプが接続される。冷却装置 3 はポンプによって冷却媒体である冷媒が循環される。すなわち、ポンプにより、冷媒が冷却装置 3 内に流入され、流入された冷媒が冷却装置 3 内を流通する。この際、半導体モジュール 2 からの熱を冷媒が受熱して半導体モジュール 2 が冷却される。受熱された冷媒は冷却装置 3 の外部に排出される。このようにしてポンプにより冷却装置 3 に対して冷媒が循環される。冷却装置 3 の詳細については後述する。

[0027] 次に、半導体ユニット 10 a, 10 b, 10 c について、図 3～図 5 を用いて説明する。図 3 は、第 1 の実施の形態の半導体装置に含まれる半導体ユニットの平面図である。図 4 及び図 5 は、第 1 の実施の形態の半導体装置に含まれる半導体ユニットの断面図である。なお、図 4 は、図 3 の一点鎖線 X-X における断面図であり、図 5 は、図 3 の一点鎖線 Y-Y における断面図である。

[0028] 半導体ユニット 10 は、絶縁回路基板 11 と 2 つの半導体チップ 12 とリードフレーム 13 a, 13 b とを含んでいる。半導体チップ 12 は接合部材 14 a により絶縁回路基板 11 に接合されている。また、リードフレーム 13 a, 13 b は接合部材 14 b により半導体チップ 12 のおもて面の主電極に接合されている。なお、リードフレーム 13 a, 13 b は、絶縁回路基板 11 に対しては、接合部材 14 b に代えて、超音波接合により接合してもよ

い。

- [0029] 絶縁回路基板 11 は、絶縁板 11 a と配線板 11 b 1, 11 b 2, 11 b 3 と金属板 11 c とを含んでいる。絶縁板 11 a 及び金属板 11 c は、平面視で矩形状である。また、絶縁板 11 a 及び金属板 11 c は、角部が R 面取り、C 面取りされている。金属板 11 c のサイズは、平面視で、絶縁板 11 a のサイズより小さく、絶縁板 11 a の内側に形成されている。
- [0030] 絶縁板 11 a は、絶縁性を備え、熱伝導性に優れた材質により構成されている。このような絶縁板 11 a は、セラミックスにより構成されている。セラミックスは、例えば、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素である。
- [0031] 配線板 11 b 1, 11 b 2, 11 b 3 は、絶縁板 11 a のおもて面に形成されている。配線板 11 b 1, 11 b 2, 11 b 3 は、導電性に優れた金属により構成されている。このような金属は、例えば、銅、アルミニウム、または、少なくともこれらの一種を主成分とする合金である。配線板 11 b 1, 11 b 2, 11 b 3 の全面に対して、耐食性を向上させるために、めっき処理を行ってもよい。この際、用いられるめっき材は、例えば、ニッケル、ニッケル-リン合金、ニッケル-ボロン合金である。
- [0032] 配線板 11 b 1 は、絶縁板 11 a のおもて面の +X 方向の辺側の半分の領域であって、-Y 方向の辺から +Y 方向の辺に至る全体を占めている。配線板 11 b 1 に示される破線で囲まれた領域は、第 1 接続端子 22 a, 22 b, 22 c の内端部が接合される。なお、配線板 11 b 1 に示される破線で囲まれた領域と第 1 接続端子 22 a, 22 b, 22 c の内端部とが導電性のブロック体を介して接合されてもよい。
- [0033] 配線板 11 b 2 は、絶縁板 11 a のおもて面の -X 方向側の半分を占めている。さらに、配線板 11 b 2 は、絶縁板 11 a のおもて面の +Y 方向の辺から -Y 方向の辺の手前までを占めている。配線板 11 b 2 に示される破線で囲まれた領域は、U 相出力端子 24 a と V 相出力端子 24 b と W 相出力端子 24 c とのそれぞれの内端部がそれぞれ接合される。配線板 11 b 2 に示

される破線で囲まれた領域と、U相出力端子24aとV相出力端子24bとW相出力端子24cとは導電性のブロック体を介して接合されてもよい。

[0034] 配線板11b3は、絶縁板11aのおもて面の配線板11b1, 11b2で囲まれた領域を占めている。配線板11b3に示される破線で囲まれた領域は、第1接続端子22a, 22b, 22cの内端部が接合される。配線板11b3に示される破線で囲まれた領域と第1接続端子22a, 22b, 22cの端部とは導電性のブロック体を介して接続されてもよい。

[0035] このような配線板11b1, 11b2, 11b3は、以下のようにして絶縁板11aのおもて面に形成される。絶縁板11aのおもて面に金属層を形成し、この金属層に対してエッチング等の処理を行って所定形状の配線板11b1, 11b2, 11b3が得られる。または、あらかじめ金属層から切り出した配線板11b1, 11b2, 11b3を絶縁板11aのおもて面に圧着させてもよい。なお、配線板11b1, 11b2, 11b3は一例である。必要に応じて、配線板11b1, 11b2, 11b3の個数、形状、大きさ、位置を適宜選択してもよい。

[0036] 金属板11cは、絶縁板11aの裏面に形成されている。金属板11cは、矩形状を成している。金属板11cの平面視の面積は、絶縁板11aの面積よりも小さく、配線板11b1, 11b2, 11b3が形成されている領域の面積よりも広い。金属板11cの角部は、R面取り、C面取りされていてもよい。金属板11cは、絶縁板11aのサイズより小さく、絶縁板11aの縁部を除いた全面に形成されている。金属板11cは、熱伝導性に優れた金属を主成分として構成されている。この金属は、例えば、銅、アルミニウムまたは、少なくともこれらの一種を含む合金である。

[0037] このような構成を有する絶縁回路基板11は、例えば、DCB (Direct Copper Bonding) 基板、AMB (Active Metal Brazed) 基板が挙げられる。絶縁回路基板11は、冷却装置3のおもて面に接合部材(図示を省略)を介して取り付けられてもよい。半導体チップ12で発生した熱を配線板11b1, 11b2、絶縁板11a及び金属板11cを介して、冷却装置3に伝導させて

放熱することができる。

[0038] 接合部材 14 a, 14 b は、例えば、はんだである。はんだは、鉛フリーはんだが用いられる。鉛フリーはんだは、例えば、錫、銀、銅、亜鉛、アンチモン、インジウム、ビスマスの少なくとも 2 つを含む合金を主成分とする。さらに、はんだには、添加物が含まれてもよい。添加物は、例えば、ニッケル、ゲルマニウム、コバルトまたはシリコンである。はんだは、添加物が含まれることで、濡れ性、光沢、結合強度が向上し、信頼性の向上を図ることができる。

[0039] また、半導体ユニット 10 と冷却装置 3 とを接合する接合部材（図示を省略）は、ろう材、サーマルインターフェース材料であってよい。ろう材は、例えば、アルミニウム合金、チタン合金、マグネシウム合金、ジルコニウム合金、シリコン合金の少なくともいずれかを主成分とする。サーマルインターフェース材料は、例えば、エラストマーシート、RTV (Room Temperature Vulcanization) ゴム、ゲル、フェイズチェンジ材などを含む接着材である。このようろう材またはサーマルインターフェース材料を介して冷却装置 3 に取り付けることで、半導体ユニット 10 の放熱性を向上させることができる。

[0040] 半導体チップ 12 は、シリコンから構成されるパワーデバイス素子を含んでいる。パワーデバイス素子は、例えば、RC (Reverse-Conducting) - IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) である。RC - IGBT は、スイッチング素子である IGBT とダイオード素子である FWD (Free Wheeling Diode) との機能を合わせ持つ。半導体チップ 12 のおもて面には制御電極 12 a (ゲート電極) 及び主電極 12 b である出力電極 (エミッタ電極) を備えている。また、半導体チップ 12 の裏面には主電極である入力電極 (コレクタ電極) を備えている。なお、制御電極 12 a は、半導体チップ 12 のおもて面の一辺側に沿って (または一辺側の中央部に) 設けられている。出力電極は、半導体チップ 12 のおもて面の中央部に設けられている。

[0041] また、半導体チップ 12 は、RC - IGBT に代わり、一組のスイッチ

グ素子及びダイオード素子をそれぞれに用いてもよい。スイッチング素子は、例えば、IGBT、パワーMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) である。このような半導体チップ12は、例えば、裏面に主電極として入力電極 (ドレイン電極、または、コレクタ電極) を、おもて面に、制御電極12a (ゲート電極) 及び主電極12bである出力電極 (ソース電極、または、エミッタ電極) をそれぞれ備えている。ダイオード素子は、例えば、SBD (Schottky Barrier Diode)、PiN (P-intrinsic-N) ダイオード等のFWDである。このような半導体チップ12は、裏面に主電極として出力電極 (カソード電極) を、おもて面に主電極として入力電極 (アノード電極) をそれぞれ備えている。

[0042] また、半導体チップ12は、炭化シリコンを主成分として構成されたパワーMOSFETからなるスイッチング素子を含んでいてよい。このような半導体チップ12は、おもて面に、制御電極12a (ゲート電極)、及び、主電極12bである出力電極 (ソース電極) をそれぞれ備えている。半導体チップ12は、裏面に主電極である入力電極 (ドレイン電極) を備えている。

[0043] リードフレーム13a, 13bは、半導体チップ12及び配線板11b1, 11b2, 11b3の間を電氣的に接続して配線している。半導体ユニット10は、1相分のインバータ回路を構成する装置であってよい。リードフレーム13aは、(配線板11b2上の) 半導体チップ12の主電極12bと配線板11b3とを直接接続している。リードフレーム13bは、(配線板11b1の) 半導体チップ12の主電極12bと配線板11b2とを直接接続している。

[0044] リードフレーム13a, 13bは、主電極接合部13a1, 13b1と第1鉛直連係部13a2, 13b2と水平連係部13a3, 13b3と第2鉛直連係部13a4, 13b4と配線接合部13a5, 13b5とを一体的に含んでいる。なお、リードフレーム13a, 13bは、全体的に同じ厚さであって、平板状を成している。リードフレーム13a, 13bは、これらの各部が折り曲げられて構成されてもよい。リードフレーム13a, 13bは

、導電性に優れた金属により構成されている。このような金属は、例えば、銅、アルミニウム、または、少なくともこれらの一種を主成分とする合金である。リードフレーム13a、13bの全面に対して、耐食性を向上させるために、めっき処理を行ってもよい。この際、用いられるめっき材は、例えば、ニッケル、ニッケル-リン合金、ニッケル-ボロン合金である。

[0045] 主電極接合部13a1、13b1は平板状を成している。主電極接合部13a1、13b1は（配線板11b2、11b1に設けられたそれぞれの）半導体チップ12の主電極12bに接合部材14aにより接合されている。なお、主電極接合部13a1、13b1の平面視の形状は主電極12bと同様に矩形状を成している。

[0046] 第1鉛直連係部13a2、13b2は、その下端部が主電極接合部13a1、13b1の端部に一体的に接続されて、その上端部が主電極接合部13a1、13b1に対して鉛直上方（+Z方向）に延伸している。第1鉛直連係部13a2は、半導体チップ12に接合されている主電極接合部13a1の配線板11b3（-Y方向）側の端部に接合されている。第1鉛直連係部13b2は、半導体チップ12に接合されている主電極接合部13b1の配線板11b2（-X方向）側であって、-Y方向側の端部に接合されている。

[0047] 水平連係部13a3、13b3は、第1鉛直連係部13a2、13b2の上端部に一体的に接続されて、配線板11b3、11b2上までそれぞれ延伸している。この際、水平連係部13a3、13b3は、配線板11b2と配線板11b3との隙間及び配線板11b1と配線板11b2との隙間をそれぞれ跨いでいる。水平連係部13a3、13b3は、絶縁回路基板11に対して平行を成している。また、水平連係部13a3、13b3は同一の高さを成している。

[0048] 第2鉛直連係部13a4、13b4は、その上端部が水平連係部13a3、13b3の端部に一体的に接続されて、その下端部が鉛直下方（-Z方向）に延伸して、配線接合部13a5、13b5に一体的に接続されている。

- [0049] 配線接合部13a5, 13b5は、配線板11b3, 11b2にそれぞれ接合され、第2鉛直係部13a4, 13b4の下端部に一体的に接続されている。配線接合部13a5, 13b5の配線板11b3, 11b2に対する接合は、既述の接合部材でもよく、また、超音波接合でもよい。
- [0050] リードフレーム13aの第1鉛直係部13a2と水平係部13a3と第2鉛直係部13a4と配線接合部13a5とは同一の幅を成している。この幅とは、リードフレーム13aの配線方向(±Y方向)に対して直交する方向(±X方向)の長さである。リードフレーム13bの第1鉛直係部13b2と水平係部13b3と第2鉛直係部13b4との幅は同一の幅を成している。この幅とは、リードフレーム13bの配線方向(±X方向)に対して直交する方向(±Y方向)の長さである。
- [0051] また、筐体20のユニット収納部21e, 21f, 21gに収納された半導体ユニット10a, 10b, 10cの半導体チップ12の制御電極12aは、制御端子25a, 25b, 25cの内端部にワイヤ26により機械的かつ電氣的に接続されている(図1を参照)。ワイヤ26は、導電性に優れた材質を主成分としている。このような材質は、例えば、金、銅、アルミニウム、または、少なくともこれらの1種を含む合金により構成されている。好ましくは、ワイヤ26は、シリコンを微量含むアルミニウム合金であってよい。
- [0052] 次に、冷却装置3について、図6~図11を用いて説明する。図6は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の斜視図である。図7は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の天板の裏面図である。図8は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の断面図である。図9及び図10は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図である。図11は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の別の冷却筐体の断面図である。
- [0053] なお、図6では、冷却装置3が、天板30及び冷却筐体40が分離された状態で示されている。図8は、図6で天板30が設けられた冷却筐体40の

一点鎖線 Y 1 - Y 1 における断面図を示している。図 9 は、図 6 の冷却筐体 4 0 の一点鎖線 Y 2 - Y 2 における断面図を示している。図 1 0 は、図 6 の冷却筐体 4 0 の一点鎖線 X - X における断面図を示している。但し、図 1 0 では、拡散面 4 2 d に対する流入口 4 0 h の位置を破線で示している。図 1 1 は、図 6 でいうところの冷却筐体 4 0 の一点鎖線 X - X における断面図を示している。但し、図 1 1 は、流入口 4 0 h の形成位置が図 1 0 に対して異なる場合を示している。また、図 1 1 は、X 方向に見た、拡散面 4 2 d の周囲を示している。

[0054] 冷却装置 3 は、冷媒が流入されて、内部を流通し、外部に流出されて、半導体モジュール 2 を冷却する。なお、冷媒は、冷却媒体であって、例えば、水、不凍液（エチレングリコール水溶液）、ロングライフクーラント（LLC）が用いられる。このような冷却装置 3 は、天板 3 0 と冷却筐体 4 0 とを含んでいる。冷却装置 3 は、それぞれ、熱伝導性に優れた金属を主成分として構成されている。金属は、例えば、銅、アルミニウム、または、少なくともこれらの一種を含む合金である。冷却装置 3 の耐食性を向上させるために、めっき処理を行ってもよい。この際、用いられるめっき材は、例えば、ニッケル、ニッケル-リン合金、ニッケル-ボロン合金である。

[0055] 天板 3 0 は、平面視で矩形状であって平板状を成している。天板 3 0 は、矩形状の上面 3 1（冷却面）及び上面 3 1 の反対側であって、上面 3 1 に略平行な下面 3 2（フィン形成面）を備えている。上面 3 1 及び下面 3 2 は、平滑である。また、天板 3 0 は上面 3 1 及び下面 3 2 の四方を順に囲む側面 3 0 a ~ 3 0 d を備えている。平面視で、側面 3 0 a, 3 0 c は天板 3 0 の長辺に、側面 3 0 b, 3 0 d は天板 3 0 の短辺にそれぞれ対応している。なお、側面 3 0 a ~ 3 0 d のそれぞれの接続箇所（角部）は、R 面取り、C 面取りされていてもよい。また、天板 3 0 は、上面 3 1 及び下面 3 2 を貫通する挿通孔 3 0 g が形成されている。挿通孔 3 0 g は、平面視で、天板 3 0 の上面 3 1 の後述する冷却領域 3 1 d の角部の外側であって、上面 3 1 及び下面 3 2 の角部の近傍にそれぞれ形成されている。

[0056] 上面31には、半導体ユニット10a~10cがそれぞれ配置されるユニット領域31a~31cがX方向に沿って設定されている。ユニット領域31a~31cは半導体ユニット10a~10cの形状に対応して矩形状を成している。さらに、上面31には、冷却領域31dが設定されている。冷却領域31dは、ユニット領域31a~31cを含み、矩形状を成している。冷却領域31dは、天板30を冷却筐体40に配置した際に、平面視で後述する流路領域41に含まれる。

[0057] 下面32には、複数のフィン33が形成されている（図7及び図8を参照）。複数のフィン33は、上面31の冷却領域31dに対応する下面32の範囲に形成されている。このような複数のフィン33は、側面30a, 30c及び側面30b, 30dに沿ってそれぞれ形成されている。流入された冷媒は、複数のフィン33の間の流路を流れる。このため、複数のフィン33は冷媒の流れを妨げない間隔を空けて形成されている。複数のフィン33は、±Z方向における上端（+Z方向側）と下端（-Z方向側）とを有する。複数のフィン33の上端は、天板30の下面32に熱的及び機械的に接続される。複数のフィン33の上端は、天板30の下面32と一体的に構成されている。すなわち、複数のフィン33は天板30の下面32から-Z方向に突出している。なお、後述するように、このような天板30を冷却筐体40に取り付けると、複数のフィン33の下端は、冷却筐体40の流路領域41の底部である流路底面41eに対して隙間が空いている。

[0058] 複数のフィン33は、それぞれピンフィンであってよい。また、複数のフィン33は、それぞれ、天板30の下面32に平行な断面の形状が矩形である。図7では、菱形を成している場合を例示している。これにより、複数のフィン33の当該断面形状が円形の場合に比べて、冷媒に接触する複数のフィン33の表面積を大きくすることができ、放熱効率を高める。

[0059] また、複数のフィン33は、図7に示されるX-Y面において、側面30a, 30cの方向（長手方向）よりも側面30b, 30dの方向（短手方向）に短い菱形を成す。後述するように、冷却装置3では+X方向に流入され

た冷媒を±Y方向に流すことを意図する。このような菱形の向きにより、冷媒の流れを妨げない。菱形の断面のそれぞれの角部において、R面取り加工が施されていてよい。なお、複数のフィン33は、それぞれ、当該断面形状が多角形であってもよく、例えば、正方形であってもよい。または、複数のフィン33は、それぞれ、当該断面形状が円形であってもよく、例えば、真円であってもよい。また、複数のフィン33は、冷却領域31dにおいて、所定のパターンを形成するように配列されていてよい。複数のフィン33は、図7では千鳥配列されている場合を例示している。複数のフィン33は、冷却領域31dにおいて、正方配列されていてよい。冷却装置3では±Y方向に冷媒を流すために、複数のフィン33は、ピンフィンに代わり、側面30b、30dに平行な平板状のブレードフィンを用いてもよい。

[0060] このような複数のフィン33が形成された天板30は、例えば、鍛造、鋳造（ダイカスト）により形成される。鍛造の場合、ブロック状の既述の導電性に優れた金属を主成分とする部材を金型を用いて加圧し、塑性変形させて、複数のフィン33が形成された天板30が得られる。ダイカストの場合、溶融したダイカスト材を所定の鋳型に流し込み、冷却する。冷却後、鋳型から形成されたものを取り出すことで、複数のフィン33が形成された天板30が得られる。また、この際のダイカスト材は、例えば、アルミニウム系の合金である。または、複数のフィン33が形成された天板30は、ブロック状の既述の金属を主成分とする部材を切削加工により形成してもよい。

[0061] 冷却筐体40は、平面視で矩形状であって、箱型を成している。このような冷却筐体40は、平面視で枠状を成す上面40eと上面40eの四方を順に取り囲む外側面40a~40dとを含む。

[0062] 上面40eの外形のサイズは、天板30と同様である。上面40eの中央部に凹状に窪んだ流路領域41が形成されている。流路領域41は、流路底面41eと内側面41a~41dとにより囲まれている。流路底面41eは、上面40eよりも窪んで（上面40eよりも-Z方向に位置し）平面視で矩形状を成している。流路底面41eは、上面40eと略平行を成している

。内側面41a～41dは、平面視で流路底面41eを四方から順に取り囲み、流路底面41eの各辺と上面40eとを接続している。内側面41a～41dは、それぞれ、外側面40a～40dにそれぞれ対応している。平面視で、内側面41a, 41cは流路底面41eの長辺に対応し、内側面41b, 41dは流路底面41eの短辺に対応する。内側面41a～41dは、流路底面41e及び上面40eに対して略直角を成している。上面40e及び内側面41a～41dはそれぞれ平滑である。また、内側面41a～41dの接続箇所（角部）並びに内側面41a～41d及び流路底面41eの接続箇所は、R面取りされてよい。この場合、後述するように流路領域41に流入された冷媒は、このような接続箇所でも確実に流れるようになり、接続箇所での滞留が抑制される。このため、冷媒が接続箇所に溜まることで接続箇所が腐食してしまうことが防止される。

[0063] また、上面40eは、平面視で、流路領域41を取り囲み、連続する環状のシール部材40fが設けられている。シール部材40fは、弾性部材を主成分として構成される。このような材質は、例えば、ゴムが挙げられる。シール部材40fは、例えば、O（オー）リング、パッキン、ガスケットが挙げられる。上面40eは、締結孔40gが形成されている。締結孔40gは、上面40eの平面視で流路領域41及びシール部材40fの外側であって、上面40eの角部近傍に形成されている。すなわち、締結孔40gは、上面40eに天板30が設けられた際に、挿通孔30gにそれぞれ対応する箇所に形成されている。なお、上面40eの反対側の裏面（図示を省略）は冷却筐体40の裏面である。この裏面もまた平面視で矩形状を成し、平滑である。

[0064] 外側面40a～40dの接続箇所並びに外側面40a～40dの上面40eの接続箇所はR面取りされていてよい。平面視で、外側面40a, 40cは上面40eの長辺に対応し、外側面40b, 40dは上面40eの短辺に対応する。なお、外側面40a～40dの（±Z方向の）高さは、例えば、30mm程度である。

[0065] また、流入口40hが内側面41b及び後述する側面42bの少なくとも一方に形成されている。流入口40hの内側面41bから外側面40bに貫通する流入路40h1が形成されている。さらに、流入路40h1には外側面40b側から配水管44aが隙間なく接続されている。流入路40h1（並びに配水管44a）の貫通方向は、流路領域41の内側面41a、41c（±X方向：長手方向）に略平行を成している。流入口40hは、後述する流入領域42に面している。第1の実施の形態では、流入口40hは、内側面41bの内側面41c寄りに形成されている。これに応じて、流入路40h1及び配水管44aもまた、外側面40bの外側面40c寄りに形成されている。このような流入口40hは、例えば、円形を成している。この場合の流入口40hの直径は、例えば、10mm程度である。これにしたがって、流入路40h1及び配水管44aの直径も同様である。

[0066] また、流出口40iが、内側面41dに形成されている。流出口40iの内側面41dから外側面40dに貫通する流出路40i1が形成されている。さらに、流出路40i1には外側面40d側から配水管44bが隙間なく接続されている。流出路40i1（並びに配水管44b）の貫通方向は、流路領域41の内側面41a、41c（±X方向：長手方向）に略平行を成している。第1の実施の形態では、流出口40iは、内側面41dの内側面41a寄りに形成されている。これに応じて、流出路40i1及び配水管44bもまた、外側面40dの外側面40a寄りに形成されている。但し、流出口40iは、流入口40hから流路領域41の中心を挟んで反対側の角部近傍に形成されてよい。したがって、流出口40iは、内側面41aの内側面41d寄りに形成されてもよい。このような流出口40iの形成位置に対して、流出路40i1及び配水管44bもまた、外側面40aの外側面40d寄りに形成されてよい。このような流出口40iは、例えば、円形を成している。この場合の流出口40iの直径は、例えば、10mm程度である。これにしたがって、流出路40i1及び配水管44bの直径も同様である。

[0067] また冷却筐体40の流路底面41eには流入領域42がさらに形成されて

いる。流入領域42は、流路底面41eの平面視で流入口40hの近傍に、流路底面41eに対して凹状を成して窪んで形成されて、流入口40hに通じている。

[0068] 流入領域42は、流入底面42eと側面42a~42c及び拡散面42dとにより囲まれている。流入底面42eは、流路底面41eよりも窪んで（流路底面41eよりも-Z方向に位置し）平面視で矩形状を成している。流入底面42eは、流路底面41eと略平行を成している。

[0069] 側面42a~42c及び拡散面42dは、平面視で流入底面42eを四方から順に取り囲み、流入底面42eの各辺と流路底面41eとを接続している。なお、第1の実施の形態において、流入領域42は、流路領域41に対して、平面視で内側面41b, 41cが成す角部の近傍に形成されている。したがって、流入領域42の側面42b, 42cは、内側面41b, 41cと同一平面を成している。このため、側面42a及び拡散面42dが流入底面42eと流路底面41eとを接続している。平面視で、側面42a, 42cは流入底面42eの長辺に対応し、側面42b及び拡散面42dは流入底面42eの短辺に対応する。

[0070] 側面42a~42c及び拡散面42dは、流入底面42e及び流路底面41eに対して略直角を成している。すなわち、側面42a~42c及び拡散面42dは、天板30の上面31に略平行な面に対して略直角を成している。なお、側面42aは、流入底面42eに対して、90°以上、125°以下であってよい。すなわち、側面42aは、短手方向（-Y方向）に対して90°以上、125°以下であってよい。側面42aは、流入底面42eに対して、90°未満である場合には、流入領域42を流通する冷媒が流入領域42から流路底面41eに流通しにくくなる。また、側面42aは、流入底面42eに対して、125°を超える場合には、後述するように天板30を冷却筐体40に取り付けた際に、内側面41c側の複数のフィン33に冷媒が当たりにくくなるおそれがある。

[0071] また、拡散面42dは、流入底面42e及び流路底面41eに対して直角

であることが好ましい。なお、拡散面42dは、側面視で（±Y方向から見て）傾斜していてもよい。この場合の傾斜角は、例えば、85°以上、95°以下である。すなわち、拡散面42dは、天板30の上面31に略平行な面に対して85°以上、95°以下を成して傾斜している。

[0072] 流入底面42eと側面42a～42c及び拡散面42dはそれぞれ平滑である。また、側面42a～42c及び拡散面42dの接続箇所（角部）並びに側面42a～42c及び拡散面42dと流入底面42eの接続箇所は、R面取りされてよい。この場合は、後述するように流入領域42に流入された冷媒は、このような接続箇所でも確実に流れるようになり、接続箇所での滞留が抑制される。このため、冷媒が接続箇所に溜まることで接続箇所が腐食してしまうことが防止される。

[0073] また、拡散面42dは、図9及び図10に示されるように、流入口40hに対向することが好ましい。拡散面42dのサイズは、流入口40hの面積よりも大きければよい。拡散面42dの縦（±Z方向）及び横（±Y方向）の長さの例として、図9及び図10に示されるように、流入口40hの直径程度であってよい。

[0074] 流入口40hから拡散面42dの長さL2は、流路領域41の内側面41a、41cの長さL1（流入口40hから内側面41dまでの長さ）に対して3分の1程度であってよい。拡散面42dは、流入口40hに近すぎる場合、拡散面42dが流入口40hを塞いでしまう。この場合、流入口40hから流入された冷媒は、拡散面42dで詰まってしまい、流路領域41内に適切に広がりにくい。他方、拡散面42dが流入口40hから離れすぎる場合、流入口40hから流入された冷媒の流速が拡散面42dに達する前に著しく減少してしまう。この場合、冷媒が拡散面42dに達しても冷媒が拡散面42dによって十分に拡散されず、拡散面42dの効果が得られない。これらを鑑みると、拡散面42dの長さL2は、長さL1の5%以上、30%以下である場合が好ましく、5%以上、15%以下がより好ましい。例えば、長さL1が120mmである場合、長さL2は、例えば、30mmが好ま

しく、さらに、15 mmである場合がより好ましい。

[0075] なお、流入口40hは、拡散面42dに対して平行であって、+X方向に見て、拡散面42dに一部重複していればよい。例えば、図11に示されるように、流入口40hは、拡散面42dよりも上方(+Z方向)に位置して、X方向に見て、流入口40hの下部が拡散面42dに重複している。この場合に限らず、流入口40hが拡散面42dよりも左右方向(+Y方向または-Y方向)に位置して、X方向に見て、流入口40hの右部または左部が拡散面42dに重複してもよい。

[0076] このような冷却筐体40は、例えば、鍛造、鋳造(ダイカスト)により形成される。鍛造の場合、ブロック状の既述の導電性に優れた金属を主成分とする部材を金型を用いて加圧し、塑性変形させることで、冷却筐体40が得られる。ダイカストの場合、溶融したダイカスト材を所定の鋳型に流し込み、冷却した後、鋳型から取り出すことで、冷却筐体40が得られる。また、この際のダイカスト材は、例えば、アルミニウム系の合金である。または、冷却筐体40は、ブロック状の既述の金属を主成分とする部材を切削加工により形成してもよい。また、配水管44a, 44bは別途製造して、冷却筐体40の流入路40h1及び流出路40i1に溶接により接合してもよい。

[0077] このような構成を有する冷却筐体40の上面40eに天板30の下面32を取り付ける(例えば、図8を参照)。すると、シール部材40fが上面40eと天板30の下面32に挟持されることで、上面40eと天板30の下面32との隙間が密閉される。これにより、冷却筐体40の流路領域41が天板30により塞がれる。流路領域41内の冷媒が外部に漏れ出ることが防止される。また、冷却筐体40の流路領域41に複数のフィン33が収納される。以上により、冷却装置3が構成される。このような冷却装置3の配水管44a, 44bにポンプを接続する。ポンプにより配水管44aを經由して流入口40hから流路領域41に冷媒を流入する。冷却装置3の流路領域41内の複数のフィン33の間を流通した冷媒が流出口40iから流出し、ポンプにより再び、配水管44aを經由して流入口40hから冷却装置3の

流路領域 4 1 に流入する。なお、冷媒の流路領域 4 1 における流路については後述する。

[0078] なお、流入口 4 0 h（並びに流入路 4 0 h 1 及び配水管 4 4 a）と流出口 4 0 i（並びに流出路 4 0 i 1 及び配水管 4 4 b）は入れ替えて形成してもよい。すなわち、内側面 4 1 a の内側面 4 1 b 寄りに流出口 4 0 i を設け、内側面 4 1 d の内側面 4 1 a 寄りに流出口 4 0 i を設けてもよい。この場合、流入領域 4 2 もまた、流路領域 4 1 の内側面 4 1 a, 4 1 d が成す角部の近傍に、流入口 4 0 h を含むように設けられる。

[0079] ここで、参考例として、流入領域 4 2 が形成されていない冷却装置 3（冷却筐体）について、図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 は、参考例の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流路を示す図である。なお、図 1 2 は、冷却装置 3 から天板 3 0 を除いた冷却筐体 1 4 0 の平面図を示している。冷却筐体 1 4 0 は、冷却筐体 4 0 において流入領域 4 2 が除かれている。すなわち、冷却筐体 1 4 0 の流路領域 4 1 の流路底面 4 1 e の全体が同一平面を成している。また、破線の矢印は冷媒の流れを表している。

[0080] 冷却筐体 1 4 0 の配水管 4 4 a から冷媒を流入すると、冷媒は配水管 4 4 a 及び流入路 4 0 h 1 を流通して流入口 4 0 h から流路領域 4 1 に流入する。すなわち、冷媒は、内側面 4 1 a, 4 1 c（+X 方向：長手方向）に平行を成して流路領域 4 1 に流入する。

[0081] 流入口 4 0 h から流入した冷媒は、流路領域 4 1 内を +X 方向に進みつつ、X 方向及び -Y 方向（内側面 4 1 a, 4 1 d が成す角部の近傍）に進み、流路領域 4 1 内に広がっていく。そして、冷媒は、流出口 4 0 i に向かって広がっていく。

[0082] しかしながら、冷媒は平面視で流路領域 4 1 内を上記のように広がっていくため、図 1 2 中の破線で囲んだ領域 A を流通しにくい。このため、冷却装置 3（冷却筐体 1 4 0）の天板 3 0 の上面 3 1 は位置により冷却能力にばらつきが生じる。すなわち、平面視で、流路領域 4 1 の +X 方向の半分の範囲では半導体モジュール 2 を適切に冷却することができる。ところが、平面視

で、流路領域41の領域A上（流入口40hの近傍）の半導体モジュール2に対する冷却能力が低下してしまう。

[0083] このような冷却筐体140を含む冷却装置3の天板30の上面31の冷却能力にばらつきが生じる。このため、冷却装置3に配置された半導体モジュール2を適切に冷却することができない。

[0084] 次に、第1の実施の形態の冷却装置3の冷媒の流れについて、図13を用いて説明する。図13は、第1の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流れを示す図である。なお、図13は、図12と同様に、冷却装置3から天板30を除いた冷却筐体40の平面図を示している。図13でも、破線の矢印は冷媒の流れを表している。

[0085] 冷却筐体40の配水管44aから冷媒を流入すると、冷媒は配水管44a及び流入路40h1を流通して流入口40hから流入領域42に流入する。すなわち、冷媒は、内側面41a、41c（+X方向：長手方向）に平行を成して流入領域42に流入する。

[0086] 冷媒は+X方向に流入領域42を直進すると、拡散面42dに突き当たる。冷媒の一部は拡散面42dを超えてそのまま内側面41dに進む。また、拡散面42dに突き当たった冷媒の一部は、拡散面42dで拡散される。拡散された冷媒は、拡散面42dから-Y方向（内側面41a並びに外側面40aに向けて）、並びに、-Y方向及び-X方向（内側面41a、41b（外側面40a、40b）が成す角部の近傍）に広がる。冷媒は、図12の領域Aを流通するようになる。このように内側面41a、41bに進んだ冷媒は、その後、流出口40iに向かって進む。

[0087] 拡散面42dを超えてそのまま内側面41dに進む冷媒は、流路領域41内を+X方向に直進しつつ、X方向及び-Y方向（内側面41a、41dが成す角部の近傍）にも進み、流路領域41内に広がっていく。そして、冷媒は、流出口40iに向かって広がっていく。

[0088] 上記を踏まえると、流入口40h（並びに配水管44a）及び流出口40i（並びに配水管44b）を短辺である内側面41b（及び外側面40b）

及び内側面41d（及び外側面40d）に設けても、冷却装置3の天板30の位置に応じた冷却能力にばらつきが発生せず、冷却能力を均等にでき、冷却能力の低下を抑制することができる。このため、冷却装置3の外側面40a、40cの側部の領域が空くことになる。このため、冷却装置3の冷却能力の低下を抑制しつつ、冷却装置3の外側面40a、40cのいずれかの側部にキャパシタを配置することができる。このようなキャパシタは半導体モジュール2に隣接させることができ、キャパシタ及び半導体モジュール2の接続が容易となる。

[0089] また、流入口40hから流入した冷媒の流路領域41に対する大まかな流通経路は、流路領域41に対して内側面41a、41c（+X方向：長手方向）に平行に入り込んで、流路領域41内では、内側面41b、41d（-Y方向：短手方向）に平行に広がる。冷媒は、流路領域41内への広がり短手方向に進むため、圧力損失を抑制しつつ、流路領域41を広がる。

[0090] 流入口40hから流入した冷媒は流路領域41内の複数のフィン33の間の流路を流通して流出口40iから流出する。これにより、冷却装置3に配置された半導体モジュール2を冷却することができる。

[0091] 上記の半導体装置1は、半導体チップ12と、半導体チップ12が搭載される冷却装置3と、を含んでいる。冷却装置3は、半導体チップ12が配置される上面31と上面31の反対側の下面32とを含む天板30と冷却筐体40とを備えている。冷却筐体40は、平面視で矩形状を成し、外側面40a～40dで順に四方が囲まれた上面40eに、凹状を成し、上面40eよりも窪んだ流路底面41eを含む流路領域41が形成され、上面40eに天板30の下面32が配置されて流路領域41が天板30で塞がれる。さらに、冷却筐体40は、平面視で、外側面40a、40cが長辺側に、外側面40b、40dが短辺側にそれぞれ位置し、外側面40bの外側面40cの近傍に流路領域41に連通し、媒体が流路領域41に向けて長手方向に流入される流入口40hが外側面40cに対応する内側面41cに形成されている。そして、流路底面41eの流入口40hの近傍に、凹状を成し、流路底面

4 1 e よりも窪んで、流入口 4 0 h に通じる流入領域 4 2 が形成され、流入領域 4 2 は、流入口 4 0 h に対向する拡散面 4 2 d を含む。

[0092] これにより、流入口 4 0 h から流入された冷媒は + X 方向に流入領域 4 2 を直進すると、拡散面 4 2 d に突き当たる。冷媒の一部は拡散面 4 2 d を超えてそのまま内側面 4 1 d に進む。また、拡散面 4 2 d に突き当たった冷媒の一部は、拡散面 4 2 d で拡散される。拡散された冷媒は、拡散面 4 2 d から外側面 4 0 a 側、並びに、外側面 4 0 a, 4 0 b が成す角部近傍に向けて広がる。このように進んだ冷媒は、その後、流出口 4 0 i に向かって進む。拡散面 4 2 d を超えてそのまま内側面 4 1 d に進む冷媒は、流路領域 4 1 内を + X 方向に直進しつつ、内側面 4 1 a, 4 1 d が成す角部の近傍にも進み、流路領域 4 1 内に広がっていく。冷媒は、最終的に流出口 4 0 i に向かって広がっていく。したがって、冷媒は流路領域 4 1 内の全体を流通し、冷却装置 3 の天板 3 0 の位置による冷却能力のばらつきを抑制し、天板 3 0 で均一に冷却することができるようになる。また、このような半導体装置 1 は、流入口 4 0 h を外側面 4 0 b に設けているため、冷却装置 3 の外側面 4 0 a, 4 0 c の側部であって、半導体チップ 1 2 に隣接してキャパシタを配置することができる。したがって、半導体装置 1 は、キャパシタを半導体チップ 1 2 に対して適した領域に配置することができ、冷却装置 3 の冷却能力の低下が抑制され、信頼性の低下を防止することができる。

[0093] (変形例 1 - 1)

変形例 1 - 1 では、上記の冷却装置 3 に含まれる流入領域 4 2 の変形例について図 1 4 を用いて説明する。図 1 4 は、第 1 の実施の形態 (変形例 1 - 1) の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。なお、図 1 4 は、図 1 3 における流入領域 4 2 の近傍の拡大図である。

[0094] 拡散面 4 2 d は、図 1 4 (A) に示されるように、平面視で、側面 4 2 a に対して、鋭角に傾斜してよい。すなわち、拡散面 4 2 d は、長手方向 (+ X 方向) に対して、鋭角に傾斜してよい。傾斜した拡散面 4 2 d に突き当たって拡散された冷媒は、より確実に、拡散面 4 2 d から内側面 4 1 a (外側

面40a)側に、並びに、内側面41a, 41b(外側面40a, 40b)が成す角部の近傍に広がる。但し、拡散面42dの傾斜角度が大きすぎる(長手方向に対して鈍角に傾斜する)場合は、流入された冷媒のうち+X方向への直進が難しくなることが考えられる。このため、傾斜角度は、例えば、80°以上、90°以下であることが好ましい。すなわち、拡散面42dは、長手方向(+X方向)に対して傾斜角度が、80°以上、90°以下であることが好ましい。

[0095] また、側面42aは、図14(B)に示されるように、平面視で、拡散面42dに対して、鋭角に傾斜してよい。すなわち、側面42aは、短手方向(-Y方向)に対して、鋭角に傾斜してよい。流入口40hから流入された冷媒は、+X方向に進むに連れて広がっている流入領域42を進むと第1の実施の形態と同様に拡散面42dに突き当たって、拡散される。拡散された冷媒は、拡散面42dから内側面41a(外側面40a)側に、並びに、内側面41a, 41b(外側面40a, 40b)が成す角部の近傍に広がる。但し、側面42aの傾斜角度が大きすぎる(短手方向に対して鈍角に傾斜する)場合は、流入された冷媒の流速が低下してしまうおそれがある。このため、傾斜角度は、例えば、80°以上、90°以下である。すなわち、側面42aは、短手方向(-Y方向)に対して傾斜角度が、80°以上、90°以下である。なお、流入領域42は、拡散面42d及び側面42aのいずれもが上記の図14(A), 14(B)の場合のようにそれぞれ傾斜していてもよい。

[0096] (変形例1-2)

変形例1-2では、上記の冷却装置3に含まれる流入領域42の変形例について図15を用いて説明する。図15は、第1の実施の形態(変形例1-2)の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。なお、図15は、図13における流入領域42の近傍の拡大図である。

[0097] 変形例1-2の冷却筐体40の流入領域42の流入底面42eに誘導壁42gが形成されている。誘導壁42gは、流入底面42eに対して+Z方向

に延伸するように形成されている。誘導壁42gは、内側面41b（流入口40h）に対向する面を備えればよい。また、誘導壁42gは拡散面42dと同様に傾斜されてもよい。

[0098] 流入口40hから流入された冷媒は、流入領域42を+X方向に直進する。この際、誘導壁42gにより、冷媒の一部は、-Y方向に誘導される。したがって、冷媒は、流入領域42に拡散面42dのみが設けられる場合に比べて、より確実に、流入領域42から内側面41a（外側面40a）に、並びに、内側面41a, 41b（外側面40a, 40b）が成す角部の近傍に広がる。

[0099] なお、図15の誘導壁42gは平板状を成しているが、内側面41b（流入口40h）に平行で対向する面を備えれば、平板状に限らない。例えば、ブロック状、半球体状であってもこのような面を備えればよい。また、図15では、2つの誘導壁42gを形成している場合を示している。誘導壁は2つに限らず、1つ、または、3つ以上であってもよい。誘導壁42gは、流入口40hに近すぎる場合には、誘導壁42gが流入口40hを塞いでしまうため、冷媒の流入の妨げになってしまう。このため、最も流入口40hに近い誘導壁42gは、流入口40hから最も流入口40hに近い誘導壁42gまでの長さが、長さL1の5%以上であって、拡散面42dよりも流入口40h側であることを要する。

[0100] また、図15の誘導壁42gは、流入領域42の流入底面42eの±Y方向の中央に形成されている。誘導壁42gの形成箇所はこの場合に限らず、側面42a, 42cのいずれかに接して流入底面42eに形成してよい。または、誘導壁42gは、側面42a, 42cに対して、互い違いに形成されてもよい。

[0101] また、誘導壁42gの±Y方向の幅は、拡散面42dの同方向の幅と同程度であれば、誘導壁42gが冷媒の直進の殆どを妨げてしまう。また、誘導壁42gの±Y方向の幅が、拡散面42dの同方向の幅よりも小さすぎると冷媒の誘導効果が低下する。このため、誘導壁42gの±Y方向の幅は、拡

散面 4 2 d の同方向の幅に対して、4 5 % 以上、5 5 % 以下であって、例えば、5 0 % であってよい。

[0102] [第 2 の実施の形態]

第 2 の実施の形態の冷却装置 3 の冷却筐体 4 0 について、図 1 6 ~ 図 1 8 を用いて説明する。図 1 6 は、第 2 の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。図 1 7 及び図 1 8 は、第 2 の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図である。

[0103] 第 2 の実施の形態の冷却筐体 4 0 は、第 1 の実施の形態の冷却筐体 4 0 に対して溝部 4 2 f が新たに形成されている。第 2 の実施の形態の冷却筐体 4 0 の溝部 4 2 f 以外の構成は、第 1 の実施の形態の冷却筐体 4 0 と同様である。

[0104] このような溝部 4 2 f は、平面視で、流入領域 4 2 の拡散面 4 2 d から内側面 4 1 c (+ X 方向 : 長手方向) に沿って内側面 4 1 d に到達するように流路領域 4 1 に形成されている。溝部 4 2 f の ± Y 方向の幅は、流入領域 4 2 の同方向の幅と等しい。また、溝部 4 2 f は、溝底面 4 2 f 1 と溝側面 4 2 f 2 と内側面 4 1 c, 4 1 d とで画定されている。

[0105] 溝底面 4 2 f 1 は、拡散面 4 2 d に接続されて、内側面 4 1 c (長手方向) に沿って内側面 4 1 d に向かって延伸し、内側面 4 1 d に接続されている。溝底面 4 2 f 1 は、± Z 方向において、流路底面 4 1 e よりも下位であって、流入底面 4 2 e よりも上位に位置する。また、溝底面 4 2 f 1 は、流路底面 4 1 e 及び流入底面 4 2 e と略平行を成している。溝底面 4 2 f 1 の全体は、平滑である。なお、溝底面 4 2 f 1 の流路底面 4 1 e からの深さは、浅すぎると、冷媒が溝部 4 2 f に沿って直進せず、深すぎると、溝部 4 2 f 内を直進する冷媒が流路領域 4 1 に流れ出にくくなる。そこで、溝底面 4 2 f 1 の流路底面 4 1 e からの深さは、流入底面 4 2 e の流路底面 4 1 e からの深さに対して、1 0 % 以上であることが好ましい。

[0106] 溝側面 4 2 f 2 は、内側面 4 1 c (長手方向) に平行であって、内側面 4 1 d まで延伸している。溝側面 4 2 f 2 は、溝底面 4 2 f 1 と流路底面 4 1

eとを接続している。また、第2の実施の形態では、溝側面42f2は、溝底面42f1と流路底面41eとに対して垂直である場合を例示している。溝側面42f2は、溝底面42f1に対して鈍角に傾斜してよい。すなわち、溝側面42f2は、短手方向に対して鈍角に傾斜してよい。これにより、溝側面42f2が垂直に設けられている場合に生じるおそれがある渦流が抑制される。但し、傾斜角度が大きすぎると、溝側面42f2から流れ出る冷媒が複数のフィン33に当たらずにおそれがある。このため、傾斜角度は、例えば、90°より大きく、125°以下である。すなわち、溝側面42f2は、短手方向に対して、傾斜角度が90°より大きく、125°以下である。

[0107] 次に、第2の実施の形態の冷却装置3の冷媒の流れについて、図19を用いて説明する。図19は、第2の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷媒の流れを示す図である。なお、図19は、図16と同様に、冷却装置3から天板30を除いた冷却筐体40の平面図を示している。図19でも、破線の矢印は冷媒の流れを表している。

[0108] 冷却筐体40の配水管44aから冷媒を流入すると、冷媒は配水管44a及び流入路40h1を流通して流入口40hから流入領域42に流入する。すなわち、冷媒は、内側面41a、41c（+X方向：長手方向）に平行を成して流入領域42に流入する。

[0109] このような冷媒の一部は、第1の実施の形態と同様に、拡散面42dに突き当たり、拡散面42dで拡散される。拡散された冷媒は、拡散面42dから-Y方向（内側面41a並びに外側面40aに向けて）、並びに、-Y方向及び-X方向（内側面41a、41b（外側面40a、40b）が成す角部の近傍）に広がる。このように、冷媒は、図12の領域Aを流通するようになる。このように内側面41a、41bに進んだ冷媒は、その後、流出口40iに向かって進む。

[0110] また、流入領域42に流入した冷媒は、拡散面42dを超えてそのまま内側面41dに進む。拡散面42dを超えて+X方向に流通する冷媒は、溝部

4 2 f 内を内側面 4 1 d に向かって直進する。この間、冷媒の一部は、溝部 4 2 f から溝側面 4 2 f 2 を -Y 方向に乗り越えて内側面 4 1 a に向かって流れ出す。

[0111] 内側面 4 1 d に到達した冷媒は、内側面 4 1 d (-Y 方向：短手方向) に沿って内側面 4 1 a に向かって流通して、流出口 4 0 i から流出する。溝部 4 2 f から流れ出した冷媒は内側面 4 1 a に向かって流通して、内側面 4 1 a に到達すると、内側面 4 1 a に沿って内側面 4 1 d に向かって流通し、流出口 4 0 i から流出する。

[0112] 第 2 の実施の形態の冷却筐体 4 0 では、第 1 の実施の形態と同様に、拡散面 4 2 d により拡散された冷媒は、拡散面 4 2 d から -Y 方向 (内側面 4 1 a 並びに外側面 4 0 a に向けて)、並びに、-Y 方向及び -X 方向 (内側面 4 1 a, 4 1 b (外側面 4 0 a, 4 0 b) が成す角部の近傍) に広がる。さらに、溝部 4 2 f を設けることで、溝部 4 2 f を流通する冷媒を、内側面 4 1 c から内側面 4 1 a に向けて内側面 4 1 d (短手方向) に沿って流路領域 4 1 内を流通させることができる。したがって、第 2 の実施の形態の冷却筐体 4 0 では、冷媒を、第 1 の実施の形態の場合よりも、流路領域 4 1 の全体に行き渡らせることができる。このため、冷却筐体 4 0 に設けられた天板 3 0 の上面 3 1 の位置に応じた冷却能力のばらつきをさらに抑制し、冷却能力を均等にでき、冷却能力の低下をより抑制することができる。

[0113] (変形例 2-1)

変形例 2-1 では、上記の冷却装置 3 に含まれる溝部 4 2 f の溝底面 4 2 f 1 の変形例について図 2 0 を用いて説明する。図 2 0 は、第 2 の実施の形態 (変形例 2-1) の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図である。なお、図 2 0 は、図 1 7 に対応するものである。変形例 2-1 の冷却筐体 4 0 は、第 2 の実施の形態の冷却筐体 4 0 に対して溝部 4 2 f 以外は同様の構成を成している。

[0114] 変形例 2-1 の冷却筐体 4 0 に含まれる溝部 4 2 f の溝底面 4 2 f 1 は、第 2 の実施の形態と同様に、拡散面 4 2 d に接続されて、内側面 4 1 c (長

手方向)に沿って延伸し、内側面41dに接続されている。この際、溝底面42f1は、内側面41dに向かうに連れて上るように傾斜している。すなわち、溝底面42f1は、拡散面42d側よりも内側面41d側の方が高位に位置する。例えば、図20によれば、拡散面42d側の溝底面42f1から上面40eの位置までの高さH1は、内側面41d側の溝底面42f1から上面40eの位置までの高さH2よりも大きい。溝底面42f1は、内側面41dに向かうに連れて上っていればよい。図20の溝底面42f1は、拡散面42dから+X方向に進むに連れて上っている。溝底面42f1は、ある位置から傾斜角度を小さくして引き続き上っている。このように途中から傾斜角度が変わる点が複数あってもよい。または、溝底面42f1は、曲面を成して上ってもよい。

[0115] このような溝部42fを含む冷却筐体40に対しても上記と同様に冷媒を流入する。冷媒は配水管44a及び流入路40h1を流通して流入口40hから流入領域42に流入する。そして、冷媒は、内側面41a, 41c(+X方向:長手方向)に平行を成して流入領域42に流入する。

[0116] このような冷媒の一部は、第1の実施の形態と同様に、拡散面42dに突き当たり、拡散面42dで拡散されて、拡散面42dから-Y方向(内側面41a並びに外側面40aに向けて)、並びに、-Y方向及び-X方向(内側面41a, 41b(外側面40a, 40b)が成す角部の近傍)に広がる。

[0117] また、流入領域42に流入した冷媒は、拡散面42dを超えて溝部42f内を内側面41dに進む。この際、高さH2は高さH1よりも小さい。冷媒は、溝部42fの拡散面42d側よりも内側面41d側の方が流れにくくなる。したがって、溝部42fの(長手方向の)全体から冷媒が内側面41aに向かって流れ出すようになる。これに伴い、内側面41b側と内側面41d側と流路領域41の中央部分とで流速の差を小さくすることができる。したがって、変形例2-1の冷却筐体40では、冷媒を、第2の実施の形態の場合よりも、流路領域41の全体に行き渡らせることができる。

[0118] なお、第2の実施の形態の流入領域42に対しても変形例1-1に記載のように拡散面42d及び側面42aの少なくとも一方を傾斜してよい。また、第2の実施の形態の流入領域42に対しても変形例1-2に記載のように誘導壁42gを形成してよい。

[0119] [第3の実施の形態]

第3の実施の形態の冷却装置3（冷却筐体40）について図21～図23を用いて説明する。図21は、第3の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の平面図である。図22及び図23は、第3の実施の形態の半導体装置に含まれる冷却装置の冷却筐体の断面図である。なお、図22は、図21の一点鎖線Y-Yにおける断面図である。図23は、図21の一点鎖線X-Xにおける断面図である。

[0120] 第3の実施の形態の冷却筐体40では、第2の実施の形態の冷却筐体40に対して、流出口40i側にも流入領域42に対応する流出領域43と溝部42fに対応する溝部43fが形成されている。

[0121] まず、流出領域43は、流出底面43eと側面43a～43dとにより囲まれている。流出底面43eは、流路底面41eよりも窪んで（流路底面41eよりも-Z方向に位置し）平面視で矩形状を成している。流出底面43eは、流路底面41eと略平行を成している。

[0122] 側面43a～43d、平面視で流出底面43eを四方から順に取り囲み、流出底面43eの各辺と流路底面41eとを接続している。なお、第3の実施の形態において、流出領域43は、流路領域41に対して、平面視で内側面41a、41dが成す角部の近傍に形成されている。したがって、流出領域43の側面43a、43dは、内側面41a、41dと同一平面を成している。このため、側面43b、43cが流出底面43eと流路底面41eとを接続している。平面視で、側面43a、43cは流出底面43eの長辺に対応し、側面43b、43dは流出底面43eの短辺に対応する。

[0123] このように流出領域43（側面43a～43dと流出底面43e）は、流入領域42（側面42a～42c及び拡散面42dと流入底面42e）に対

応している。特に、側面43b及び拡散面42dと、側面43c及び側面42aとがそれぞれ対応している。したがって、流出領域43は、第1の実施の形態で説明したような流入領域42と同様のサイズであってよい。また、側面43b、43cは、第1の実施の形態で説明したように拡散面42d及び側面42aと同様の傾斜角度であってよい。

[0124] また、溝部43fは、平面視で、流出領域43の側面43bから内側面41bに向かい、内側面41a（-X方向：長手方向）に沿って流路領域41に形成されている。溝部43fの±Y方向の幅は、流出領域43の同方向の幅と等しい。また、溝部43fは、溝底面43f1と溝側面43f2と内側面41a、41bとで画定されている。

[0125] 溝底面43f1は、側面43bに接続されて、内側面41a（長手方向）に沿って延伸し、内側面41bに接続されている。溝底面43f1は、±Z方向において、流路底面41eよりも下位であって、流出底面43eよりも上位に位置する。また、溝底面43f1は、流路底面41e及び流出底面43eと略平行を成している。溝底面43f1の全体は、平滑である。なお、溝底面43f1の流路底面41eからの深さは、浅すぎると、冷媒が溝部43fに沿って直進せず、深すぎると、溝部43f内を直進する冷媒が流路領域41に流れ出にくくなる。そこで、溝底面43f1の流路底面41eからの深さは、流出底面43eの流路底面41eからの深さに対して、10%以上であることが好ましい。

[0126] 溝側面43f2は、内側面41a（長手方向）に平行であって、内側面41bまで延伸している。溝側面43f2は、溝底面43f1と流路底面41eと接続している。また、第3の実施の形態では、溝側面43f2は、溝底面43f1と流路底面41eとに対して垂直である場合を例示している。溝側面43f2は、溝底面43f1に対して鈍角に傾斜してよい。すなわち、溝側面43f2は、短手方向（+Y方向）に対して鈍角に傾斜してよい。これにより、溝側面43f2が垂直に設けられている場合に生じるおそれがある渦流が抑制される。但し、傾斜角度が大きすぎると、溝側面43f2に入

り込む冷媒が複数のフィン33に当たらずおそれがある。このため、傾斜角度は、例えば、 $90^\circ$  より大きく、 $125^\circ$  以下である。すなわち、溝側面43f2は、短手方向に対して、傾斜角度が $90^\circ$  より大きく、 $125^\circ$  以下である。

[0127] このように第3の実施の形態の冷却筐体40は、第2の実施の形態の冷却筐体40に対して流出口40i側にも流出領域43及び溝部43fが形成されている。すなわち、流出領域43及び溝部43fは、流入領域42及び溝部42fに対して点対称を成し、冷却筐体40のバランスが取れる。このため、冷却筐体40内の冷媒を送り込む圧力の偏りが無くなり、冷却装置3の流路領域41内に流入した冷媒が確実に流路領域41の全体を流通し、流出される。

[0128] 上記については単に本発明の原理を示すものである。さらに、多数の変形、変更が当業者にとって可能であり、本発明は上記に示し、説明した正確な構成及び応用例に限定されるものではなく、対応するすべての変形例及び均等物は、添付の請求項及びその均等物による本発明の範囲とみなされる。

## 符号の説明

- [0129]
- 1 半導体装置
  - 2 半導体モジュール
  - 3 冷却装置
  - 10, 10a, 10b, 10c 半導体ユニット
  - 11 絶縁回路基板
  - 11a 絶縁板
  - 11b1, 11b2, 11b3 配線板
  - 11c 金属板
  - 12 半導体チップ
  - 12a 制御電極
  - 12b 主電極
  - 13a, 13b リードフレーム

- 1 3 a 1, 1 3 b 1 主電極接合部
- 1 3 a 2, 1 3 b 2 第1鉛直連係部
- 1 3 a 3, 1 3 b 3 水平連係部
- 1 3 a 4, 1 3 b 4 第2鉛直連係部
- 1 3 a 5, 1 3 b 5 配線接合部
- 1 4 a, 1 4 b 接合部材
- 2 0 筐体
- 2 1 外枠
- 2 1 a, 2 1 b, 2 1 c, 2 1 d 外壁
- 2 1 e, 2 1 f, 2 1 g ユニット収納部
- 2 1 i 貫通孔
- 2 2 a, 2 2 b, 2 2 c 第1接続端子
- 2 3 a, 2 3 b, 2 3 c 第2接続端子
- 2 4 a U相出力端子
- 2 4 b V相出力端子
- 2 4 c W相出力端子
- 2 5 a, 2 5 b, 2 5 c 制御端子
- 2 6 ワイヤ
- 3 0 天板
- 3 0 a~3 0 d 側面
- 3 0 g 挿通孔
- 3 1 上面（冷却面）
- 3 1 a~3 1 c ユニット領域
- 3 1 d 冷却領域
- 3 2 下面（フィン形成面）
- 3 3 フィン
- 4 0 冷却筐体
- 4 0 a~4 0 d 外側面

- 4 0 e 上面
- 4 0 f シール部材
- 4 0 g 締結孔
- 4 0 h 流入口
- 4 0 h 1 流入路
- 4 0 i 流出口
- 4 0 i 1 流出路
- 4 1 流路領域
- 4 1 a ~ 4 1 d 内側面
- 4 1 e 流路底面
- 4 2 流入領域
- 4 3 流出領域
- 4 2 a ~ 4 2 c, 4 3 a ~ 4 3 d 側面
- 4 2 d 拡散面
- 4 2 e 流入底面
- 4 2 f, 4 3 f 溝部
- 4 2 f 1, 4 3 f 1 溝底面
- 4 2 f 2, 4 3 f 2 溝側面
- 4 2 g 誘導壁
- 4 3 e 流出底面
- 4 4 a, 4 4 b 配水管

## 請求の範囲

- [請求項1] 半導体チップと、  
前記半導体チップが搭載される冷却装置と、  
を含み、  
前記冷却装置は、  
前記半導体チップが配置される第1上面と前記第1上面の反対側の第1下面とを含む天板と、  
平面視で矩形状を成し、第1外側面、第2外側面、第3外側面、第4外側面で順に四方が囲まれた第2上面に、凹状を成し、前記第2上面よりも窪んだ流路底面を含む流路領域が形成され、前記第2上面に前記天板の前記第1下面が配置されて前記流路領域が前記天板で塞がれる冷却筐体と、  
を備え、  
前記冷却筐体は、  
平面視で、前記第1外側面及び前記第3外側面が長辺側に、前記第2外側面及び前記第4外側面が短辺側にそれぞれ位置し、  
前記第2外側面の前記第3外側面の近傍に前記流路領域に連通し、冷却媒体が前記流路領域に向けて長手方向に流入される流入口が形成され、  
前記流路底面の前記流入口の近傍に、凹状を成し、前記流路底面よりも窪んで、前記流入口に通じる流入領域が形成され、  
前記流入領域は、前記流入口に対向する拡散面を含む、  
半導体装置。
- [請求項2] 前記拡散面は、前記天板の前記第1上面に平行な面に対して85°以上、95°以下を成して傾斜している、  
請求項1に記載の半導体装置。
- [請求項3] 前記流路領域は、平面視で矩形状を成し、前記第1外側面、前記第2外側面、前記第3外側面、前記第4外側面にそれぞれ対向し、前記

流路底面の四方を取り囲む第1内側面、第2内側面、第3内側面、第4内側面を備え、

前記流入領域は、前記第2内側面と前記第3内側面とが成す角部の近傍に設けられている、

請求項2に記載の半導体装置。

[請求項4] 平面視で、前記流入口から前記拡散面までの距離は、前記流路底面の長辺の長さに対して、5%以上、30%以下である、

請求項3に記載の半導体装置。

[請求項5] 前記流入領域は、前記拡散面よりも前記流入口側に、前記流入口に対向する誘導壁をさらに有する、

請求項1に記載の半導体装置。

[請求項6] 平面視で、前記誘導壁の幅は、前記拡散面の幅の45%以上、55%以下である、

請求項5に記載の半導体装置。

[請求項7] 前記流路領域は、前記拡散面から前記第4内側面に向かい、前記第3内側面に沿って形成された第1溝部をさらに含み、

前記第1溝部は、前記流入領域の底部よりも上位であって、前記流路底面よりも下位である第1溝底面を含む、

請求項3に記載の半導体装置。

[請求項8] 平面視で前記第1溝底面の前記短辺に平行な方向の幅は、前記流入領域の前記短辺に平行な方向の幅と等しい、

請求項7に記載の半導体装置。

[請求項9] 前記第4外側面の前記第1外側面の近傍に前記流路領域に連通し、前記冷却媒体が前記冷却筐体の外側に向けて長手方向に流出される流出口が形成されている、

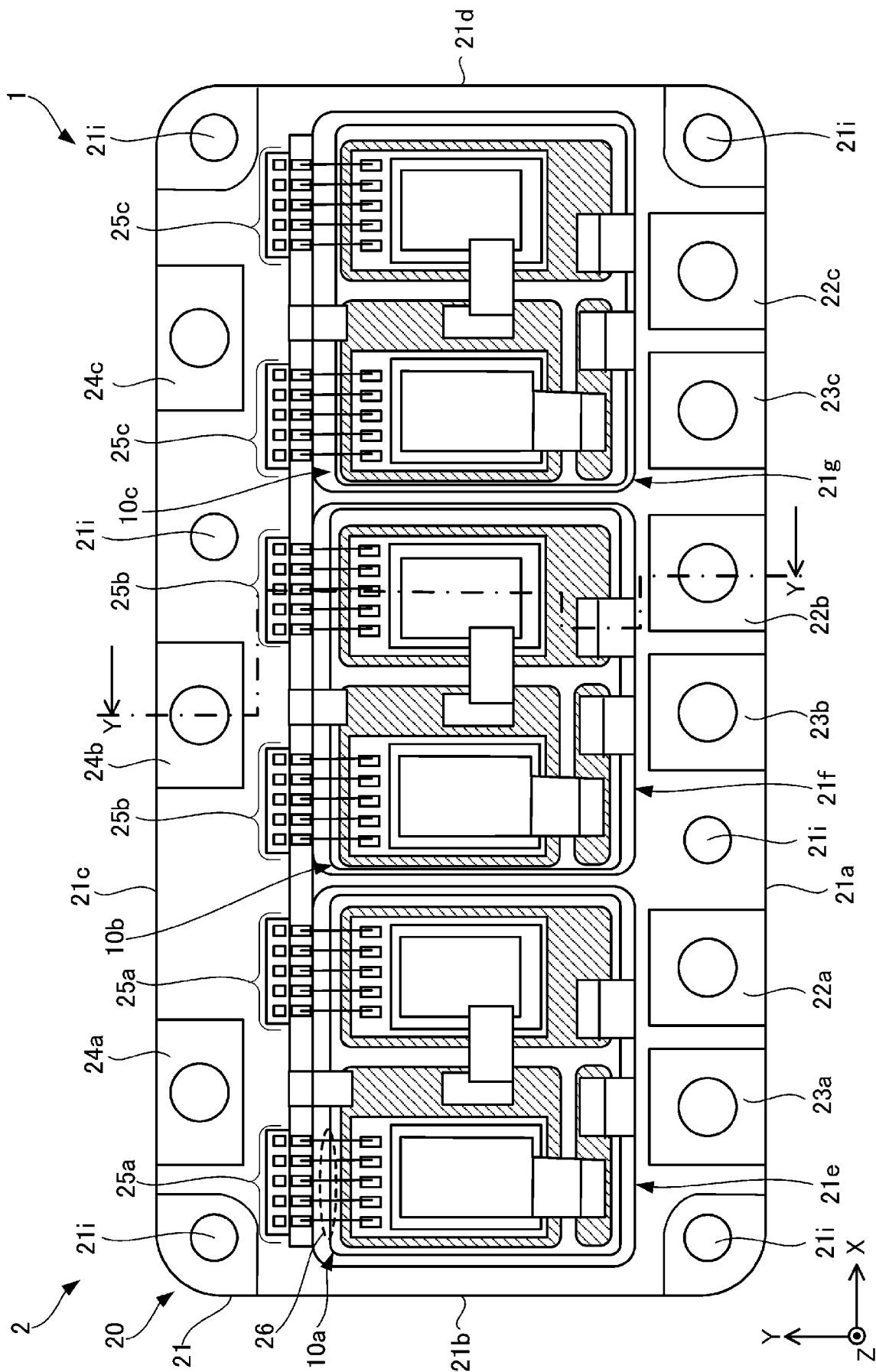
請求項3に記載の半導体装置。

[請求項10] 前記流路領域は、

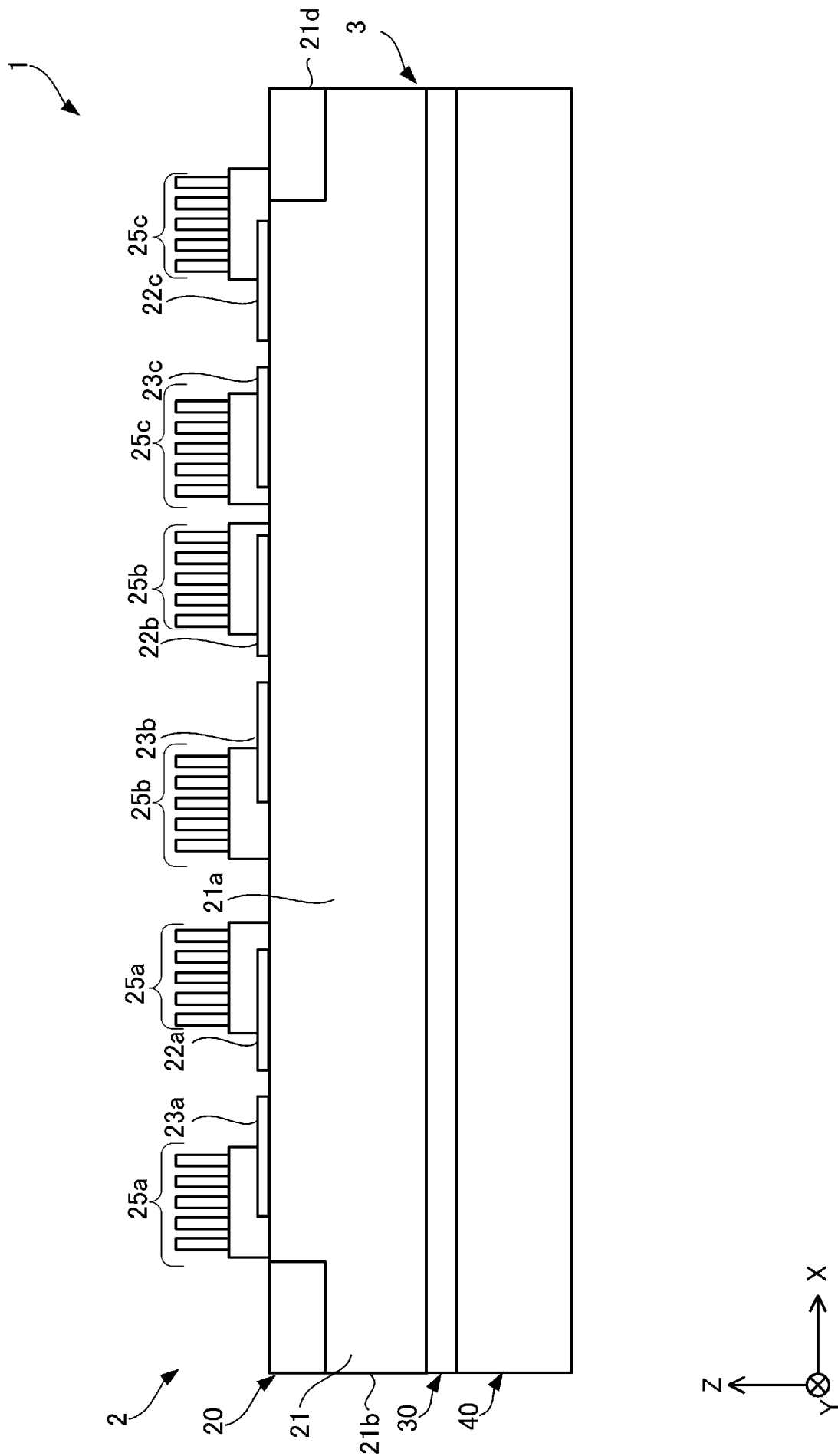
前記流路底面の前記流出口の近傍に、凹状を成し、前記流路底面よ

りも窪んで、前記流出口に通じる流出領域が形成され、  
前記流出領域から前記第2内側面に向かい、前記第1内側面に沿って形成された第2溝部をさらに含む、  
請求項9に記載の半導体装置。

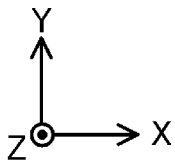
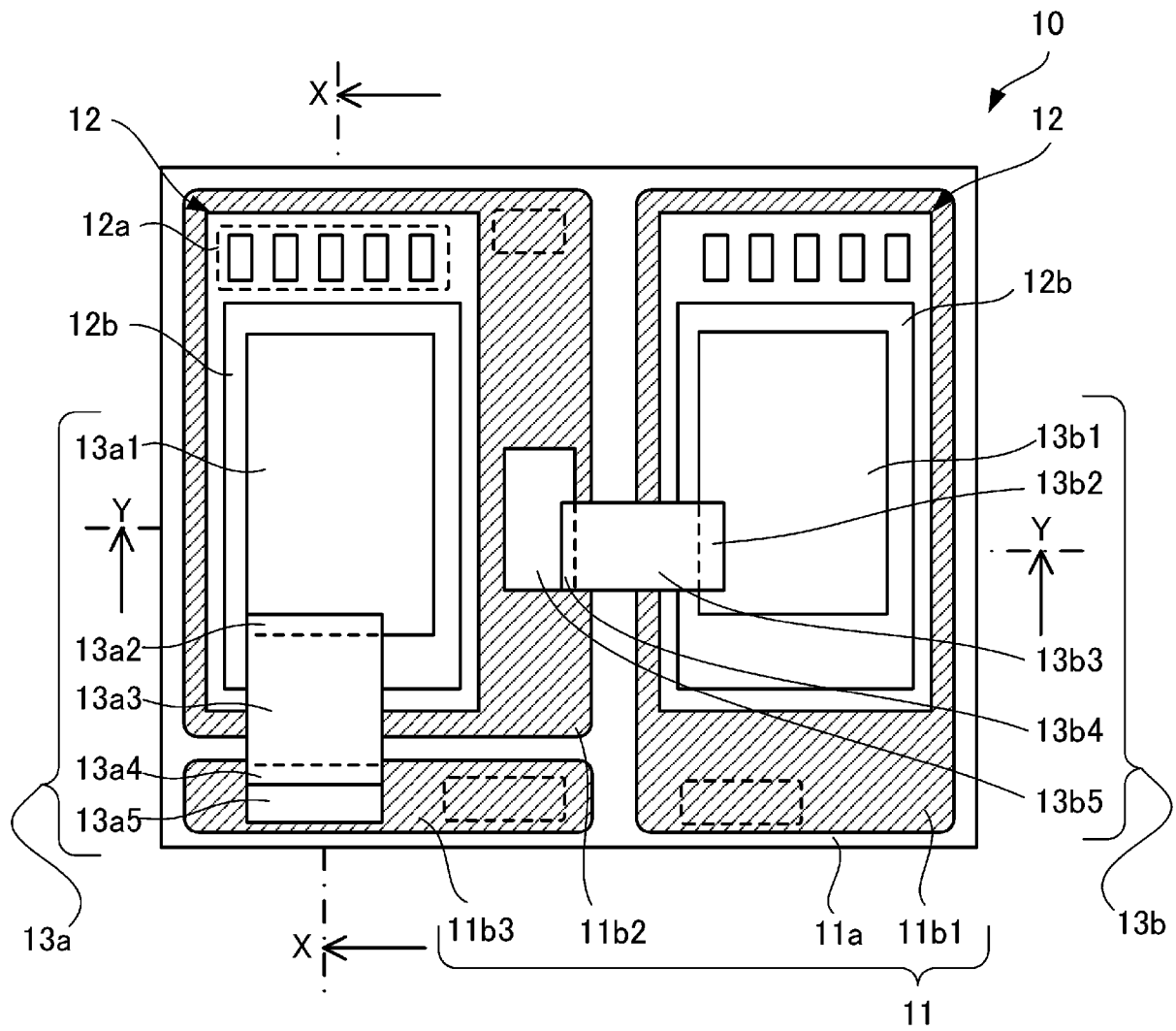
[図1]



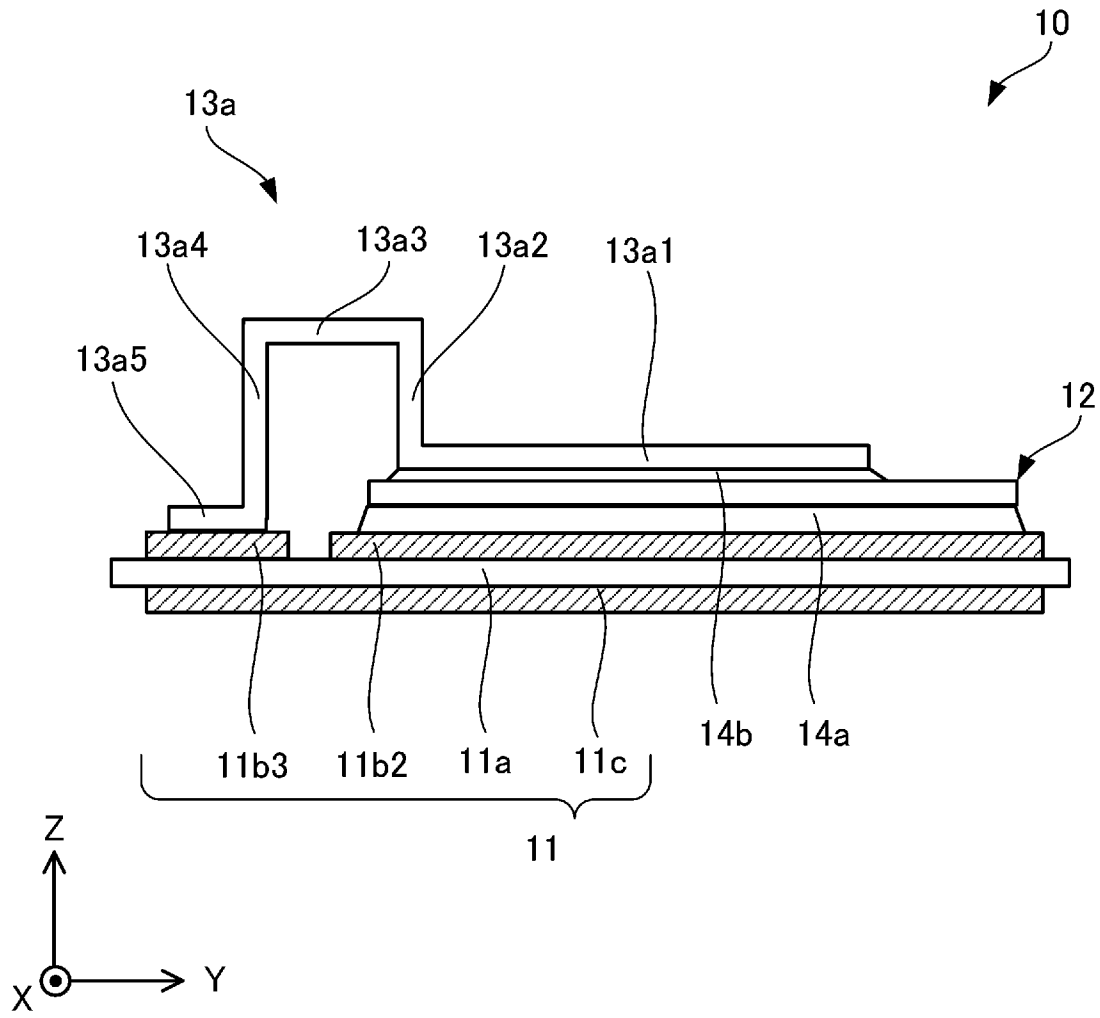
[图2]



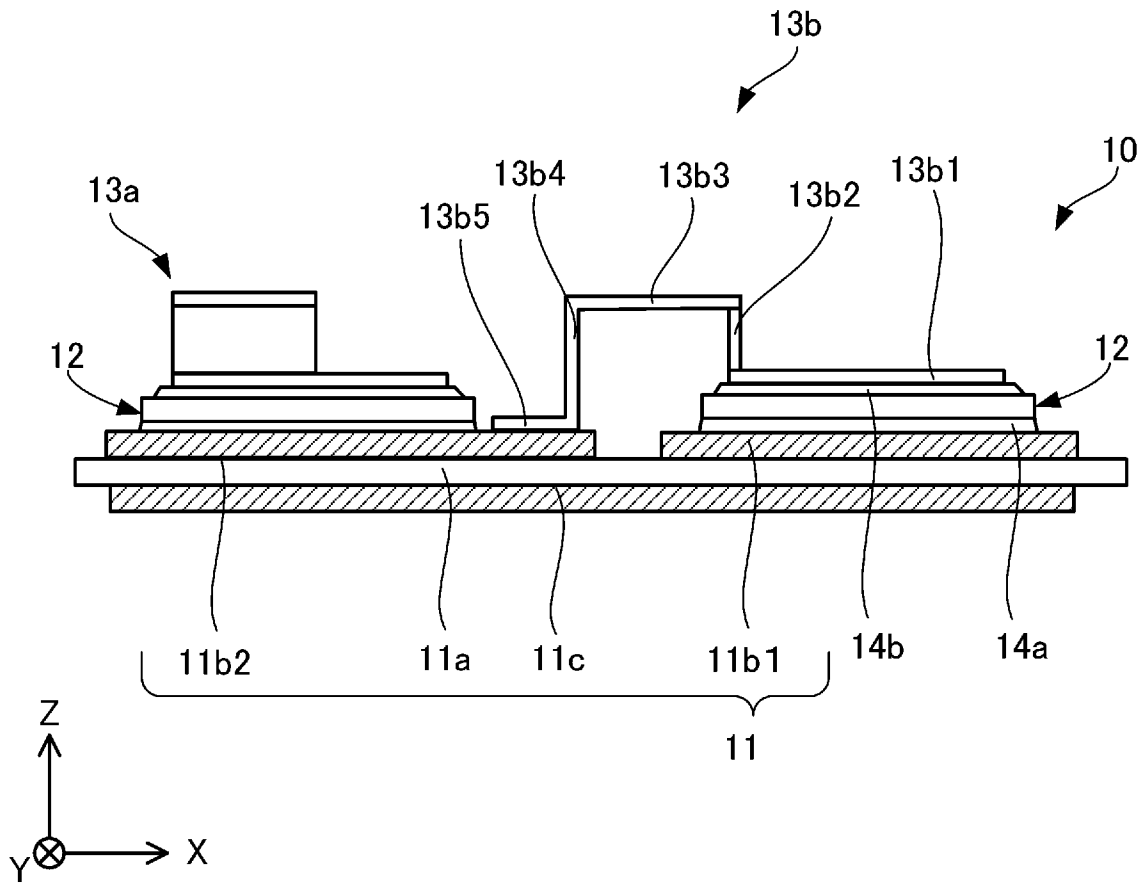
[図3]



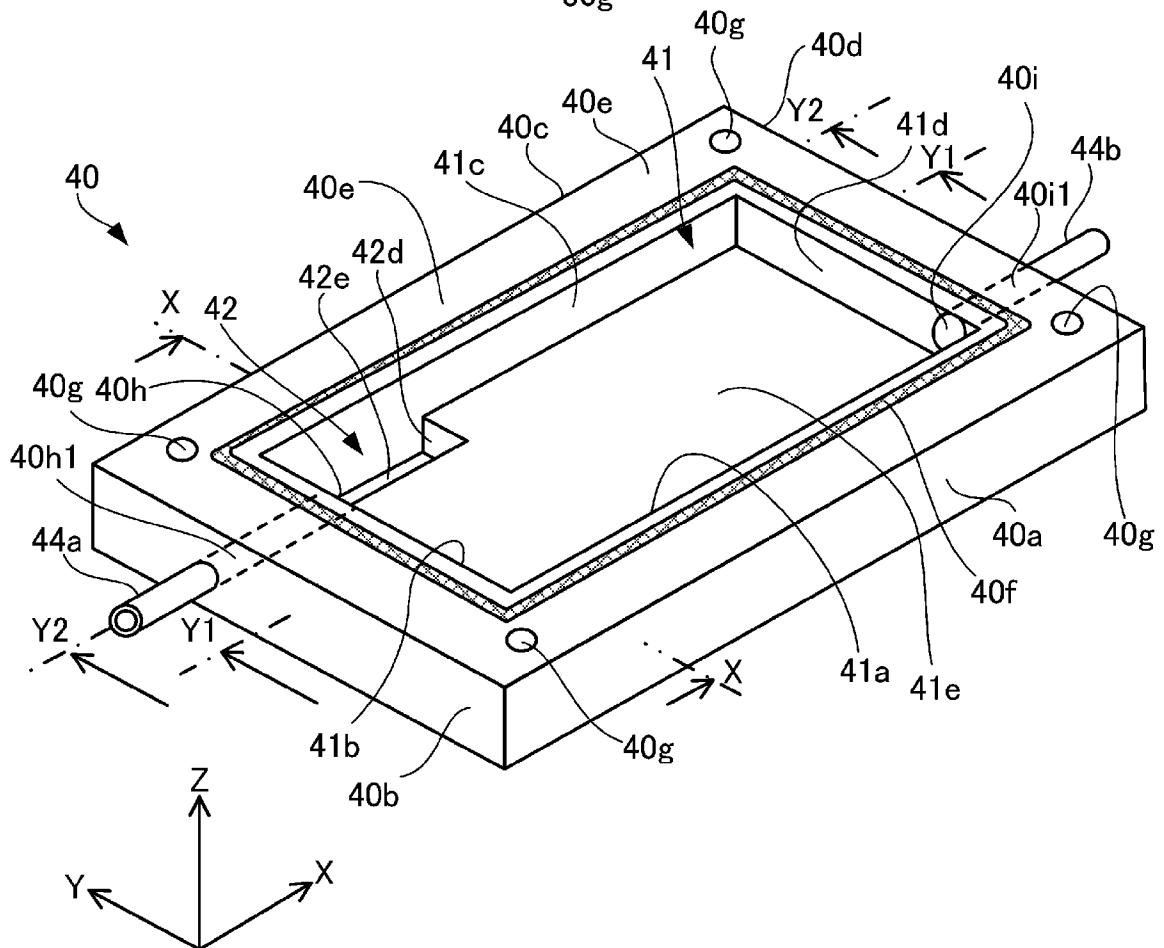
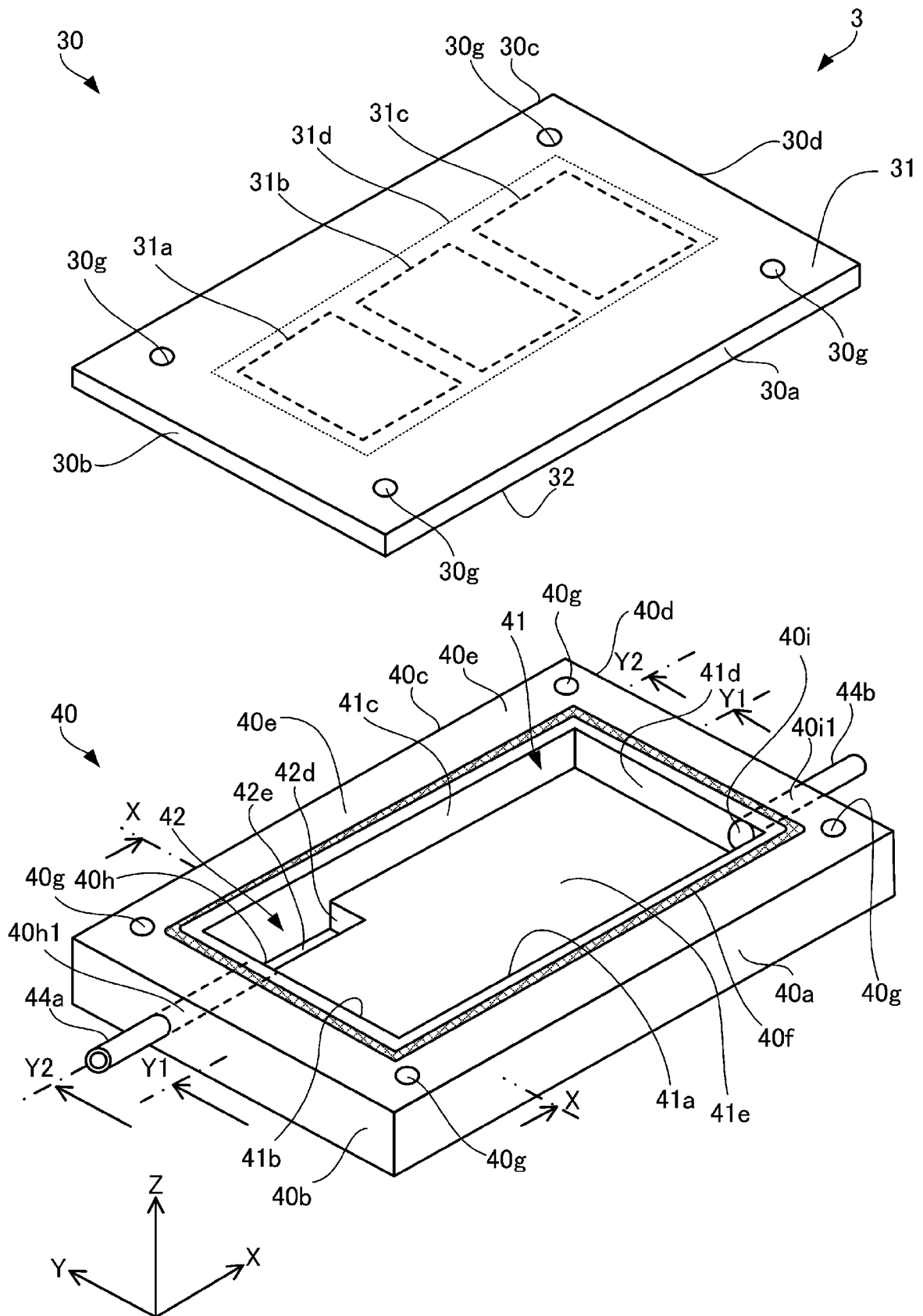
[図4]



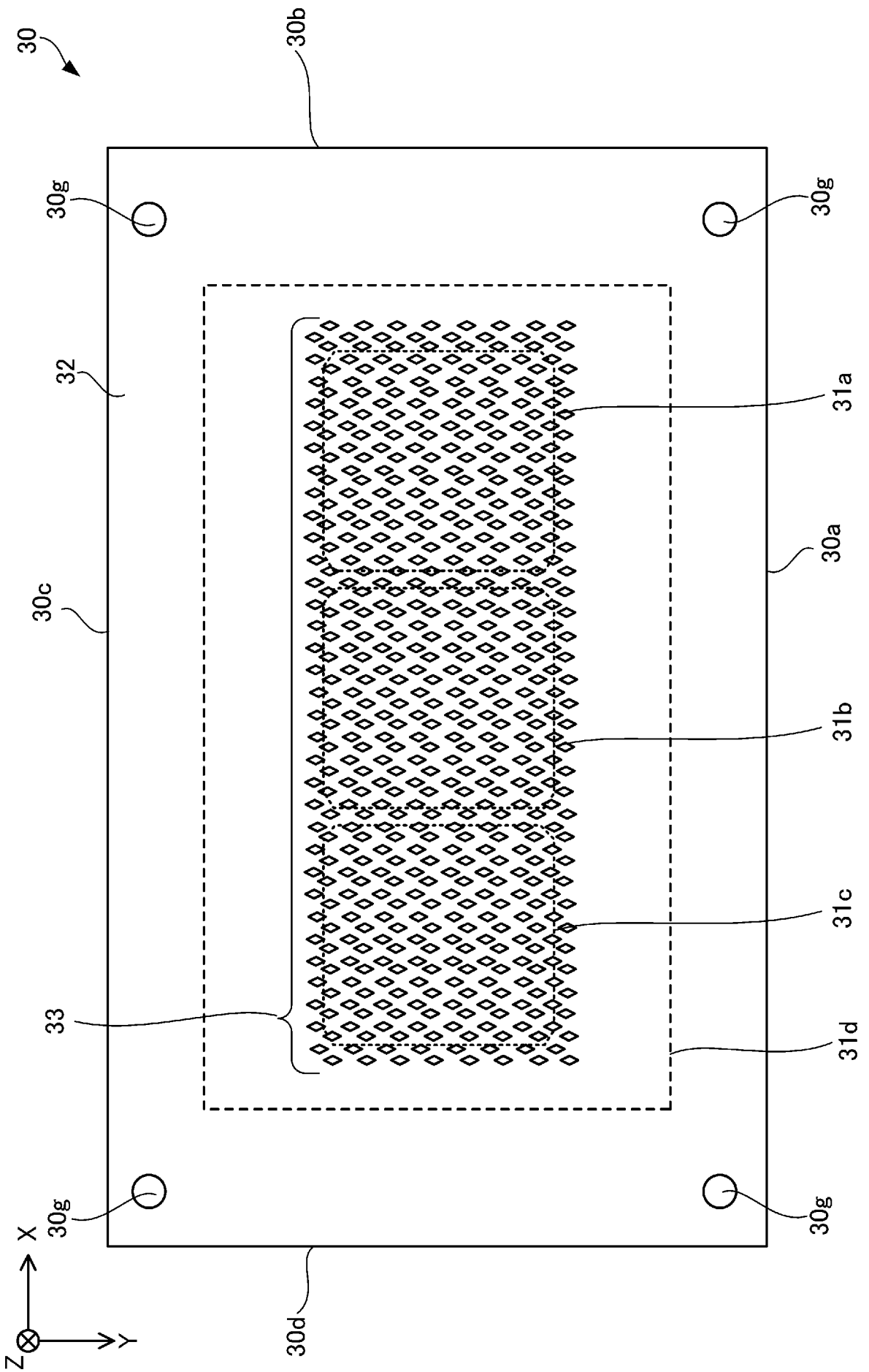
[図5]



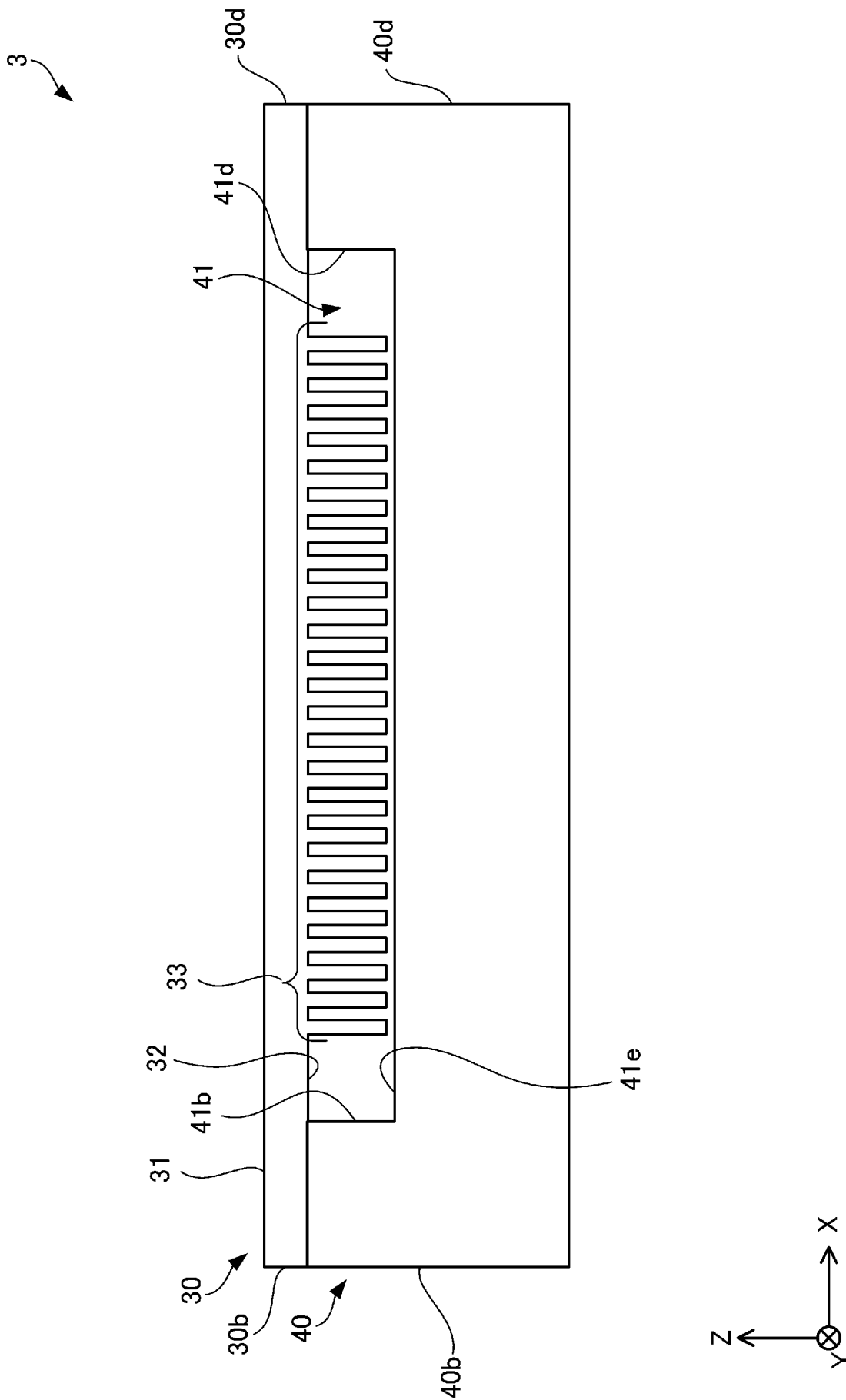
[図6]



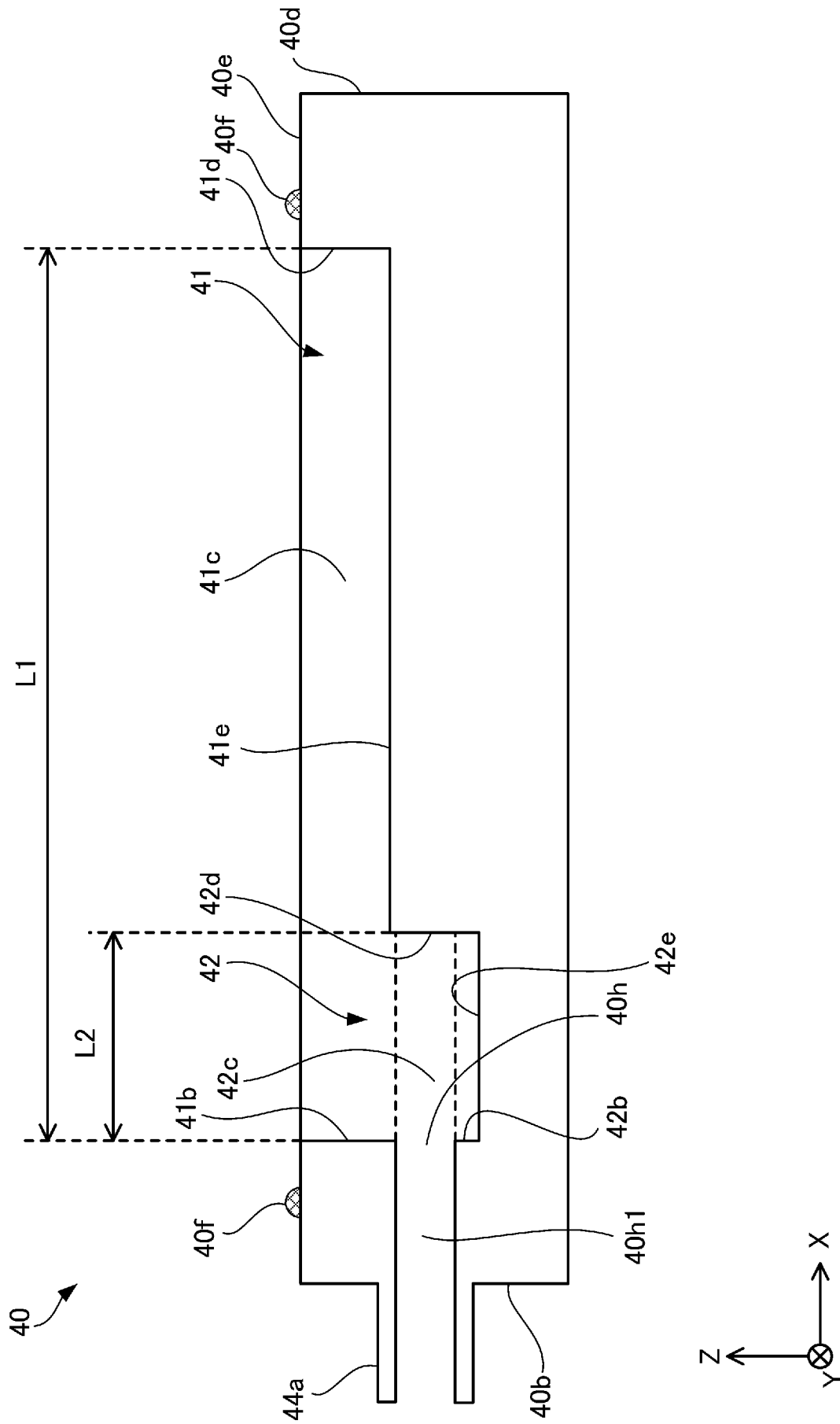
[図7]



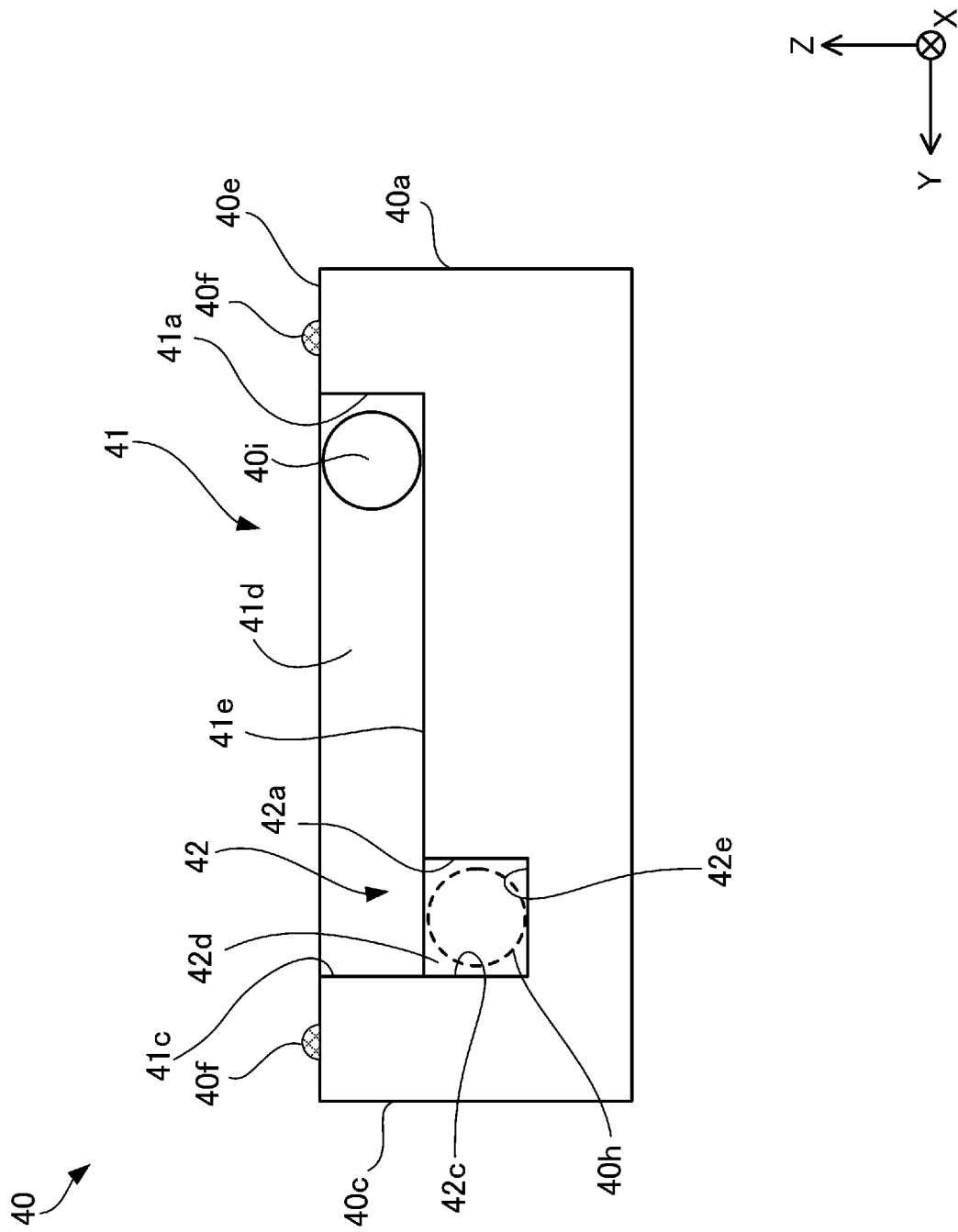
[図8]



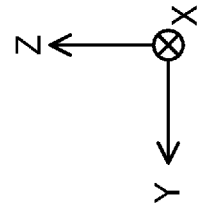
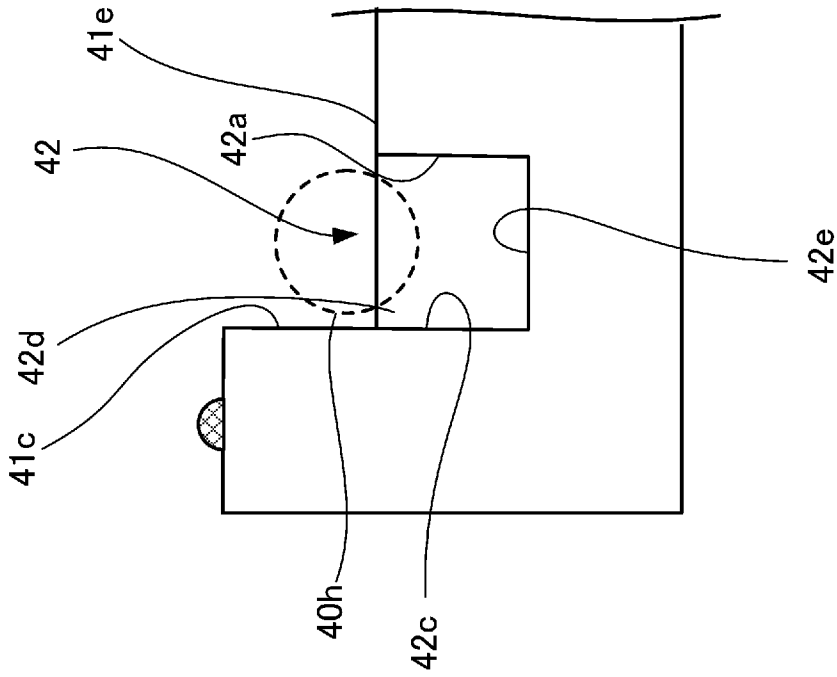
[図9]



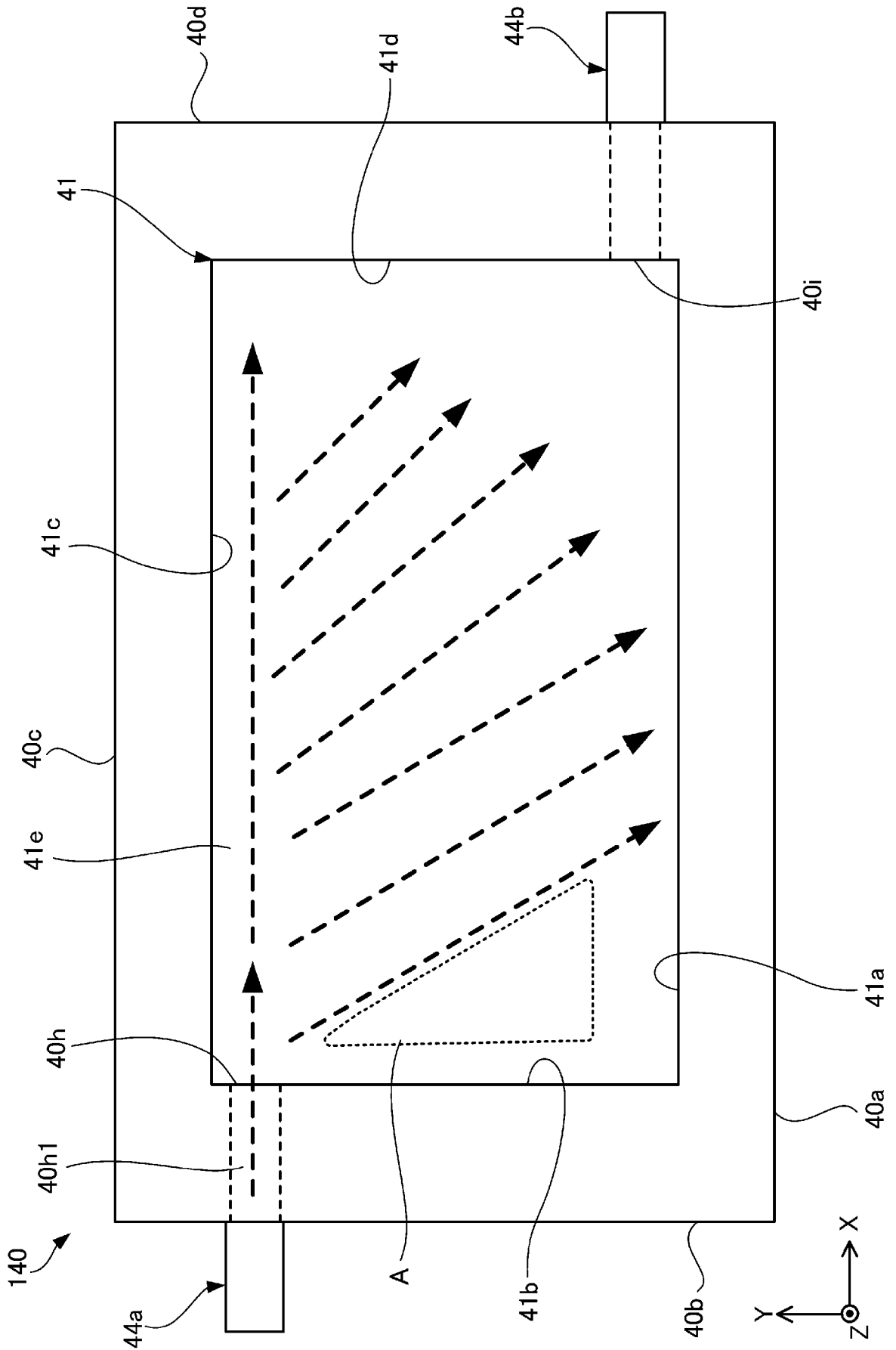
[図10]



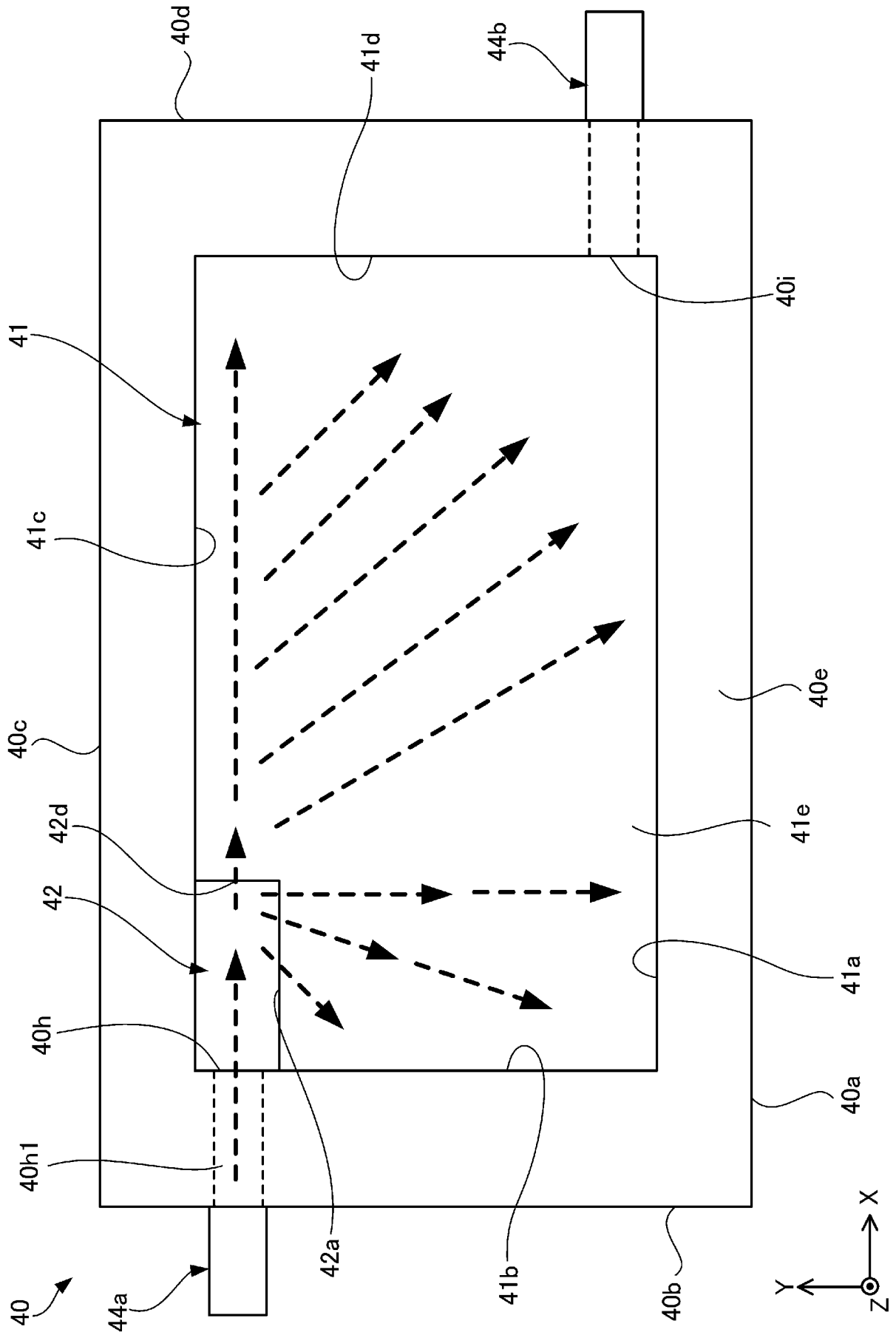
[図11]



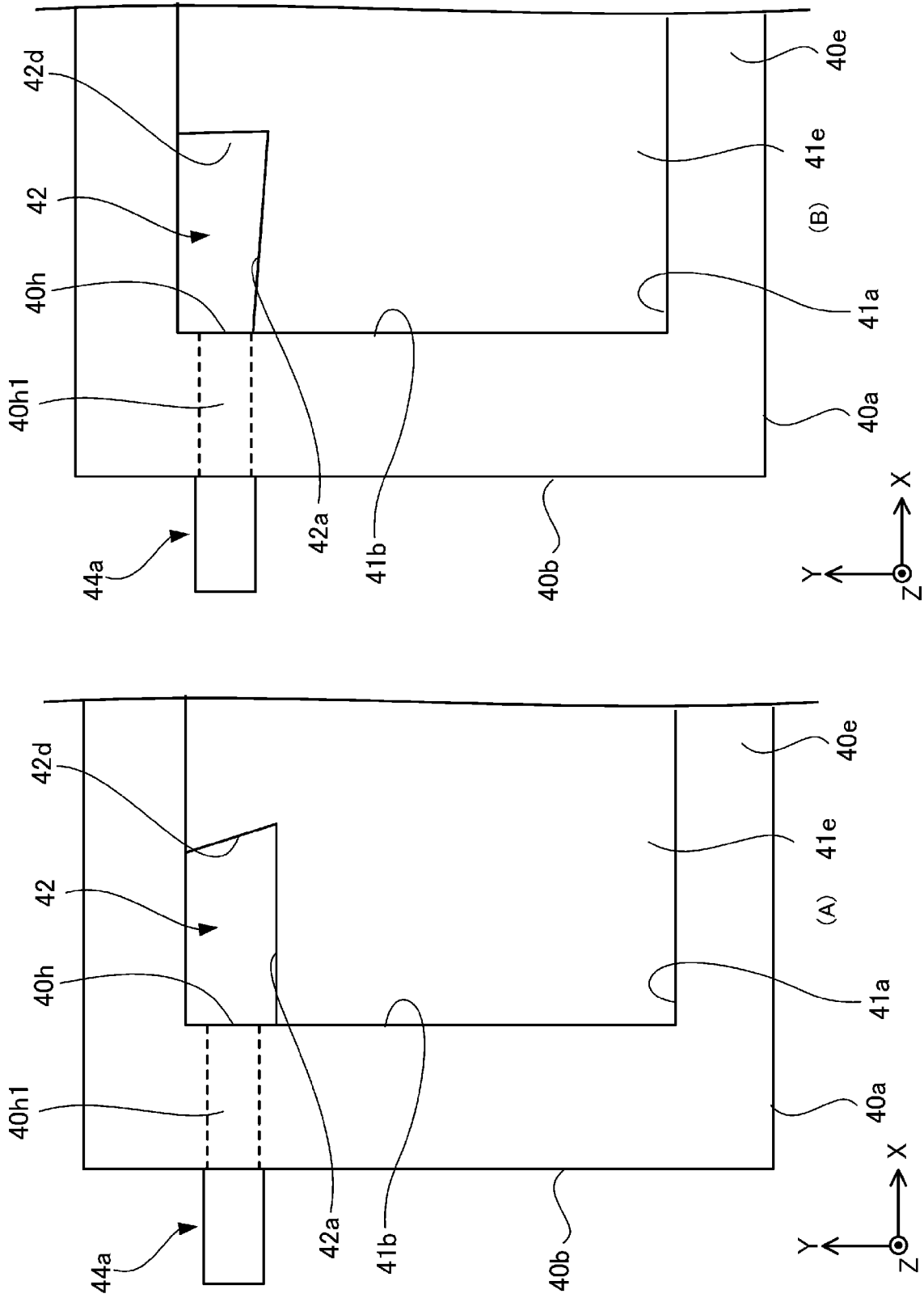
[図12]



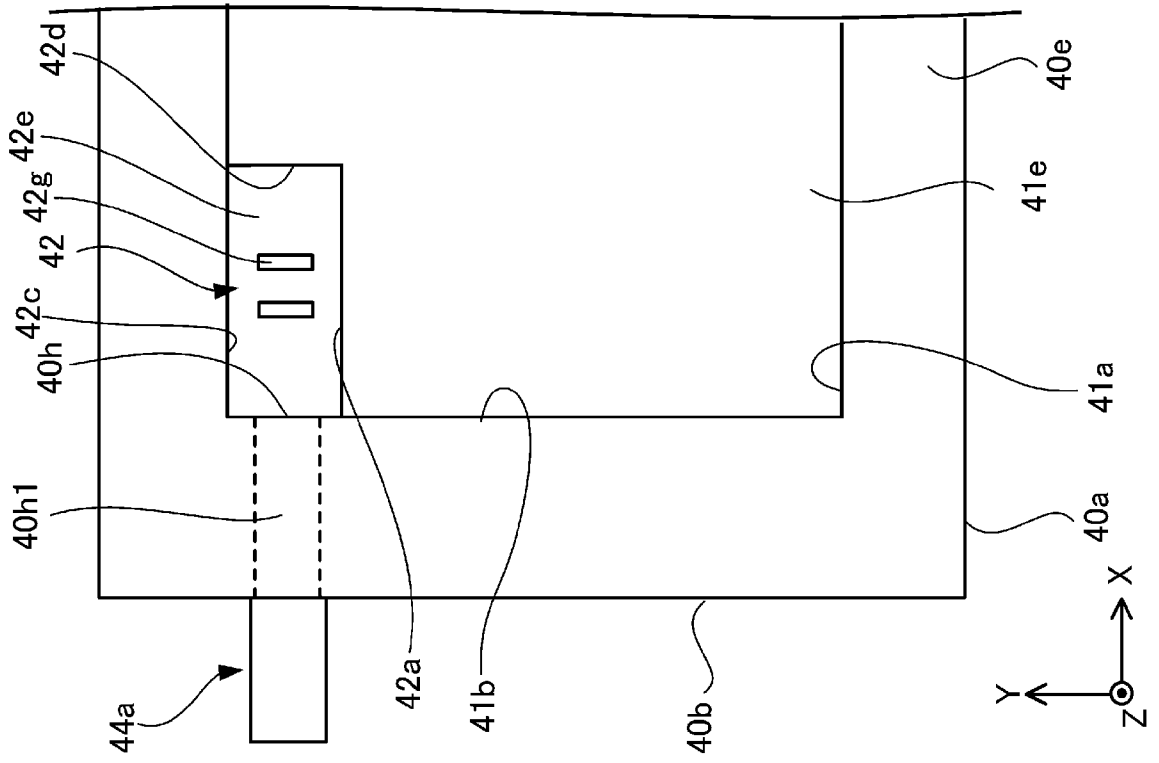
[図13]



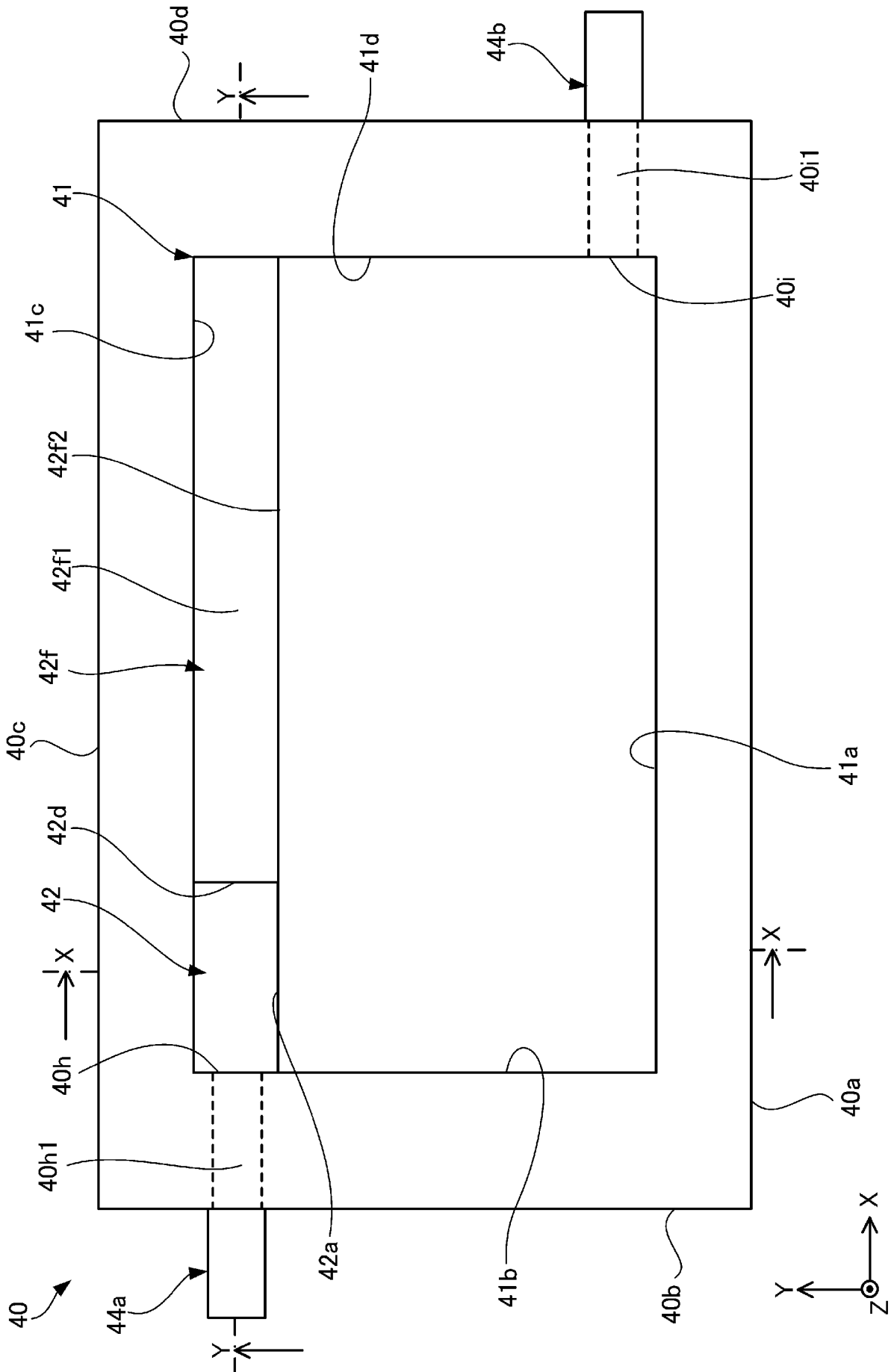
[図14]



[図15]

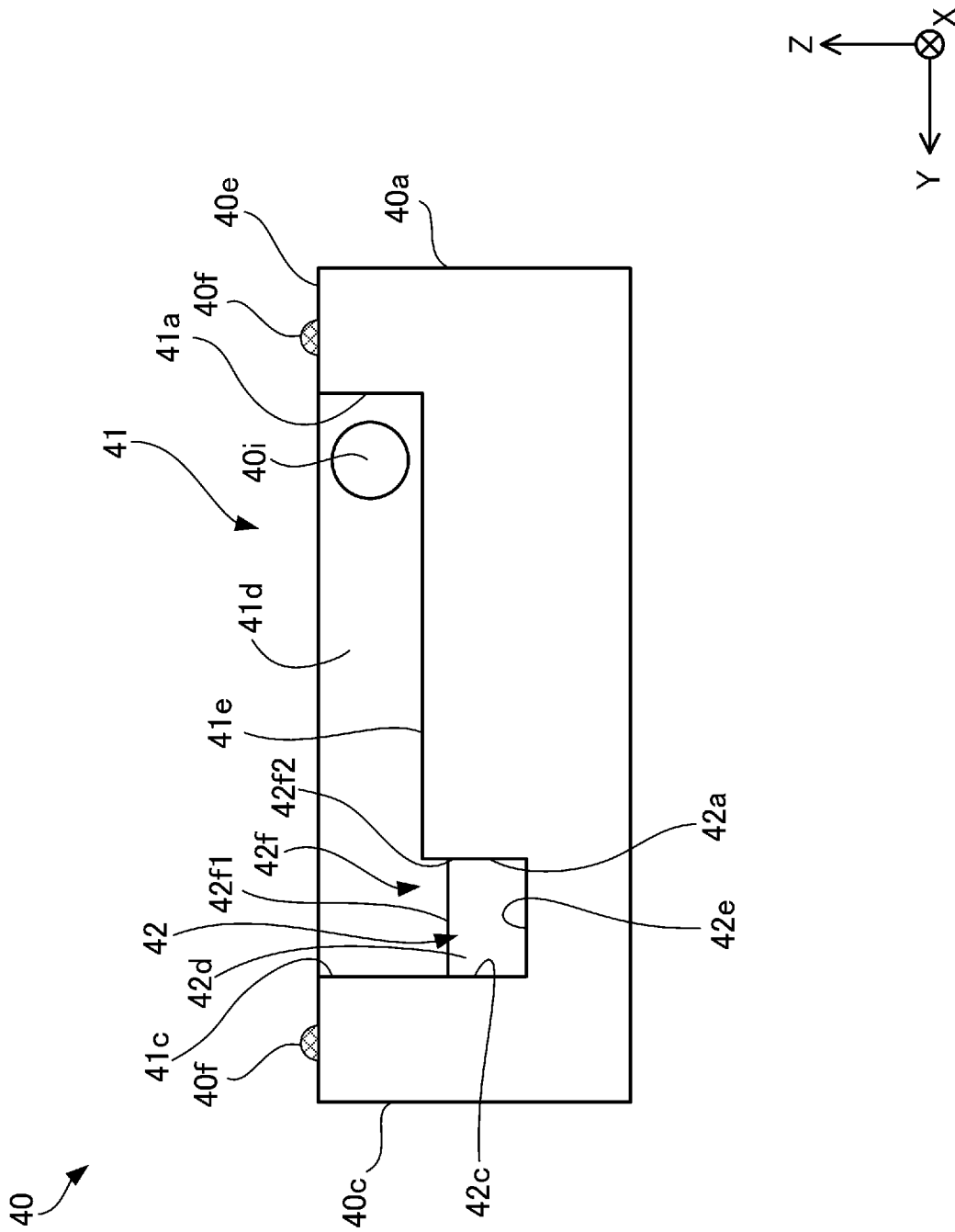


[図16]

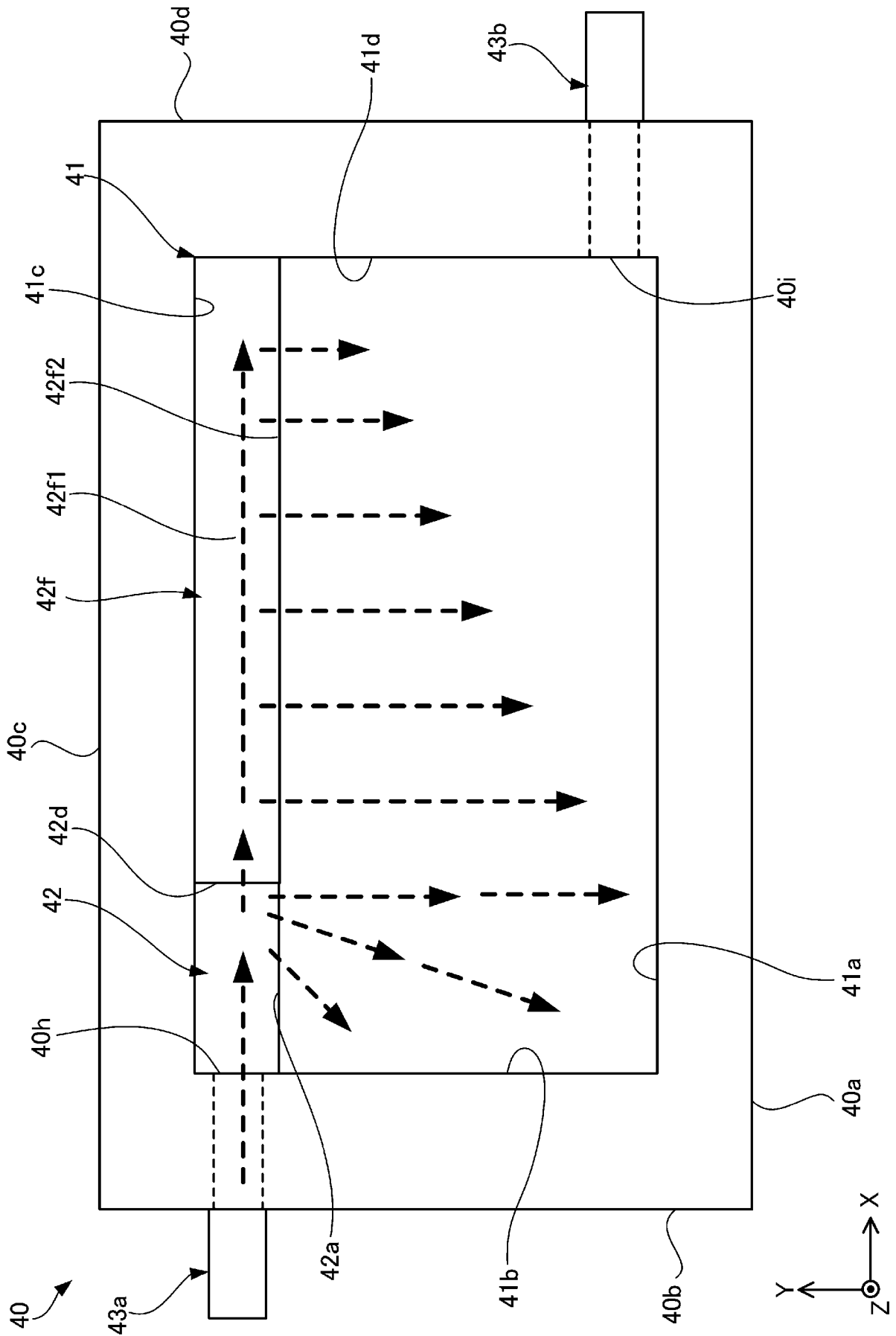




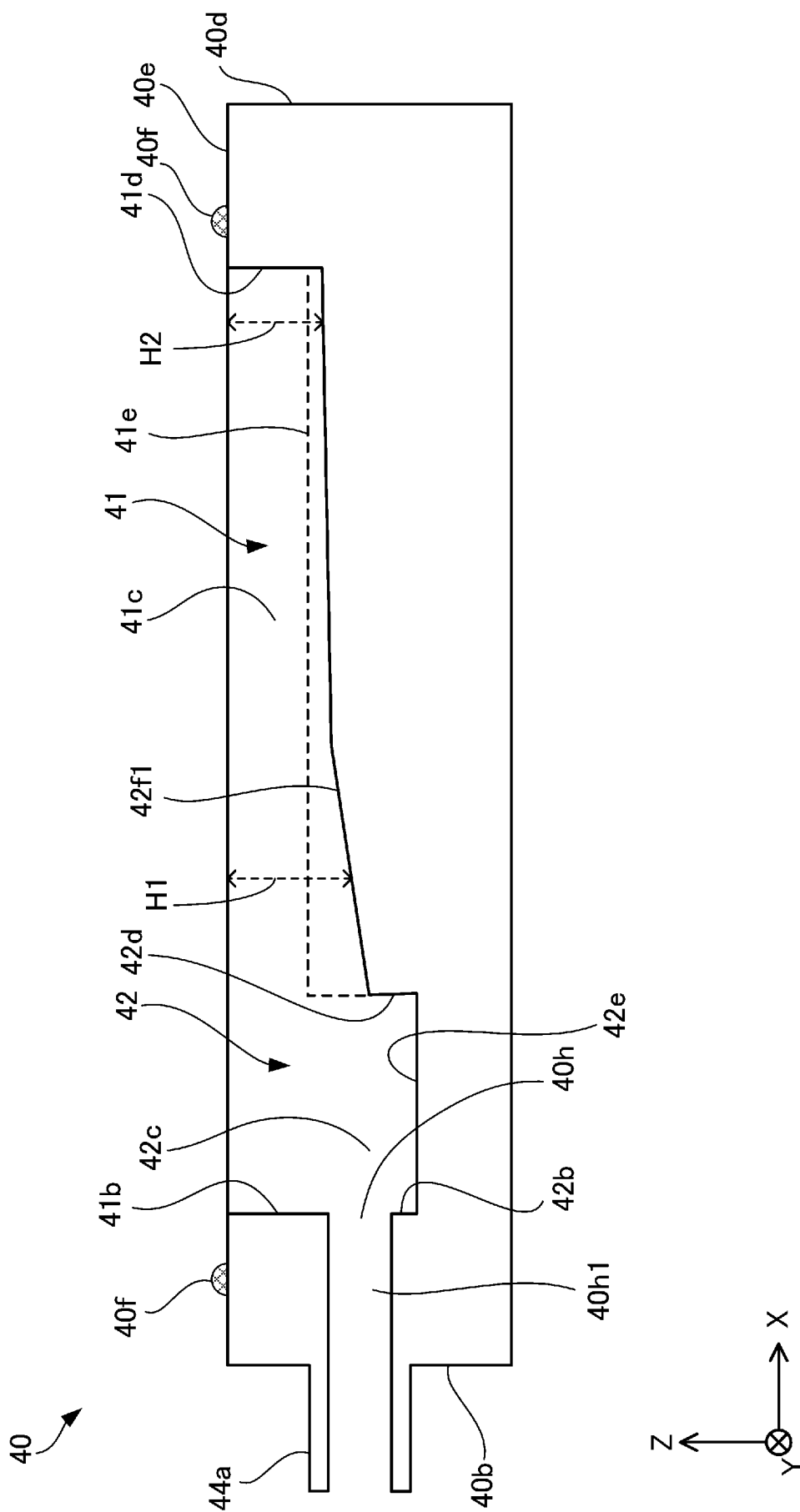
[図18]



[図19]

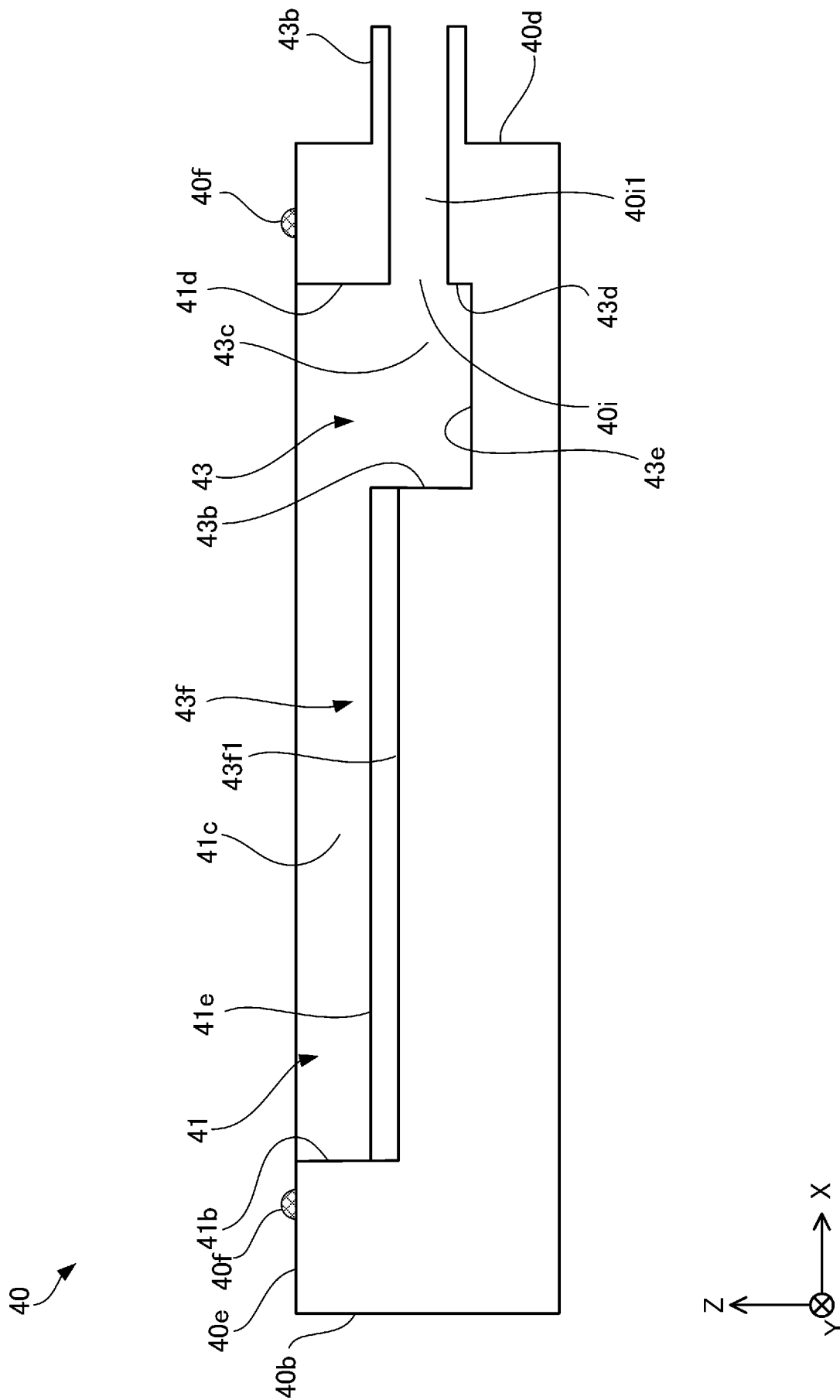


[図20]

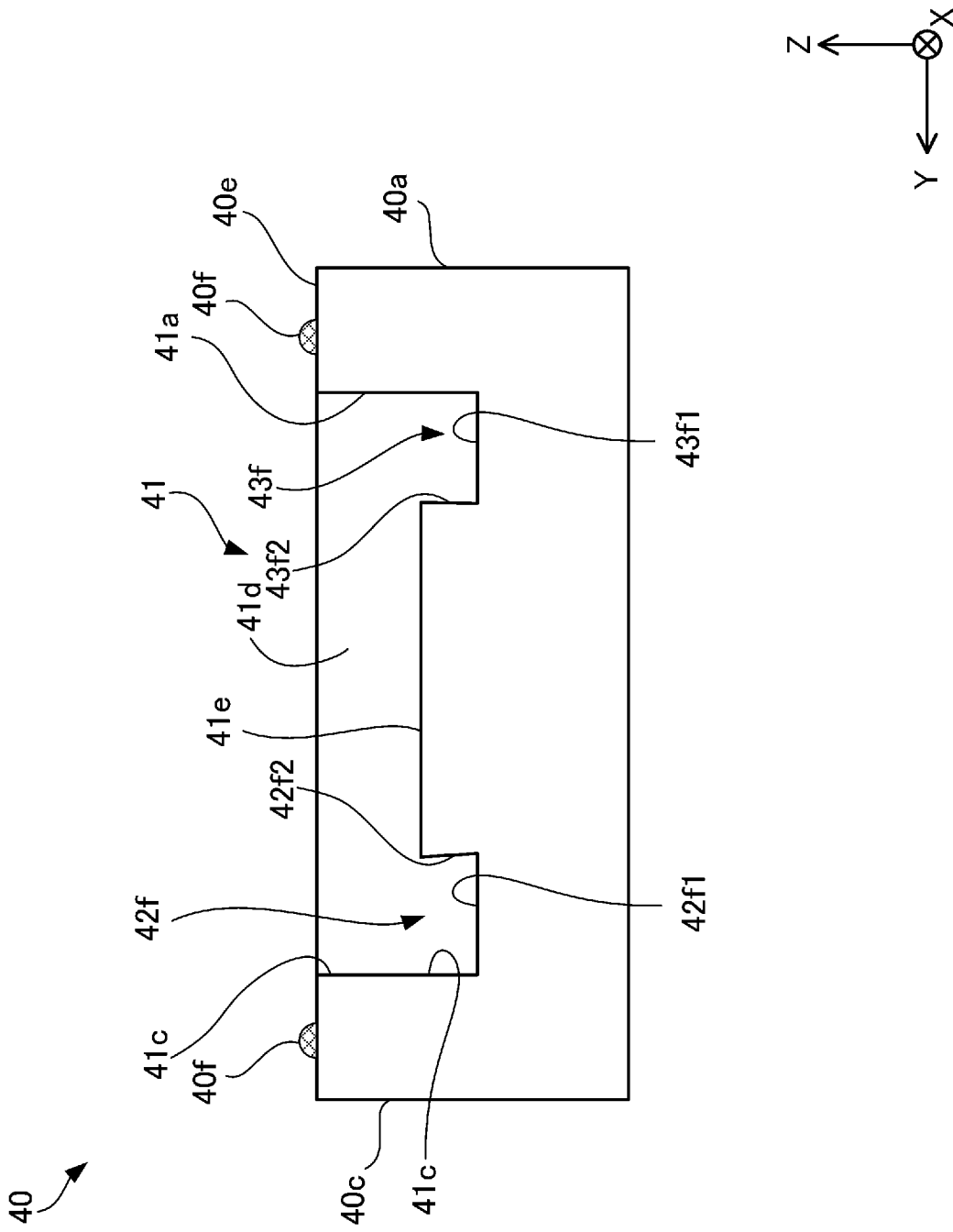




[図22]



[23]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/025669

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H01L 23/473</i> (2006.01)i FI: H01L23/46 Z		
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) H01L23/473		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2016-096272 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 26 May 2016 (2016-05-26) paragraphs [0011]-[0034], [0062], [0065], fig. 1-4, 13	1-4, 7-8
Y		5-6, 9-10
Y	JP 2017-050375 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 March 2017 (2017-03-09) paragraphs [0014]-[0017], fig. 4-11	5-6, 9-10
X	JP 2007-123607 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 17 May 2007 (2007-05-17) paragraphs [0036]-[0043], [0050], fig. 3-6	1-4
A	JP 2011-134979 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 07 July 2011 (2011-07-07) entire text, all drawings	1-10
A	WO 2020/071058 A1 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 09 April 2020 (2020-04-09) entire text, all drawings	1-10
<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>15 September 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>26 September 2023</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. <b>PCT/JP2023/025669</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2016-096272 A	26 May 2016	(Family: none)	
JP 2017-050375 A	09 March 2017	(Family: none)	
JP 2007-123607 A	17 May 2007	US 2009/0095450 A1 paragraphs [0044]-[0052], [0059], fig. 3-6	
		WO 2007/049807 A1	
		CN 101297401 A	
JP 2011-134979 A	07 July 2011	CN 102136461 A entire text, all drawings	
WO 2020/071058 A1	09 April 2020	US 2021/0050277 A1 entire text, all drawings	
		EP 3761356 A1	
		CN 111937141 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 23/473(2006.01)i FI: H01L23/46 Z		
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）） H01L23/473		
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 - 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
X	JP 2016-096272 A（日産自動車株式会社）26.05.2016（2016 - 05 - 26） 段落 [0011] - [0034], [0062], [0065], 図1-4, 13	1-4, 7-8
Y		5-6, 9-10
Y	JP 2017-050375 A（三菱電機株式会社）09.03.2017（2017 - 03 - 09） 段落 [0014] - [0017], 図4-11	5-6, 9-10
X	JP 2007-123607 A（トヨタ自動車株式会社）17.05.2007（2007 - 05 - 17） 段落 [0036] - [0043], [0050], 図3-6	1-4
A	JP 2011-134979 A（富士電機株式会社）07.07.2011（2011 - 07 - 07） 全文, 全図	1-10
A	WO 2020/071058 A1（富士電機株式会社）09.04.2020（2020 - 04 - 09） 全文, 全図	1-10
<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。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15.09.2023	国際調査報告の発送日 26.09.2023	
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）  高橋 優斗 5F 5585  電話番号 03-3581-1101 内線 3514	

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/JP2023/025669

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2016-096272 A	26.05.2016	(ファミリーなし)	
JP 2017-050375 A	09.03.2017	(ファミリーなし)	
JP 2007-123607 A	17.05.2007	US 2009/0095450 A1 段落 [0044] - [0052], [0059], 図 3-6 WO 2007/049807 A1 CN 101297401 A	
JP 2011-134979 A	07.07.2011	CN 102136461 A 全文, 全図	
WO 2020/071058 A1	09.04.2020	US 2021/0050277 A1 全文, 全図 EP 3761356 A1 CN 111937141 A	