

(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
2019年5月23日(23.05.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/097989 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01) *H05K 7/20* (2006.01)
H01L 23/473 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/040019

(22) 国際出願日: 2018年10月29日(29.10.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

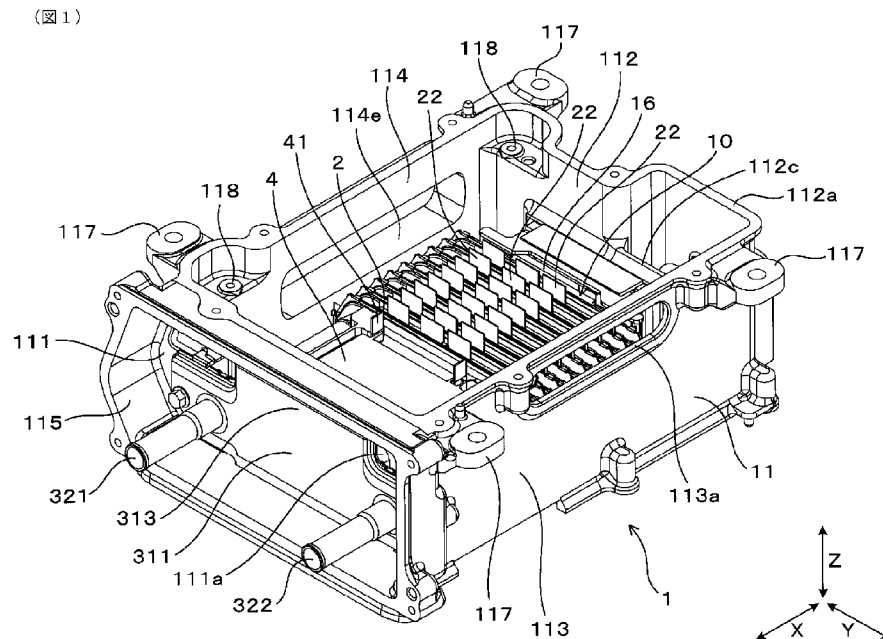
(30) 優先権データ:
特願 2017-222405 2017年11月20日(20.11.2017) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 長谷川 健一 (HASEGAWA Kenichi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 曽根 弘樹 (SONE Hiroki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 中村 広希 (NAKAMURA Hiroki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 大泉 卓也 (OIZUMI Takuya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 百瀬 立二郎 (MOMOSE Taijiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 竹内 和哉 (TAKEUCHI Kazuya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(54) Title: ELECTRIC POWER CONVERTER

(54) 発明の名称: 電力変換装置



(57) Abstract: This electric power converter is provided with a laminate (10), electronic components (4, 6) and a cooling plate (31) which cools the electronic components (4, 6). The laminate (10) is obtained by laminating a plurality of semiconductor modules (2) and a plurality of cooling tubes (3). The electronic components (4, 6) are electrically connected to the semiconductor modules (2). The laminate (10), the electronic component (4) and the cooling plate (31) are arranged in the lamination direction of the laminate (10). An in-plate flow path (310), in which a coolant flows in a direction that

松岡 哲矢(MATSUOKA Tetsuya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 木村 光徳(KIMURA Mitsunori); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 田辺 龍太(TANABE Ryota); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 一条 弘洋(ICHJO Hiromi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 村松 憲志郎(MURAMATSU Kenshiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 平光 真二(HIRAMITSU Shinji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 松沢 大樹(MATSUZAWA Hiroki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 佐々木 章人(SASAKI Akito); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 酒井 亮輔(SAKAI Ryosuke); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 江坂 卓馬(ESAKA Takuma); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 杉戸 達明(SUGITO Tatsuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 あいち 国際 特許事務所(AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅 3 丁目 2 6 番 1 9 号 名駅永田ビル Aichi (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

is perpendicular to the lamination direction, is formed within the cooling plate (31). The cooling plate (31) has a larger area than the cooling tubes (3) when viewed from the lamination direction.

(57) 要約: 積層体 (10) と、電子部品 (4、6) と、該電子部品 (4、6) を冷却する冷却プレート (31) とを備える。積層体 (10) は、複数の半導体モジュール (2) と、複数の冷却管 (3) とを積層してなる。電子部品 (4、6) は、半導体モジュール (2) に電気接続している。積層体 (10) と電子部品 (4) と冷却プレート (31) とは、積層体 (10) の積層方向に配列している。冷却プレート (31) 内には、積層方向に直交する方向に冷媒が流れるプレート内流路 (310) が形成されている。冷却プレート (31) は、冷却管 (3) よりも、積層方向から見たときの面積が大きい。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2017年11月20日に出願された日本出願番号2017-222405号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、半導体素子を内蔵した複数の半導体モジュールと、該半導体モジュールを冷却する複数の冷却管とを積層した電力変換装置に関する。

背景技術

[0003] 直流電力と交流電力との間で電力変換を行う電力変換装置として、半導体素子を内蔵した複数の半導体モジュールと、該半導体モジュールを冷却する複数の冷却管とを積層して、積層体を構成したものが知られている（下記特許文献1参照）。この電力変換装置では、上記半導体素子をスイッチング動作させ、これにより、直流電源から供給される直流電力を交流電力に変換している。半導体素子をスイッチング動作させると、半導体モジュールが発熱する。そのため、上記冷却管を用いて、半導体モジュールを冷却している。

[0004] 電力変換装置は、リアクトル、コンデンサ、DC-DCコンバータ等の電子部品をさらに備える。これらの電子部品は、半導体モジュールに電気接続している。電力変換装置を稼働すると、これらの電子部品も発熱する。そのため、近年、これらの電子部品を冷却することが検討されている。

[0005] 例えば、金属板からなり、冷却管と同様の形状を有する冷却プレートを設置することが検討されている。そして、この冷却プレートと冷却管とによって電子部品を挟持し、冷却プレートを用いて、電子部品から発生した熱を放熱することが検討されている。このようにすれば、電子部品の温度を下げるのが可能になる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2015-220839号公報

発明の概要

[0007] しかしながら、上記構成を採用しても、電子部品を十分に冷却することができない。すなわち、上記冷却プレートとして単なる金属板を用いても、電子部品から発生する熱を十分に吸収することはできない。また、冷却プレートを、冷却管と同じ形状に形成すると、冷却プレートの面積が小さいため、十分な放熱効果を得ることができない。

[0008] 本開示は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、電子部品の冷却効率をより向上できる電力変換装置を提供しようとするものである。

[0009] 本開示の一態様は、半導体素子（20）を内蔵した複数の半導体モジュール（2）と、該半導体モジュールを冷却する冷媒が流れる複数の冷却管（3）とを積層した積層体（10）と、

上記半導体モジュールに電気接続した電子部品（4、6）と、

該電子部品を冷却する冷却プレート（31）とを備え、

上記積層体と上記電子部品と上記冷却プレートとは、上記積層体の積層方向に配列しており、

上記冷却プレートは上記冷却管と連結しており、上記冷却プレート内に、上記積層方向に直交する方向に上記冷媒が流れるプレート内流路（310）が形成され、

上記冷却プレートは、上記積層方向から見たときの面積が上記冷却管よりも大きい、電力変換装置（1）にある。

[0010] 上記電力変換装置においては、冷却プレート内に、冷媒が流れる上記プレート内流路を形成してある。

そのため、プレート内流路を流れる冷媒と、電子部品との間で熱交換を行うことができ、電子部品を効果的に冷却することができる。

[0011] また、上記電力変換装置の冷却プレートは、冷却管よりも、積層方向から見たときの面積が大きい。

そのため、冷却プレートと電子部品とが熱的に接触する面積を増やすこと

ができ、電子部品を効率よく冷却することができる。

また、冷却プレートの面積を大きくすると、冷却プレート内に大きなプレート内流路を形成することができる。したがって、電子部品の冷却効率を高めることができる。

また、冷却プレートの面積を大きくすると、空気との接触面積が増えるため、冷却プレートの放熱効率を高めることができる。そのため、冷却プレートの温度を低くすることができ、電子部品をより効率的に冷却することができる。

[0012] 以上のごとく、上記態様によれば、電子部品の冷却効率をより向上できる電力変換装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]図1は、実施形態における、コンデンサモジュール等を省略した電力変換装置の斜視図であり、
[図2]図2は、実施形態における、一部の部品を省略した電力変換装置の平面図であり、
[図3]図3は、実施形態における、Z方向に垂直な平面による、電力変換装置の平面図であり、
[図4]図4は、実施形態における、冷却プレート等を省略した電力変換装置の斜視図であり、
[図5]図5は、実施形態における、ケース等を省略した電力変換装置の平面図であり、
[図6]図6は、実施形態における、電流センサ等が表れた電力変換装置の斜視図であり、
[図7]図7は、実施形態における、ケース及びコンデンサモジュール等を省略した電力変換装置の斜視図であり、
[図8]図8は、実施形態における、コンデンサモジュール等が表れた電力変換

装置の斜視図であり、

[図9]図9は、実施形態における、ケース等を省略した電力変換装置の斜視図であり、

[図10]図10は、実施形態における、ケース等を省略した電力変換装置の他の斜視図であり、

[図11]図11は、実施形態における、電力変換装置の回路図であり、

[図12]図12は、実施形態における、下側のケースカバーを外した電力変換装置の斜視図であり、

[図13]図13は、実施形態における、ケース等を省略して斜め下方から見た電力変換装置の斜視図であり、

[図14]図14は、実施形態における、ケース等を省略して斜め下方から見た電力変換装置の他の斜視図であり、

[図15]図15は、実施形態における、DC-DCコンバータが表れた電力変換装置の正面図であり、

[図16]図16は、実施形態における、Y方向に垂直な平面による、電力変換装置の平面図であり、

[図17]図17は、図16のA-A線矢視断面図であり、

[図18]図18は、図16のB-B線矢視断面図であり、

[図19]図19は、実施形態における、底壁部が表れた電力変換装置の斜視図であり、

[図20]図20は、実施形態における、冷却プレートの上側の係合爪付近の拡大斜視図であり、

[図21]図21は、実施形態における、冷却プレートの下側の係合爪付近の拡大斜視図であり、

[図22]図22は、実施形態における、冷却プレートの上側の係合爪付近の他の拡大斜視図であり、

[図23]図23は、実施形態における、冷却プレートの正面図であり、

[図24]図24は、実施形態における、ケースの正面図であり、

[図25]図25は、実施形態における、ケースの平面図であり、

[図26]図26は、実施形態における、冷却器の斜視図であり、

[図27]図27は、実施形態における、冷却器の他の斜視図であり、

[図28]図28は、実施形態における、冷却管の冷媒流路の正面図であり、

[図29]図29は、実施形態における、半導体モジュールと重なった冷却管の正面図であり、

[図30]図30は、図29のC－C線矢視断面相当の、冷却管の断面図であり、

[図31]図31は、実施形態における、冷却管の分解断面図であり、

[図32]図32は、実施形態における、積層体の断面図であり、

[図33]図33は、実施形態における、インナフィンの一部の斜視図であり、

[図34]図34は、図31のD－D線矢視断面相当における、インナフィンの一部の断面図であり、

[図35]図35は、実施形態における、インナフィンの一部の拡大斜視図であり、

[図36]図36は、図34のE－E線矢視断面図であり、

[図37]図37は、実施形態における、冷却器の製造方法の説明図であり、

[図38]図38は、実施形態における、バスバアッシーの斜視図であり、

[図39]図39は、実施形態における、モールド部を外した状態のバスバアッシーの斜視図であり、

[図40]図40は、実施形態における、高電位バスバーの斜視図であり、

[図41]図41は、実施形態における、低電位バスバーの斜視図であり、

[図42]図42は、実施形態における、モールド部を外した状態のバスバアッシーの平面図であり、

[図43]図43は、実施形態における、モールド部を外した状態のバスバアッシーの側面図であり、

[図44]図44は、実施形態における、バスバアッシーの正面図であり、

[図45]図45は、実施形態における、バスバアッシーの側面図であり、

[図46]図46は、図38の F－F線矢視断面相当における、バスバアッシーの部分断面図であり、

[図47]図47は、実施形態における、バスバアッシーの製造方法を説明する斜視図であり、

[図48]図48は、実施形態における、バスバアッシーの製造方法を説明する側面図であり、

[図49]図49は、実施形態における、バスバアッシーの製造方法を説明する正面図であり、

[図50]図50は、実施形態における、保持ピンを外す前のバスバアッシーの斜視図であり、

[図51]図51は、実施形態における、半導体モジュールの内部の斜視図であり、

[図52]図52は、実施形態における、半導体モジュールの斜視図であり、

[図53]図53は、図51の一部を透視した図であり、

[図54]図54は、実施形態における、半導体モジュールの内部の分解斜視図であり、

[図55]図55は、実施形態における、半導体モジュールの透視平面図であり、

[図56]図56は、実施形態における、半導体モジュールの部分透視平面図であり、

[図57]図57は、実施形態における、半導体モジュールの内部の背面図であり、

[図58]図58は、実施形態における、半導体モジュールの平面図であり、

[図59]図59は、図55のG1－G1断面図であり、

[図60]図60は、実施形態における、半導体モジュールの断面図であって、図59にモジュール本体部を加えた図であり、

[図61]図61は、図59の要部拡大図であり、

[図62]図62は、図59の半導体素子の拡大図であり、

- [図63]図63は、図55のG2－G2断面図であり、
- [図64]図64は、実施形態における、半導体モジュールの断面図であって、図63にモジュール本体部を加えた図
- [図65]図65は、図63の要部拡大図であり、
- [図66]図66は、図55のG3－G3断面図であり、
- [図67]図67は、図66の要部拡大図であり、
- [図68]図68は、図55のG4－G4断面図であり、
- [図69]図69は、図68の要部拡大図であり、
- [図70]図70は、実施形態における、半導体モジュールの三面図であり、
- [図71]図71は、実施形態における、半導体モジュールの回路図であり、
- [図72]図72は、実施形態における、電流センサの斜視図であり、
- [図73]図73は、図72のH1矢視図であり、
- [図74]図74は、図72のH2矢視図であり、
- [図75]図75は、図72のH3矢視図であり、
- [図76]図76は、図72のH4矢視図であり、
- [図77]図77は、図72のH5矢視図であり、
- [図78]図78は、図72のH6矢視図であり、
- [図79]図79は、実施形態における、電流センサの分解斜視図であり、
- [図80]図80は、図78のI1－I1断面図であり、
- [図81]図81は、図78のI2－I2断面図であり、
- [図82]図82は、実施形態における、リアクトルケースの斜視図であり、
- [図83]図83は、図82のJ1矢視図であり、
- [図84]図84は、図82のJ2矢視図であり、
- [図85]図85は、図82のJ3矢視図であり、
- [図86]図86は、図82のJ4矢視図であり、
- [図87]図87は、図82のJ5矢視図であり、
- [図88]図88は、実施形態における、リアクトルと底壁部との断面図であり、
- 、

[図89]図89は、実施形態における、コンデンサモジュールの斜視図であり、

[図90]図90は、実施形態における、コンデンサモジュールを上から見た図であり、

[図91]図91は、図89において、モールド樹脂及び放電抵抗基板を省略した図であり、

[図92]図92は、図91の、K1矢視図であり、

[図93]図93は、図91の、K2矢視図であり、

[図94]図94は、図91において、負極バスバーを一部省略した図であり、

[図95]図95は、実施形態における、負極バスバー、正極平滑バスバー、正極フィルタバスバー、及び絶縁部材を下から見た図であり、

[図96]図96は、実施形態における、負極バスバー、正極平滑バスバー、正極フィルタバスバー、及び絶縁部材を上から見た図であり、

[図97]図97は、実施形態における、負極バスバー、正極平滑バスバー、正極フィルタバスバー、及び絶縁部材の、斜視図であって、負極バスバーを一部省略した図であり、

[図98]図98は、実施形態における、ケースカバー及びコンデンサモジュールの斜視図であり、

[図99]図99は、実施形態における、ケースカバー、コンデンサモジュール、放電抵抗基板、リアクトル、半導体モジュール、及び冷却器を示す概略断面図であり、

[図100]図100は、実施形態における、積層体と冷却プレートとDC-DCコンバータの斜視図であり、

[図101]図101は、実施形態における、DC-DCコンバータの保持構造の断面図であり、

[図102]図102は、実施形態における、DC-DCコンバータの保持構造の平面図であり、

[図103]図103は、実施形態における、DDC対向壁を取り外したDC-D

Cコンバータの保持構造の平面図であり、

[図104]図104は、実施形態の変形形態を示す、DC-DCコンバータの保持構造の断面図であり、

[図105]図105は、実施形態における、DC-DCコンバータの保持構造（その1）の断面図であり、

[図106]図106は、実施形態における、DDC対向壁を取り外したDC-DCコンバータの保持構造（その2）の平面図であり、

[図107]図107は、実施形態における、DC-DCコンバータの保持構造（その3）の断面図であり、

[図108]図108は、実施形態における、DDC対向壁を取り外したDC-DCコンバータの保持構造（その3）の平面図であり、

[図109]図109は、実施形態における、DC-DCコンバータの保持構造（その4）の断面図である。

発明を実施するための形態

[0014] 本開示の実施形態に係る電力変換装置について、図面を参照しながら以下詳細に説明するが、まず、はじめに、本実施形態に係る電力変換装置における、改善改良すべき技術的課題とこの技術的課題を解決するための技術の概要について説明する。本開示の実施形態に係る電力変換装置は、世の中のニーズに応えるべく、以下の技術的観点に配慮したものである。

[0015] 1つの技術的観点は、小型化技術、すなわち変換する電力の増大に伴う電力変換装置の大型化をできるだけ抑制する技術である。他の技術的観点は、電力変換装置の信頼性の向上に関する技術である。更なる他の技術的観点は、電力変換装置の生産性の向上に関する技術である。そして、本開示の実施形態に係る電力変換装置は、上述した3つの観点、さらにはこれらの観点を総合した観点に基づいて製品化されているものである。また、実施形態に文章にて記載した内容は、上記技術的観点に関する技術の一具体例であり、本開示の実施形態に係る電力変換装置は、それ以外にも上記技術的観点及び以下概説する技術的思想に基づく複数の技術的事項が含まれている。それぞれ

の観点における電力変換装置の特徴を、以下列挙して概説する。

[0016] A. 小型化技術

複数のパワー半導体モジュール（適宜、単に「半導体モジュール」ともいう。）を両面から冷却する構成をとることで、冷却性の向上に寄与している。特に、本実施形態では、一例として、半導体モジュールと冷媒との間に冷却管壁等、熱伝導部材を介した間接冷却の技術を記載している。

[0017] 冷却器と半導体モジュールの放熱面との間に均等に加圧力が作用することが望ましい。この点は、特に、間接冷却の場合には重要になる。特に、大電力化に伴う半導体モジュールの大型化に伴って、冷却器と半導体モジュールの接触面積を確保することが重要である。本実施形態では、一例として、冷却器と半導体モジュールの積層方向に加圧力を均等に与えることで、接触面積を確保している。すなわち、加圧力を均等にすることにより、半導体モジュールの冷却性向上に寄与することが求められる。なお、大電流化に対して、単一モジュールとしての大型化だけでなく、半導体モジュールの数で対応する場合にも、電力変換装置における、半導体モジュールが占める体積の割合は増える。さらには、許容電流量が増えることで半導体モジュール内部の絶縁確保や熱容量の確保などに伴い、半導体モジュールの構成が複雑化、大型化を招きやすくなる。

[0018] 本実施形態の電力変換装置においては、一方向に部品集結することで、デッドスペースを極力減らすことも考慮されている。加えて、電気配線の配置を効率化することで電力変換装置全体の小型化に寄与している。一方で、電気配線配置の最適化においては、他の電気部品や金属製部品との絶縁確保（すなわち、空間絶縁距離の確保、及び沿面絶縁の確保）が背反の課題となり、その対策が考慮されている部分もある。また、単に小型化のためにデッドスペースに電気配線を配置するだけでなく、電気配線の短縮化や安全性（接続作業性や使用環境における振動対策など）も考慮した最適配置がなされている部分もある。

[0019] また、本実施形態の電力変換装置においては、発熱部品を効率的に冷却で

きる全体レイアウトとなっている。すなわち、発熱部品である半導体部品やコイル、コンデンサ、電気配線などの通電部品からの熱拡散経路や放熱面積の確保、熱抵抗の最適化が図られている。また、雰囲気冷却によって冷却性が向上する最適配置も考慮されている。また、発熱量の異なる複数の電子部品を同じように冷やすことも有効だが、さらには発熱量の異なる部品や部位に応じて冷却量を変えるような構成も一部採用されている。これにより、電力変換装置全体での冷却効率の最適化を図っている。詳細には、冷媒流路に流れる冷媒の流量分配、通水抵抗、圧損、流速、冷媒温度や粘性などによって変化する冷媒特性を考慮して、最適な部品配置、冷媒の流し方、冷媒流路の構造設計がなされている。このように、冷却性能を高める、もしくは最適化を図ることで、電気部品や発熱部品の小型化が実現できている。

[0020] また、各部材間の熱伝達率の向上や、各部材の熱伝導率の向上を図ることで、放熱面積の拡大、放熱経路の短縮化、接触熱抵抗の低減等を実現している。

[0021] B. 信頼性向上技術

電力変換装置のケース内部と電力変換装置外部との間のシール性を向上させる工夫もなされている。部品配置も、ケース外部から万が一、水分や異物が混入した場合でも安全が確保されるように考慮されている。

また、冷媒流路からの冷媒漏れの防止や、部品の破損防止のための工夫がなされている。すなわち、ケース内部と外部とを接続する接続荷重に対する強度確保、ケース内部に収容される部品同士の接続応力（たとえば、制御回路基板と各種端子）に対して、部品破損が生じないようにも工夫されている。

[0022] 耐荷重性、耐振性を有する電力変換装置であって、部品破損や位置ずれを起こしにくい構造になっている。たとえば、重量部品（リアクトルやコンデンサなど）と軽量部品との配置関係や、大電流が流れる部品（特にモータ電流が流れる箇所）と荷重・振動が加わりやすい部位との配置関係といった観点での工夫が施されている。

[0023] また、半導体モジュール、リアクトル、電流センサなどの通電部品からの漏れ電流を抑制する工夫もなされている。

上述した一方向部品集結に起因して、共振周波数の高周波化が課題として存在する。これに対しては、各部品の保持・締結位置と締結方法や、重量部品を含めた最適配置が検討されている。

[0024] また、部品集約・小型化に起因する背反課題である、絶縁性の確保については、空間絶縁、絶縁層の介在によって対応している。ただし、部品間距離を大きくしすぎると冷却性能の悪化につながるため放熱経路と絶縁距離とのバランスも考慮されている。さらには、絶縁部材を適切に配置したり、絶縁部材の材質や厚みを工夫したりすることで、放熱が阻害されないようにして、絶縁性確保と冷却性確保とのバランスを確保している。

[0025] また、半導体モジュールにおける高周波スイッチングに起因する電磁ノイズに対するEMC（電磁両立性）については、次のような工夫がなされている。すなわち、電力変換装置内における、高圧部と低圧部とを、金属部品を介して配置するなどの工夫がなされている。また、ケース外部へのノイズの影響を抑制するために、必要箇所に金属部品を介在させるなどの措置が取られている。すなわち、開口や隙間部分、樹脂部分を通じて外部への電磁ノイズの放射が懸念される箇所に、金属部品を配置するなどの対策が取られている。また、高圧配線のループ面積縮小化が考慮されている。

[0026] また、各部において、低インダクタンスを考慮した構造が採用されている。すなわち、互いに逆向きに流れる電流経路の近接配置、電気配線の短縮化とそれに伴う配線レイアウトおよび部品配置が考慮されている。これに伴い、絶縁性確保が背反課題となる。そこで、適宜、絶縁性確保のための工夫がなされている。

[0027] インダクタンスのばらつきを防止することによって、電流アンバランスを防止することが考慮されている。これにより、各部品の寿命ばらつきの防止につながる。

半導体モジュールの電氣的絶縁性確保についても、種々の観点から工夫が

なされている。すなわち、樹脂モールド部の外部における沿面絶縁と空間絶縁とモールド内部の絶縁とが考慮されている。沿面絶縁については、例えば、樹脂材料、モールド寸法、端子寸法の調整等につき、工夫がなされている。空間絶縁については、例えば、端子間距離、モールド凹部寸法（端子間における樹脂モールド部に形成された凹部の寸法）の調整等につき、工夫がなされている。モールド内部の絶縁については、例えば、コレクタリードフレームの寸法と形状、エミッタヒートシンクの寸法と形状、コレクターエミッタ間寸法、ボンディングワイヤ間寸法、ボンディングワイヤーパワー端子間寸法、ボンディングワイヤーコレクタ間寸法、ボンディングワイヤーエミッタ間寸法等につき、工夫がなされている。

[0028] また、半導体モジュールと冷却管との積層体においては、積層方向における安定した加圧を実現できるような工夫がなされている。これにより、半導体モジュールの冷却性確保と、積層体における複数部品の一体保持を実現している。

また、各部品の接続部におけるはんだの寿命を確保することも考慮されている。すなわち、パワーサイクルにおける冷媒温度と半導体素子温度の変化に対する耐久性を確保できるようにしている。

[0029] また、放熱経路を分散できるような、発熱体のレイアウトと内部構造が考慮されている。

また、各部品の接続部における接続信頼性の確保も考慮されている。すなわち、半導体モジュールのパワー端子と高電位バスバー及び低電位バスバーとの接続部、高電位バスバー及び低電位バスバーとコンデンサ端子との接続部、半導体モジュールと出力バスバーとの接続部、出力バスバーとリアクトル端子との接続部などにおいて、これらの接続信頼性を確保している。

[0030] C. 生産性向上技術

構成部品の組み付け公差の設計が適宜なされている。これにより、例えば、信号端子と制御基板との間の接続容易性、パワー端子とバスバー間の接続容易性が図られている。

また、組み付け隙、すなわち構成要素間のクリアランス確保も考慮されている。これにより、溶接時における溶接治具等の挿入、締結部材の締結時における締結部材及び工具の挿入、或いは、組付ける部品を挿入する作業等を、容易に行うことができる。

また、接続構造の簡素化を図る工夫もなされている。すなわち、部品レイアウト、溶接対象部位の適切な配置、構成部品の形状簡素化などが図られている。さらには、一部、接続方向の一方向化も考慮されている。

また、量産に適した部品構造も考慮されている。例えば、機能統合による部品点数削減、一体成形品の採用、構成部品の形状簡素化などが行われている。

[0031] 次に、電力変換装置の実施形態について、図を参照して、詳細に説明する。

[0032] 本形態の電力変換装置 1 は、ハイブリッド車や電気自動車等の車両に搭載するための、車載用電力変換装置である。図 3 に示すごとく、本形態の電力変換装置 1 は、複数の半導体モジュール 2 と、第 1 電子部品としてのリアクトル 4 と、第 2 電子部品としての DC-DC コンバータ 6 とを備える。また、電力変換装置 1 は、図 16 に示すごとく、平滑コンデンサ 7 1 とフィルタコンデンサ 7 2 とを一体化してなるコンデンサモジュール 7 0 を有する。図 11 に示すごとく、一部の半導体モジュール 2 a とリアクトル 4 とフィルタコンデンサ 7 2 とによって、直流電源 180 の電圧を昇圧する昇圧回路 100 を構成してある。

[0033] また、他の半導体モジュール 2 b と平滑コンデンサ 7 1 とによって、インバータ回路 101 を構成してある。半導体モジュール 2 b 内の半導体素子 20 をスイッチング動作させることにより、昇圧後の直流電力を交流電力に変換している。これにより、交流負荷 181 としての三相交流モータを駆動し、上記車両を走行させることができる。本実施形態においては、2つの交流負荷 181 にそれぞれ接続される2つのインバータ回路 101 が、昇圧回路 100 に並列に接続されている。

[0034] また、上記DC-DCコンバータ6は、フィルタコンデンサ72に並列接続している。このDC-DCコンバータ6を用いて、直流電源180の電圧を降圧し、低圧バッテリー182を充電するよう構成されている。

[0035] 後述するように、半導体モジュール2は、上記半導体素子20（図11参照）を内蔵したモジュール本体部21と、該モジュール本体部21から突出したパワー端子22と、制御端子23とを備える。パワー端子22には、直流電圧が加わる正極端子22P及び負極端子22Nと、交流負荷181に電気接続される交流端子22Aとがある。また、制御端子23は、制御回路基板171に接続している。この制御回路基板171によって、半導体素子20のスイッチング動作を制御している。

[0036] また、図1～図5に示すごとく、本形態の電力変換装置1は、複数の半導体モジュール2と複数の冷却管3とを積層してなる積層体10、リアクトル4、その他の部品を収容するケース11を備える。

積層体10における半導体モジュール2と冷却管3との積層方向を、適宜X方向という。冷却管3は、半導体モジュール2をX方向から挟持するように、半導体モジュール2の両主面に配置されている。複数の半導体モジュール2におけるパワー端子22は、同じ方向に突出形成されている。パワー端子22の突出方向は、X方向に直交する方向である。このパワー端子22の突出方向を、適宜Z方向という。また、X方向とZ方向との双方に直交する方向を、適宜Y方向という。

[0037] X方向における積層体10の一方側に、積層体10と離間した状態で、冷却プレート31が配置されている。X方向において、積層体10に対する冷却プレート31が配された側を、適宜、前側といい、その反対側を適宜、後側という。ただし、前後の表現は、便宜的なものであり、特に電力変換装置1の向きを限定するものではない。また、Z方向において、半導体モジュール2のパワー端子22が突出した側を、便宜的に上側、その反対側を、便宜的に下側という。この上下の表現も便宜的なものであり、特に電力変換装置1の向きを限定するものではない。

[0038] 冷却プレート31は、厚みの大きい平板状のトッププレート311と、トッププレート311の後側面に重ね合せて接合された、後側プレート312とを有する。後側プレート312は、トッププレート311よりも厚みが小さい。後側プレート312は、トッププレート311と接合される外周端縁と、外周端縁の内側において外周端縁よりも後方に隆起するように形成された流路形成部とを有する。これにより、トッププレート311と後側プレート312との間に、冷媒流路が形成されている。

[0039] 冷却プレート31と積層体10との間に、リアクトル4が介在している。また、冷却プレート31の、リアクトル4を配した側とは反対側、すなわち前側に、DC-DCコンバータ6を設けてある。冷却プレート31によって、リアクトル4とDC-DCコンバータ6とをそれぞれ冷却している。

[0040] ケース11は、X方向における積層体10の後側に配された後方壁部112と、リアクトル4の前側に配された前方壁部111とを有する。また、ケース11は、前方壁部111と後方壁部112とを両者のY方向の両端において繋ぐ一対の側方壁部113、114を有する。一対の側方壁部113、114は、積層体10及びリアクトル4のY方向の両側に配されている。ケース11内には、図16～図18に示すごとく、コンデンサモジュール70も配置されている。コンデンサモジュール70は、Z方向において、積層体10及びリアクトル4の上側に配置されている。

図4、図6に示すごとく、ケース11の前方壁部111には、開口部111aが形成されている。冷却プレート31は、その一部において、前方壁部111の前面に当接している。一対のパイプ33は、前方壁部111の開口部111aを、X方向に貫通している。

[0041] 図3に示すごとく、ケース11の後方壁部112と積層体10の間には、加圧部材16が配されている。この加圧部材16によって、積層体10をリアクトル4に向けて加圧している。これにより、半導体モジュール2と冷却管3との接触圧を確保しつつ、積層体10をケース11内に固定している。

- [0042] 積層体 10 において、X 方向に隣り合う 2 本の冷却管 3 は、連結管 301 によって連結されている。連結管 301 は、Y 方向における、冷却管 3 の両端にそれぞれ設けられている。
- [0043] また、図 1 ～図 6 に示すごとく、冷却プレート 31 には、冷媒を導入するための導入管 321 と、冷媒を導出するための導出管 322 とが接続している。
- [0044] 図 2 に示すごとく、ケース 11 内に、2 本のパイプ 33 (33a, 33b) が設けられている。これら 2 本のパイプ 33 は、冷却プレート 31 と積層体 10 との間に介在している。パイプ 33 には、導入管 321 に連結した導入側パイプ 33a と、冷却管 3 内を通過した冷媒が通る導出側パイプ 33b とがある。
- [0045] 2 本のパイプ 33 は、積層体 10 を構成する複数の冷却管 3 のうち、X 方向においてリアクトル 4 に最も近い位置に配された冷却管 3 と、冷却プレート 31 とを連結している。導入側パイプ 33a は、Y 方向における、冷却プレート 31 及び冷却管 3 の一方の端部に接続している。導出側パイプ 33b は、Y 方向における、冷却プレート 31 及び冷却管 3 の他方の端部に接続している。2 本のパイプ 33 は、X 方向における長さが、連結管 301 よりも長い。これら 2 本のパイプ 33 の間に、リアクトル 4 が配されている。
- [0046] 冷媒を導入管 321 に導入すると、冷媒は、導入側パイプ 33a 及び連結管 301 を適宜通って、冷却プレート 31 及び複数の冷却管 3 の冷媒流路に分配される。その後、冷媒は合流し、連結管 301 及び導出側パイプ 33b を適宜通り、導出管 322 から導出される。このように、冷媒を冷却プレート 31 及び冷却管 3 の冷媒流路に流すことにより、半導体モジュール 2 及びリアクトル 4、DC-DC コンバータ 6 が冷却される。
- [0047] 図 3、図 5 に示すごとく、冷却プレート 31 には、リアクトル 4 と DC-DC コンバータ 6 とが当接している。冷却プレート 31 と、それに接続された導入管 321 及び導出管 322 との間には、樹脂 O リング等によるシール構造は特に形成されていない。その一方で、図 3、図 7 に示すように冷却プ

レート 3 1 よりも外側に配置される前方蓋部 1 1 6 とそれに接続される導入管 3 2 1 及び導出管 3 2 2 との間に O リングが配置されている。これにより、導入管 3 2 1 及び導出管 3 2 2 の外周面と前方蓋部 1 1 6 との間のシール構造を形成している。このシール構造によって、ケース外部への冷媒漏出を防止している。

[0048] 仮に、冷却プレート 3 1 に O リングを配設すると、O リングの反力に耐えるために冷却プレート 3 1 を高強度なものにしなければならず冷却性能が悪化するおそれがある。そのため、上記のように、O リングによるシール構造を、冷却プレート 3 1 に負荷がかからない構造にしている。O リングは、その弾性力が、前方、すなわち電力変換装置 1 の外側に向かう方向に働くように配設されている。

[0049] 図 4、図 1 5 に示すごとく、ケース 1 1 は、X 方向において、前方壁部 1 1 1 から前側へ突出した突出壁部 1 1 5 を有する。突出壁部 1 1 5 は、冷却プレート 3 1 よりも前側に突出している。突出壁部 1 1 5 は、冷却プレート 3 1 の前側に配置される DC-DC コンバータ 6 および B 端子 1 9 1 (DC-DC コンバータ 6 と外部の低圧直流バッテリーとを接続する端子) を、X 方向に直交する方向から、全周にわたって囲うように形成されている。また、突出壁部 1 1 5 の内側には導入管 3 2 1 の一部及び導出管 3 2 2 の一部が配置されている。図 3 に示すごとく、突出壁部 1 1 5 の突出端には、突出壁部 1 1 5 の内側の空間を塞ぐ前方蓋部 1 1 6 が取り付けられる。

[0050] これにより、突出壁部 1 1 5 の内側空間を、他の空間と区画することとなる。そして、突出壁部 1 1 5 の内側空間に、DC-DC コンバータ 6、B 端子 1 9 1 等の部品を、冷却プレート 3 1 及び導入管 3 2 1 の一部及び導出管 3 2 2 の一部と共に収容することとなる。これにより、内側空間における雰囲気温度を効率的に低くして、上記部品を効率よく冷却することができる。さらに、上記内部空間に配された部品に対して、外部から電磁ノイズが重畳することを、抑制することができる。

[0051] 図 2、図 3 に示すごとく、後方壁部 1 1 2 の一部は、加圧部材 1 6 を後方

から支承する支承面 1 1 2 d を有する。この支承面 1 1 2 d は、加圧部材 1 6 に対向する領域において、面一となっている。支承面 1 1 2 d は、X 方向に略直交する平面である。

[0052] 加圧部材 1 6 は、積層体 1 0 の後側に配置されており、積層体 1 0 を X 方向に加圧している。リアクトル 4 は、前側面において、積層体 1 0 を介して、加圧部材 1 6 の加圧力を受けるよう構成されている。リアクトル 4 は、後側面に近い位置において、ケース 1 1 に当接する突出部分を有する。この突出部分が、ケース 1 1 に形成された被当接部に、X 方向から当接する。このように、リアクトル 4 が前側面において受けた荷重を、ケース 1 1 の被当接部が受ける構造となっている。このような構造により、リアクトル 4 の全体に、加圧力を必要以上に及ぼさないようにしている。また、加圧部材 1 6 の加圧力は、半導体モジュール 2 の全体に均等にかかることが望ましい。特に、本形態において、半導体モジュール 2 は 4 つのスイッチング素子を実装したモジュールであり、全体的に大型化しやすい。そのため、特に、半導体モジュール 2 の全体にわたり、作用する荷重が均等化されるようにすることで、4 つのスイッチング素子の冷却バラツキを抑制することができる。

[0053] また、リアクトル 4 に必要以上に加圧力が作用するようにすると、リアクトル 4 の大型化を招くこととなる。この場合、電力変換装置 1 全体としても大型化しやすい。そこで、リアクトル 4 に必要以上の加圧力が作用しないように、上記のような、ケース 1 1 とリアクトル 4 と積層体 1 0 と加圧部材 1 6 との配置構成となっている。

[0054] 図 1、図 6 に示すごとく、冷却プレート 3 1 には、Y 方向における、導入管 3 2 1 と導出管 3 2 2 との間の領域において、部分的に Z 方向の上側に突出した突出板部 3 1 3 を有する。この突出板部 3 1 3 は、図 5、図 7、図 1 5 に示すごとく、DC-DC コンバータ 6 の電子部品配置に対応する箇所に形成されている。すなわち、X 方向から見たとき、突出板部 3 1 3 が、DC-DC コンバータ 6 の電子部品の一部に重なり、電子部品の全体が、冷却プレート 3 1 に重なる。

[0055] これにより、DC-DCコンバータ6の電子部品を、効率的に冷却することができる。

また、図1に示すごとく、ケース11の前方壁部111に形成された開口部111aは、X方向において突出板部313に対応する位置にも形成されている。図16に示すごとく、開口部111aを介して、突出板部313と放電抵抗基板172とが、X方向に重なる位置に配置されている。冷却プレート31の内部には冷媒流路（プレート内流路）が形成されている。ただし、突出板部313の内側には冷媒流路が形成されていない。

[0056] 上記のような構成により、冷却プレート31の突出板部313が放電抵抗基板172の冷却に寄与できる構造となっている。一方で、突出板部313には、冷媒を流通させていない。これは、冷媒流路を突出板部313まで延長させると、熱設計としては、放電抵抗基板172の過剰冷却となるためである。すなわち、冷媒流路を突出板部313まで延長させなくても、突出板部313を介した伝熱によって、放電抵抗基板172周辺の雰囲気熱を冷媒に放出して、放電抵抗基板172の温度上昇を十分に抑制できる。

[0057] 図2に示すごとく、ケース11の前方壁部111の内側面において、Z方向の上側の端部、すなわち組付け時にリアクトル4が挿入される側の端部には、壁厚み方向に第1凹部111bが形成されている。また、トッププレート311の突出板部313の突出方向は、Z方向の上側を向いている。前方壁部111の開口部111aには、突出板部313に対応するように、図4に示すごとく、Z方向の上側に部分的に拡大された第2凹部111cが形成されている。また、Z方向から見たときに、前方壁部111のうち第1凹部111bを形成した部分の少なくとも一部が、トッププレート311と重なる位置に配置されている。

[0058] リアクトル4を挿入する際に、ケース11と衝突しないように逃がし部としてケース11に第1凹部111bが形成されている。ケース11の前方壁部111において、第1凹部111bを形成した部分は、他の部位よりも前方に突出するようになる。そうすると、今度は、前方壁部111における当

該部分がトッププレート311と干渉することを、抑制する必要がある。特に、トッププレート311の突出板部313の突出方向はリアクトル4を挿入する側であるため、突出板部313と前方壁部111との干渉を回避する必要がある。そこで、前方壁部111の開口部111aには、突出板部313に対応する位置に第2凹部111cが形成されている。

[0059] 図20～図23に示すごとく、トッププレート311のY方向の両端部付近には他の部位よりも厚みの薄い薄肉部311aが、部分的に形成されている。これらの薄肉部311aは、他の部位に対して、後側面が切り欠かれたような形状となっている。薄肉部311aは、トッププレート311におけるZ方向の上辺と下辺とにそれぞれ複数箇所ずつ形成されている。トッププレート311と共に冷却プレート31を構成する後側プレート312には、複数の爪部312aが形成されている。後側プレート312の爪部312aが、トッププレート311の薄肉部311aに係合している。そして、トッププレート311の後側面において、後側プレート312の外周端縁がロウ付け接合されている。

[0060] 後側プレート312は、積層体10における冷却管3を構成する外殻プレート341と同一のものを使うことができる。積層体10を製造する際に後側プレート312とトッププレート311とを、爪部312aと薄肉部311aにおいて仮止めした後で、外周端縁を全周にわたりロウ付け接合することができる。

[0061] 図17に示すごとく、ケース11内において、積層体10とコンデンサモジュール70との間には、バスバアッシー5が配置されている。バスバアッシー5は、後述するように、高電位バスバー51と低電位バスバー52と中継バスバー53とを一体化してなる（図38～図46参照）。高電位バスバー51及び低電位バスバー52は、それぞれ、複数の半導体モジュール2とコンデンサモジュール70とを電氣的に接続する。高電位バスバー51及び低電位バスバー52は、コンデンサモジュール70に電氣的に接続されるコンデンサ側端子512、522、532を有する。図2に示すごとく、コン

デンサ側端子 5 1 2、5 2 2、5 3 2 は、ケース 1 1 の一方の側方壁部 1 1 3 の近傍に配置されている。一对の側方壁部 1 1 3、1 1 4 のうち、コンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2、5 3 2 が近傍に配された側方壁部を、適宜、第 1 側方壁部 1 1 3 といい、他方の側方壁部を、適宜、第 2 側方壁部 1 1 4 という。

[0062] 図 6 に示すごとく、ケース 1 1 の第 1 側方壁部 1 1 3 における、コンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2、5 3 2 に対向する部位には、開口部 1 1 3 a が形成されている。これにより、電力変換装置 1 の小型化と締結作業容易性との両立を図ることができる。特にコンデンサモジュール 7 0 を積層体 1 0 の Z 方向上側に配置して、Y 方向、すなわち半導体モジュール 2 の長手方向における小型化を、効果的に実現することができる。

[0063] バスバアッシー 5 は、複数のバスバーが樹脂モールドされた状態で一体化されている。図 2、図 5、図 6、図 7 に示すごとく、バスバアッシー 5 は、半導体モジュール 2 の配置領域の大半において、半導体モジュール 2 を、Z 方向の上側から覆うように配置されている。一方、リアクトル 4 の配置領域のほとんどの領域において、バスバアッシー 5 は、Z 方向において重なっていない。高電位バスバー 5 1 及び低電位バスバー 5 2 を樹脂モールドすることで、これらのバスバーにて生じる熱を、リアクトル 4 のコイル端子 4 1 に及ぼしにくくしている。さらに、リアクトル 4 とバスバアッシー 5 とを、Z 方向から見て重ならないようにすることで、バスバアッシー 5 からリアクトル 4 が受ける熱影響を、より抑制することができる。

[0064] リアクトル 4 と複数の半導体モジュール 2 とは、X 方向に一行に配置されている。リアクトル 4 のコイル端子 4 1 は、X 方向において、半導体モジュール 2 のパワー端子 2 2 に近接する側に形成されている。これにより、パワー端子 2 2 とコイル端子 4 1 との接続構造を簡素化することができる。

[0065] 図 1、図 2、図 5 に示すごとく、リアクトル 4 のコイル端子 4 1 は、X 方向における中央よりも冷却管 3 に近い側に配置されている。すなわち、X 方向におけるリアクトル 4 の中央とコイル端子 4 1 との距離よりも、X 方向に

おける冷却管 3 とコイル端子 4 1 との距離の方が短い。重量物で大型部品であるリアクトル 4 は、両面に冷媒流路、すなわち冷却管 3 及び冷却プレート 3 1 を配置しても、中央まで効率的に冷却しにくい。そのため、コイル端子 4 1 を、極力冷媒流路に近い位置に配置する。これにより、コイル端子 4 1 を介してリアクトル 4 の内部の放熱を行いやすくする。また、リアクトル 4 のリアクトルケース 4 0 は、X 方向における後側の壁部、すなわち半導体モジュール 2 に近い側の壁部が、厚めになっており、積層体 1 0 における最前段の半導体モジュール 2、すなわち最もリアクトル 4 に近い側にある半導体モジュール 2 は、積層体 1 0 における最上流の冷媒が流れる冷却管 3 に接している。それゆえ、積層体 1 0 における最前段の半導体モジュール 2 は、熱設計として、過剰な冷却効果が得られやすい。そこで、冷却性の均衡をとるためにも、コイル端子 4 1 を、リアクトル 4 の X 方向における後側に近い位置に配置している。

[0066] リアクトル 4 は積層体 1 0 よりも X 方向における前側に配置されている。そして、リアクトル 4 におけるコイル巻線部は、導入側パイプ 3 3 a と導出側パイプ 3 3 b との間に配置されている。これにより、リアクトル 4 のコイル巻線部の周囲の雰囲気温度を低くすることができる。その結果、低い温度雰囲気によってリアクトル 4 のコイル巻線部を効率的に冷却することができる。

[0067] 図 1、図 2 に示すごとく、ケース 1 1 の後方壁部 1 1 2 は、その Y 方向の一部において、加圧部材 1 6 から後方へ離れるように形成された膨出壁部 1 1 2 a を有する。膨出壁部 1 1 2 a の内側には、コンデンサモジュール 7 0 から突出したコンデンサバスバー 7 5 が配置される配置空間 1 1 2 b が形成されている。配置空間 1 1 2 b は、積層体 1 0 が配置される空間と、区隔壁 1 1 2 c を介して、部分的に区画されている。この区隔壁 1 1 2 c の前面に、加圧部材 1 6 を支承する支承面 1 1 2 d の一部が形成されている。また、膨出壁部 1 1 2 a の一部から、さらに後方に突出するように、直流コネクタ接続部 1 1 2 e が形成されている。直流コネクタ接続部 1 1 2 e は、後方に

開口しており、コンデンサバスバー 75 に、外部から接続される直流コネクタ 192 を接続する部分である。

[0068] 図 1、図 2、図 6 に示すごとく、ケース 11 における電流センサ 8 が固定されるセンサ固定部 118 の一部（本形態においては、X 方向の二箇所にある 2 つのセンサ固定部 118 のうちの一つ）は、後方壁部 112 の一部を、後側に突出して形成されている。このセンサ固定部 118 は、X 方向において、区隔壁 112c よりも後方へ突出し、かつ、膨出壁部 112a の後端よりも前側に納まっている。これにより、ケース 11 の後端側において、ケース 11 の外部空間のデッドスペースを有効利用している。これにより、車両等への電力変換装置 1 の搭載性を確保しつつ、電流センサ 8 の配置領域を確保することができる。また、センサ固定部 118 は、ケース 11 における Z 方向の上端部付近に形成されている。これにより、電流センサ 8 の取付を容易にすることができる。

[0069] ケース 11 は、電力変換装置 1 を車両等に固定するための装置固定部 117 を複数有する。本実施形態においては、装置固定部 117 を、4 個有する。4 個の装置固定部 117 は、ケース 11 の Z 方向の上端部付近に形成されている。また、Z 方向から見たとき、4 個の装置固定部 117 は、ケース 11 の四隅付近に形成されている。4 個の装置固定部 117 のうち、3 個は、ケース 11 に対して、Y 方向の外側へ突出するように形成されている。4 個の装置固定部 117 のうちの 1 個は、ケース 11 に対して、X 方向の後側へ突出している。

[0070] すなわち、ケース 11 の四隅のうち、第 2 側方壁部 114 及び後方壁部 112 の近傍に形成されている装置固定部 117 は、後方壁部 112 の後方に突出するように配置されている。第 2 側方壁部 114 は、交流負荷に電氣的に接続される交流コネクタを接続するための交流コネクタ接続部 114e が配置されている。第 2 側方壁部 114 側に形成された 2 個の装置固定部 117 のうち、後側の装置固定部 117 は、後方壁部 112 の後方へ突出している。この装置固定部 117 は、直流コネクタ接続部 112e が後方壁部 11

2から突出した側へ突出している。また、装置固定部117は、直流コネクタ接続部112eの後端よりも、前側に納まっている。

上記のような装置固定部117の配置により、交流コネクタと装置固定部117との干渉を抑制し、デッドスペースとなりやすい領域を有効活用することで、電力変換装置1全体の小型化を実現することができる。

[0071] 図16、図17、図18、図19に示すごとく、ケース11は、積層体10、リアクトル4等を配置する領域と、制御回路基板171を配置する領域とを、Z方向に区画する底壁部119を有する。この底壁部119において、Z方向から見たとき、リアクトル4と導入側パイプ33aとの間の領域の一部に、貫通孔119aが形成されている。貫通孔119aには、電流センサ8の信号端子84が貫通するよう構成されている。底壁部119が、積層体10等と制御回路基板171との間に形成されていることにより、積層体10側と制御回路基板171側とにおける、ノイズの干渉を抑制することができる。また、底壁部119に設けた貫通孔119aによって、電流センサ8の信号端子84の位置決めを容易にすることができる。

[0072] Y方向における導出側パイプ33bとリアクトル4との間の領域（図2、図3参照）に、コンデンサに接続された電圧検出線（図示略）が配置されている。制御配線は、リアクトル4の締結部45と、リアクトルケース40の側面と、導出側パイプ33bとの間に形成される領域に配置される。この領域とZ方向に重なるケース11の底壁部119の一部に、制御配線が貫通する貫通孔119bが形成されている。

これにより、ケース11内におけるデッドスペースを有効活用することができる。また、リアクトル4の締結部45と、リアクトルケース40の側面と、導出側パイプ33bとに囲まれる領域にコンデンサの電圧検出線が配置されることで、他の電子部品等とコンデンサの電圧検出線との間のノイズの干渉を防ぎやすい。また、コンデンサの電圧検出線の位置決めを容易に行いやすい。また、リアクトル4を挟んで反対側に、電流センサ8の信号端子84とコンデンサの電圧検出線とが配されることとなるため、両者を離して配

置することができる。

[0073] 図4、図5に示すごとく、B端子191は、DC-DCコンバータ6に隣接して配置されている。特に、導入管321を挟んでDC-DCコンバータ6とは反対側に、B端子191が配置されている。

これにより、DC-DCコンバータ6とB端子191との接続距離を短くして、両者間の接続構造の簡素化を容易とするとともに、冷却性の観点からも、DC-DCコンバータ6とB端子191との配置の最適化が図られている。

[0074] B端子191は、DC-DCコンバータ6に対して、交流コネクタ接続部114eに近い側に配置されている。X方向から見たときに、交流コネクタ接続部114eに接続される交流コネクタとB端子191とは、一部重なるように配置されている。

交流コネクタは、直流コネクタ192よりも接続構造が大型化しやすい。それゆえ、交流コネクタ接続部114eに隣接するスペースが、デッドスペースとなりやすい。そこで、上記のようなB端子191の配置とすることで、そのデッドスペースを有効活用することができる。

[0075] 図2、図3に示すごとく、リアクトル4は、X方向を向く2つの壁部42L、42Tが、冷却管3と冷却プレート31とにそれぞれ接するように配置されている。リアクトル4の締結部45は、Y方向に突出して形成されている。すなわち、リアクトル4の4つの角部に設けられた締結部45は、冷却管3又は冷却プレート31に接している壁部42L、42Tではなく、リアクトルケース40の壁部42S、42CからY方向に突出して形成されている。

[0076] リアクトル4は重量物であるため、締結部45の大きさのある程度確保する必要がある。そのため、締結部45を配置される位置には、十分なスペースが必要となる。仮に、冷却管3、冷却プレート31に接する側の壁部42L、42Tに締結部を設けると、冷却管3、冷却プレート31による冷却機能が損なわれるおそれがある。そこで、締結部45を、壁部42S、42C

からY方向に突出させることにより、リアクトル4の冷却性能を確保することができる。

[0077] 図18に示すごとく、半導体モジュール2の内部には、4つの半導体素子20が一つの方向に並んで配置されている。半導体素子20の並ぶ方向は冷却管3と半導体モジュール2とが積層される積層方向、すなわちX方向と直交する方向であり、Y方向である。図3に示すごとく、リアクトル4の締結部45は、リアクトルケース40から、半導体素子20の並び方向と平行な方向に突出して形成されている。また、リアクトル4の締結部45は、リアクトル4の本体部とパイプ33との間の空間に形成されている。

半導体モジュール2が4つの半導体素子20を内蔵した構成とした分、半導体モジュール2の体格は大型化する一方で、リアクトル4とパイプ33との間にはデッドスペースが生まれやすくなる。そのため、そのデッドスペースを、重量物であるリアクトル4の締結部45の配置空間として有効活用している。

[0078] リアクトル4と半導体モジュール2とは、一つの方向であるX方向に並んで配置されて加圧されている。この配列方向に直交する方向（すなわち、Y方向又はZ方向、或いは、Y方向及びZ方向の双方）において、リアクトル4の積層体10側の壁部42Lの幅は、半導体モジュール2の幅と同等、もしくはそれよりも大きい。さらに、半導体モジュール2の内部において、上記配列方向に直交する方向（Y方向）において、すべての半導体素子が一列に並んで配置されている。ここで、リアクトル4の壁部42Lの幅は、締結部45も含んだ寸法である。特に、X方向から見たとき、半導体モジュール2のモジュール本体部21が、積層体10に当接するリアクトル4の当接面の輪郭の内側に納まるような大きさ、及び位置関係であることが望ましい。

半導体モジュール2の体格アップに伴い、半導体モジュール2に対する加圧力の均一化が、一層重要な課題となる。そこで、重量物であるリアクトル4の壁部42Lの幅を半導体モジュール2の幅よりも大きくして、半導体モジュール2の加圧力の均一化を図っている。

[0079] 冷却管 3 内の冷媒流路の流路断面積は、冷却プレート 3 1 内の冷媒流路の流路断面積よりも大きい。これにより、半導体モジュール 2 に接触する冷却管 3 に流れる冷媒の量が多くなることで、半導体モジュール 2 の冷却効率を向上させることができる。そして、リアクトル 4 を X 方向から挟む冷却管 3 と冷却プレート 3 1 とのうち、半導体モジュール 2 側にある冷却管 3 内の冷媒流路の断面積を、より大きくしている。これにより、半導体モジュール 2 の冷却効率を向上させることができる。

[0080] 冷却プレート 3 1 内の冷媒流路は、板状のトッププレート 3 1 1 とその後面に接合された後側プレート 3 1 2 との間に形成されている。すなわち、冷却プレート 3 1 の冷媒流路は、トッププレート 3 1 1 におけるリアクトル 4 側に配置されている。DC-DC コンバータ 6 は、温度の低い冷媒が通る導入管 3 2 1 に近接して配置されて低雰囲気温度下でも冷却される。そのため、冷却プレート 3 1 を挟んで配される DC-DC コンバータ 6 とリアクトル 4 のうち、リアクトル 4 の方をより冷却プレート 3 1 と熱交換しやすいようにすることが望ましい。そこで、冷却プレート 3 1 は、トッププレート 3 1 1 におけるリアクトル 4 側の面に、冷媒流路が配置される構成としている。また、このような構成とすることで、冷却プレート 3 1 との当接面積がリアクトル 4 よりも大きい DC-DC コンバータ 6 に対して、トッププレート 3 1 1 の平坦面を対向させることができる。

[0081] 図 6、図 7、図 8 に示すごとく、電流センサ 8 は、ケース 1 1 内の側方壁部 1 1 4 に沿って配置されている。すなわち、側方壁部 1 1 4 に形成された交流コネクタ接続部 1 1 4 e の近傍に、電流センサ 8 が、配されている。電流センサ 8 は、その長手方向が、冷却器における導入側パイプ 3 3 a 及び冷却管 3 の Y 方向の上流端に沿うように配置されている。

また、高電位バスバー 5 1、低電位バスバー 5 2、中継バスバー 5 3 における、コンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2、5 3 2 の配列端子群 5 5 は、冷却器における導出側パイプ 3 3 b 及び冷却管 3 の Y 方向の下流端に沿うように配置されている。

[0082] 出力バスバー 15 は、その一部が、Z 方向に、積層体 10 に対向して配置されている。また、バスバアッシー 5 も、その一部が、Z 方向に、積層体 10 に対向して配置されている。出力バスバー 15 が積層体 10 の冷却管 3 に対向する面積よりも、バスバアッシー 5 が積層体 10 の冷却管 3 に対向する面積のほうが大きい。

[0083] 上記のように、出力バスバー 15 は、積層体 10 における冷却管 3 の上流側に配置され、バスバアッシー 5 は、積層体 10 における冷却管 3 の下流側に配置されている。

バスバアッシー 5 よりも出力バスバー 15 に流れる電流の方が大きいため、大電流化の要求に対して、高電位バスバー 51 及び低電位バスバー 52 を備えたバスバアッシー 5 に比べて出力バスバー 15 は熱集中しやすい。そこで、出力バスバー 15 を冷却管 3 の上流側の近傍に配置することで、全体として効率のよい冷却を実現している。

[0084] 図 8 に示すごとく、コンデンサモジュール 70 には、複数のコンデンサ素子が、並列配置されている。各コンデンサ素子は、一方の電極面が Z 方向における半導体モジュール 2 の配置側を向き、他方の電極面が Z 方向における半導体モジュール 2 と反対側を向いている。それぞれの電極面に接続されるバスバーは、それぞれ電極面に平行に延びて形成されている。そして、各バスバーは、コンデンサモジュール 70 の側面に露出した端子において、図 9 に示すごとく、高電位バスバー 51 及び低電位バスバー 52 と、それぞれ接続されている。

[0085] コンデンサモジュール 70 を、Z 方向における半導体モジュール 2 の上側に置くことで、コンデンサモジュール 70 における高圧電流によるノイズを、半導体モジュール 2 の制御端子 23 へ影響し難いような構成としている。その一方で、かかる構成とすると、半導体モジュール 2 とコンデンサモジュール 70 との接続時における視認性及びそれに伴う接続信頼性が課題となる。これに対しては、コンデンサ素子の電極面の向く方向と、高電位バスバー 51 及び低電位バスバー 52 と接続される端子の向く方向とを、上記のよう

に略直交する方向、すなわちZ方向とY方向となるような位置関係とすることで、接続作業を容易にしている。これにより、バスバアッシー5とコンデンサモジュール70との接続信頼性を確保している。

[0086] 図8～図10に示すごとく、コンデンサバスバー75とバスバアッシー5との締結位置は、Y方向において、コンデンサ素子を介して電流センサ8が配置された側とは反対側である。また、バスバアッシー5は、電流センサ8と反対側からY方向に、半導体モジュール2のパワー端子22（22P、22N）に近づき、出力バスバー15は電流センサ8側からパワー端子22（22A）に近づく。すなわち、図6に示すごとく、バスバアッシー5と出力バスバー15とは、Y方向における互いに反対側からパワー端子22に近付くように配置されている。これにより、半導体モジュール2に対する複数のバスバーの接続構造が密集しすぎないようにして、互いのノイズ干渉を抑制している。また、バスバアッシー5と出力バスバー15とを、パワー端子22に対して、Y方向の両側に分離して、接続配線同士の干渉を適切に抑制している。

[0087] 図8、図9、図10に示すごとく、直流コネクタに接続される、コンデンサバスバー75のコネクタ側端子751と、積層体10の間には、冷却器における導入管321及び導出管322と反対側の端部の冷却管3が介在している。この冷却管3は他の段の冷却管3よりも、平板状プレート343の厚みが厚い。また、コネクタ側端子751は、その一部において、主面がX方向から冷却管3に対向するように形成された部位を有する。これにより、コネクタ側端子751に流れる電流に起因するノイズを、冷却管3によって遮蔽して、他の部位へのノイズの影響を抑制している。また、コネクタ側端子751の熱を、周囲の雰囲気気を介して冷却管3に放熱することができる。

[0088] 図3に示すごとく、コンデンサバスバー75のコネクタ側端子751と積層体10の間には、金属壁が介在している。この金属壁は、ケース11の一部である、区隔壁112cである。区隔壁112cの主面は、冷却管3の主面と対向している。区隔壁112cの主面は、コンデンサモジュール70

のコネクタ側端子 751 の主面とも対向している。これにより、区隔壁 112c によって、コネクタ側端子 751 を流れる電流に起因するノイズを、遮蔽する効果を得ることができる。また、コネクタ側端子 751 の熱を、区隔壁 112c に放熱することができ、また、その熱を冷却管 3 へ放熱することもできる。それゆえ、コネクタ側端子 751 を介したコンデンサモジュール 70 の冷却効果を得ることもできる。

[0089] 図 8、図 9、図 10 に示すごとく、半導体モジュール 2 の制御端子 23 は、冷却管 3 に対して、コンデンサモジュール 70 や電流センサ 8、バスバアッシー 5 と反対側に突出している。これにより、コンデンサやバスバアッシー 5 における高電圧電流に起因するノイズが、制御端子 23 側に影響することを抑制することができる。また、制御端子 23 に接続される低電圧配線と、コンデンサモジュール 70 との接続配線等の高電圧配線とを、冷却器を挟んで互いに反対側に配置して、それぞれの接続構造の簡素化を図っている。

[0090] 図 17 に示すごとく、コンデンサモジュール 70 と半導体モジュール 2 との間には、一部、樹脂でモールドされた高電位バスバー 51 及び低電位バスバー 52 が配置されている。また、コンデンサモジュール 70 に、バスバアッシー 5 の主面が対向するように配置されている。これにより、コンデンサモジュール 70 と半導体モジュール 2 との、互いの熱干渉を抑制している。

[0091] 図 12、図 16 に示すごとく、制御回路基板 171 は、Z 方向から見て、半導体モジュール 2 の配置領域およびリアクトル 4 の配置領域をまたぐように配置される。また、ケース 11 は、制御回路基板 171 が配される空間と、積層体 10 及びリアクトル 4 が配される空間を区画する、底壁部 119 を有する。ただし、底壁部 119 には、上述した貫通孔 119a、119b が形成されている。また、図 16、図 17、図 18、図 19、図 25 に示すごとく、底壁部 119 には、積層体 10 の配置領域の一部に形成された開口部 119c も形成されている。この開口部 119c からは、半導体モジュール 2 の制御端子 23 が、制御回路基板 171 の配置空間へ突出している。

[0092] また、図 12 に示すごとく、制御回路基板 171 は、締結部材によって、

底壁部 119 に固定されている。その締結箇所（締結部 171a）は、制御回路基板 171 の主面の広がり方向における全体にわたり、万遍なく配置されている。締結部 171a は、制御回路基板 171 における 4 つの角部、4 つの辺のみならず、辺から内側に入った箇所にも、設けてある。

[0093] このように、締結部 171a を設けることにより、制御回路基板 171 の耐振動性を向上させている。すなわち、例えば、車両振動が電力変換装置 1 に伝わることを想定して、制御回路基板 171 の耐振動性が求められている。この耐振動性については、制御回路基板 171 を、その主面の広がり方向の全体にわたり、万遍なく締結固定することが有効となる。同時に、積層体 10 から制御回路基板 171 へのノイズ遮蔽も可能となる。

また、底壁部 119 には、加圧部材 16 の加圧力が、積層体 10 及びリアクトル 4 の一部を介して作用することとなる。それゆえ、この荷重に充分耐えうる強度を、底壁部 119 には持たせる必要がある。そこで、上記のように、開口部を必要最小限にとどめて、底壁部 119 を形成している。

[0094] 図 7、図 8、図 9、図 14 に示すごとく、電流センサ 8 の信号端子 84 は、半導体モジュール 2 と重ならないように配置されている。また、信号端子 84 は、リアクトル 4 と導入側パイプ 33a との間に配置される。さらには、信号端子 84 は、リアクトル 4 の締結部 45 と壁部 42s との間に形成される空間に配置されている。また、図 16 に示すごとく、信号端子 84 は、リアクトル 4 のコイル端子 41 の突出方向と反対方向に延びている。

これにより、半導体モジュール 2 から信号端子 84 へのノイズの影響を抑制している。コイル端子 41 から信号端子 84 へのノイズの影響も抑制される。また、信号端子 84 はその周囲が金属部材によって囲まれることとなるため、外部から信号端子 84 へのノイズも抑制することができる。また、信号端子 84 が、ケース 11 内におけるデッドスペースに配置されることとなるため、小型化が容易となる。

[0095] X 方向から見て、半導体モジュール 2 の制御端子 23 と重なるようにリアクトル 4 の荷重支持部 44 が配置されている（図 16、図 19 参照）。そし

て、荷重支持部４４のＸ方向の前側（すなわち、制御端子２３と反対側）には、ケース１１の底壁部１１９が形成されている。このように、制御端子２３の前方に、荷重支持部４４が配置されていることにより、前方からの外部ノイズが、制御端子２３へ影響することを抑制することができる。

[0096] リアクトル４の荷重支持部４４は、コイル巻線部よりも冷却管３に近い側に形成されている。また、荷重支持部４４は、冷却管３と当接している厚肉の壁部４２Ｌと一体形成されている。また、荷重支持部４４は、制御回路基板１７１に固定された底壁部１１９に当接している。

これにより、荷重支持部４４は、加圧部材１６の荷重を底壁部１１９へ受けさせる機能と、リアクトル４からケース１１への放熱経路を確保する機能とを有する。また、冷却管３が荷重支持部４４を介して底壁部１１９を冷却することで、制御回路基板１７１の冷却にも寄与している。

[0097] 図１６に示すごとく、コンデンサモジュール７０に取り付けられた放電抵抗基板１７２は、Ｘ方向から見て金属部材であるトッププレート３１１の突出板部３１３に重なる位置に形成されている。これにより、Ｘ方向の前方からのノイズが放電抵抗基板１７２へ影響することを抑制している。他にも、放電抵抗基板１７２と他の電子部品との絶縁距離確保やノイズ干渉抑制のために、放電抵抗基板１７２とその周辺部品の配置関係等が工夫された構造となっている。

[0098] 図１３に示すごとく、放電抵抗基板１７２は、Ｘ方向において、積層体１０を挟んで、コンデンサバスバー７５のコネクタ側端子７５１とは反対側となる位置に配置されている。複数の冷却管３を含む積層体１０を挟んで互いに反対側に、共に発熱体であるコネクタ側端子７５１と放電抵抗基板１７２とを配置することにより、互いの熱干渉を抑制している。

[0099] 特に、本形態の電力変換装置１においては、図１６、図１７、図１８に示すごとく、コンデンサモジュール７０の一主面をケース１１に締結する構造となっている。そのために、放電抵抗基板１７２とコンデンサバスバー７５のコネクタ側端子７５１との双方を、ケース１１への締結側の主面とは反対

側の主面の方に配置する構成としている。そうすると、その配置の仕方によっては、コネクタ側端子 751 と放電抵抗基板 172 との熱干渉の可能性がある。そのため、上記の位置関係とすることで、コネクタ側端子 751 と放電抵抗基板 172 との熱干渉を効果的に防ぐことができる。

[0100] 図 19 に示すごとく、ケース 11 の底壁部 119 の一部には、リブ 119r が形成されている。リブ 119r は、底壁部 119 において、リアクトル 4 の荷重支持部 44 が当接する被当接部の X 方向の前方の位置に形成されている。これにより、荷重支持部 44 を介して加圧部材 16 から受ける荷重に対して、底壁部 119 が充分耐えられるようにしている。

また、X 方向から見たときに、図 16 に示すごとく、荷重支持部 44 と加圧部材 16 とは重なっていない。それゆえ、リアクトル 4 が受けた荷重を、底壁部 119 に逃がすことができる。また、加圧部材 16 による荷重の一部が、リアクトル 4 のコイル配置領域に作用するようにすべく、X 方向において、加圧部材 16 が荷重支持部 44 に重ならず、コイル配置領域に重なるような配置となっている。

[0101] コンデンサバスバー 75 における、バスバアッシー 5（高電位バスバー 51、低電位バスバー 52、中継バスバー 53）との接続端子は、コンデンサモジュール 70 における平滑コンデンサ 71 が配置された位置に対応した側面に配置されている。また、コンデンサモジュール 70 の主面に対向する位置に、半導体モジュール 2 が配置される。

これにより、コンデンサモジュール 70 におけるバスバアッシー 5 との接続部分と、平滑コンデンサ 71 の電極からの電流経路長を短くしやすくなる。また、コンデンサモジュール 70 とバスバアッシー 5 との接続部が、Y 方向の端面に配置されるため、接続作業の際の視認性を確保しやすい。その結果、コンデンサモジュール 70 とバスバアッシー 5 との接続信頼性を向上させることができる。

[0102] 積層体 10 において、冷却管 3 と半導体モジュール 2 とは、以下のような配置関係となるように、互いに積層されている。すなわち、まず、図 17、

図 18 に示すごとく、半導体モジュール 2 のパワー端子 22 に、冷媒供給路 36 が X 方向に対向するように、冷却管 3 が配置されている。そして、Y 方向において、半導体モジュール 2 の負極ヒートシンク 24N 及び下アーム交流ヒートシンク 24AN が、冷却管 3 の供給部 361 に近い側に配され、正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP が排出部 381 に近い側に配置される。冷媒供給路 36 に形成された除変部 362 は、正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP に対応する位置に形成されている。正極端子 22P は、Y 方向において、正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP における、負極ヒートシンク 24N 及び下アーム交流ヒートシンク 24AN に近い側の端部に対応する位置に、形成されている。

[0103] 上記のように、パワー端子 22 に冷媒供給路 36 を対向配置させることで、冷媒供給路 36 に、パワー端子 22 を冷却する機能を持たせている。ここで、Y 方向において、正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP における、負極ヒートシンク 24N 及び下アーム交流ヒートシンク 24AN に近い側には、パワー端子が配置されていない。そこで、冷媒供給路 36 に除変部 362 を形成して流路断面積を絞っても、パワー端子の冷却効果が低下することはない。

[0104] コンデンサモジュール 70 の正極バスバー 75P と、バスバアッシー 5 の高電位バスバー 51 とは、それぞれのモールド樹脂を介して対向している。また、バスバアッシー 5 の低電位バスバー 52 と半導体モジュール 2 の正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP とは、それぞれのモールド樹脂を介して対向している。このような配置とすることにより、インダクタンスを低減することができる。

[0105] コンデンサモジュール 70 の正極バスバー 75P は、主面がケースカバー 131 の主面に隣接して配置されている。また、負極バスバー 75N は、主面が冷却管 3 と一部対向するように配置されている。コンデンサモジュール 70 の正極バスバー 75P は、モールド樹脂のみを介してケースカバー 13

1と接続されている。その一方で、バスバアッシー5において、冷却管3に対して、低電位バスバー52より遠い側に高電位バスバー51がある。コンデンサモジュール70の負極バスバー75Nは、モールド樹脂を介して外部には空気層がある一方で、バスバアッシー5において、冷却管3に対しては高電位バスバー51より近い側に低電位バスバー52が配置されている。

[0106] これにより、コンデンサバスバー75及びバスバアッシー5の冷却効率を向上させやすい。すなわち、コンデンサモジュール70の負極バスバー75Nは、ケースカバー131側へ放熱することができる。これに伴い、負極バスバー75Nに接続された低電位バスバー52も、負極バスバー75Nを介して、ケースカバー131側へ放熱することができる。一方、高電位バスバー51は、冷却管3へ放熱しやすい。これに伴い、高電位バスバー51に接続されたコンデンサモジュール70の正極バスバー75Pも、高電位バスバー51を介して冷却管3側へ放熱することができる。

[0107] 半導体モジュール2は、冷却管3における冷媒供給路36に対向する位置に、パワー端子22を突出し、冷却管3における冷媒排出路38に対向する位置に、制御端子23を突出している。これにより、比較的発熱量の大きいパワー端子22を、制御端子23よりも積極的に冷却することができる。その結果、半導体モジュール2全体の冷却効率を向上させることができる。

[0108] 電流センサ8は、コンデンサモジュール70に対してY方向に隣接し、積層体10に対してZ方向に隣り合う空間に配置されている。そして、出力バスバー15は、コンデンサモジュール70を避けつつ、半導体モジュール2の交流端子22Aに対して、Y方向から近付くような形状となっている。

[0109] 図1、図2に示すごとく、ケース11は、コンデンサモジュール70や積層体10が配置される空間が、その略全領域において、Z方向の上側へ開口している。すなわち、当該空間は、底壁部119と反対側に開放端を有する。開放端は、図4、図16、図17、図18に示すごとく、ケースカバー131にて塞がれている。積層体10に対して開放端側に、コンデンサモジュール70が配置されている。コンデンサモジュール70は、ケースカバー1

31に固定されている。

[0110] 電力変換装置1を組み立てる際、積層体10や他の部品をケース11内に組み付ける工程とは別に、コンデンサモジュール70をケースカバー131に取り付けて、サブアセンブリを構成しておく。そして、このサブアセンブリをケース11に組み付けることで、コンデンサモジュール70をケース11内に配置すると共に、ケースカバー131をケース11に固定することができる。それゆえ、電力変換装置1の生産性が向上する。

[0111] ケース11は、底壁部119に対して制御回路基板171が配された側の空間も、その略全領域において、Z方向の下側へ開口している。この開放端も、ケースカバー132にて塞がれている。この下側のケースカバー132は、制御回路基板171を覆うように配されて、ケース11に固定されている。

[0112] また、図24に示すごとく、前方壁部111に形成された開口部111aに対して、Z方向の両側のいずれにも、前方壁部111の一部が形成されている。つまり、開口部111aは、Z方向において、ケース11の上端にも下端にも貫通していない。このようにすることで、開口部111aが、ケースカバー131、132とケース11との間の水密性に影響を与えることを防いでいる。つまり、Z方向における開口部111aの両側に前方壁部111が存在していることにより、ケース11におけるZ方向の両側の開放端の何れにおいても、全周にわたって連続したシール面を、形成することができる。その結果、図4、図16、図17、図18に示すごとく、各シール面に、ケースカバー131、132を、全周にわたり密着させることで、開放端を確実に塞ぐことができる。各シール面とケースカバー131、132との間には、ガスケット等のシール部材を介在してもよい。

[0113] 後述するように、冷却管3には、X方向に分けられた2つの冷媒流路が形成されている。この2つの冷媒流路は、互いに冷媒が逆向きに流れるようになっている。これらのうちの一方の冷媒流路は、Z方向における、コンデンサモジュール70や電流センサ8が配置されている側の端面に、冷媒が衝突

するようになっている。そして、その端面は、コンデンサモジュール 70 や電流センサ 8、バスバアッシー 5 と対向するように配置されている。また、冷媒が衝突する箇所に対向する位置に、樹脂モールドされていない低電位バスバー 52 の一部や出力バスバー 15 の一部が配置されている。

このように、冷却管 3 において、冷媒が衝突する箇所に対向する位置に、コンデンサモジュール 70、電流センサ 8、各バスバー等の電子部品を配置することで、これらの電子部品の冷却性能を高めている。

[0114] 図 18 に示すごとく、半導体モジュール 2 は、Y 方向において、正極ヒートシンク 24P 及び上アーム交流ヒートシンク 24AP における、バスバアッシー 5 のコンデンサ側端子 512、522、532 が配される側と反対側の端部に対応する位置に、正極端子 22P を形成してなる。バスバアッシー 5 は、Y 方向において、コンデンサ側端子 512、522、532 側から正極端子 22P に近づくように形成されている。

[0115] 半導体モジュール 2 におけるヒートシンク接続部 25（図 18 参照）と、冷却管 3 における仕切部 371（図 17 参照）とは、X 方向に対向している。すなわち、ヒートシンクが露出している部分と比べて半導体モジュール 2 との熱交換がしにくい位置に対向する位置に、冷媒が通らない仕切部 371 を形成している。

[0116] Z 方向におけるヒートシンク接続部 25 の幅よりも、Z 方向における冷却管 3 の仕切部 371 の幅は大きい。ヒートシンク接続部 25 は、パワー端子 22 との絶縁のために、Z 方向において、ヒートシンクよりも短くしてある。そのため、ヒートシンク接続部 25 に対して Z 方向に隣り合う位置には、ヒートシンクも存在していない。それゆえ、かかる部位に対向する位置には、冷媒を流しても冷却に寄与し難いため、この部分にも仕切部 371 を延設している。

[0117] 図 16、図 17、図 18 に示すごとく、パワー端子 22 の一部は樹脂から突出している。突出している部分の一部は冷却管 3 と主面が対向している。また、セラミック板からなる絶縁材 12 は、パワー端子 22 の突出方向にお

いて半導体モジュール2のモジュール本体部21の幅よりも大きい。また、パワー端子22にX方向に対向する位置においては、Y方向に並んだ複数のパワー端子22の並び方向に沿うように、冷媒が流れる。

これにより、パワー端子22の冷却性能を向上させることができる。また、複数のパワー端子22に流れる電流に起因する磁束を打ち消すように、冷却管3における複数のパワー端子22に対向する部位に渦電流が発生する。これにより、インダクタンスを低減する効果を得ることもできる。

[0118] 複数のパワー端子22のうち、交流端子22Aが、最も供給部361に近い側に配置されている。そして、正極端子22P及び負極端子22Nは、交流端子22Aよりも下流側に配置されている。出力バスバー15と積層体10とが対向する面積よりも、バスバアッシー5が積層体10に対向する面積の方が大きい(図6参照)。このように、複数の冷却管3を含む積層体10に対する出力バスバー15の対向面積が小さい分、出力バスバー15に接続される交流端子22Aを、冷却管3の供給部361に近い側、すなわち冷媒供給路36の上流側に配置することで、全体として効率的な冷却を実現している。

[0119] 後述するように、半導体モジュール2の制御端子23は、半導体素子20に近い側の基端部から、突出側の先端部までの間に、2か所、湾曲部231、232を有する(図51、図63参照)。双方の湾曲部231、232の湾曲方向は互いに逆向きである。具体的には、X方向における互いに反対側に、2つの湾曲部231、232が湾曲している。最も基端側の湾曲部231に近接する位置において冷却管3と制御端子23は対向している。

このように、冷却性能向上のために、制御端子23の一部と冷却管3とを対向させている。その一方で、制御端子23と冷却管3とをX方向に対向させると、絶縁確保という課題が発生する。また、湾曲部231、232は、制御端子23とパワー端子22とをZ方向における互いに反対側に突出させた構造においては、耐振性確保のために必要となる。ここで、2か所の湾曲部231、232の双方ともが、X方向における同じ方向に湾曲していると

、冷却管 3 との絶縁確保のために、X 方向における冷却管 3 の間隔を大きくする必要が生じる。そうすると、積層体 10 全体が大型化しかねない。そのため、2 つの湾曲部 231、232 を互いに逆方向に湾曲させることで、積層体 10 の大型化を防ぎつつ、制御端子 23 の絶縁性を確保しやすくしている。

[0120] <冷却器>

冷却器について、主に図 26～図 37 を用いて詳述する。

上述した冷却プレート 31 と複数の冷却管 3 とは、互いに連結されて一つの冷却器を構成している。

まず、積層体 10 における冷却管 3 について、以下に詳述する。

[0121] 図 26、図 27 に示すごとく、X 方向に隣り合う冷却管 3 は、その Y 方向の両端において、それぞれ連結管 301 によって連結されている。連結管 301 は、隣り合う冷却管 3 の内部の冷媒流路 30 同士を連通させている。

[0122] 図 28、図 29 に示すごとく、冷却管 3 は、冷媒流路 30 として、熱交換部 37 と、熱交換部 37 に対して Z 方向の両側にそれぞれ配置された冷媒供給路 36 及び冷媒排出路 38 とを有する。熱交換部 37 は、冷媒とモジュール本体部 21 との熱交換を行わせる部分である。熱交換部 37 には、冷媒供給路 36 から冷媒排出路 38 へ向かって、Z 方向に冷媒が流れるよう構成されている。

[0123] このように冷媒が冷却管 3 の短手方向に沿って流れるようにすることで、冷却管 3 の長手方向に沿って冷媒が流れる構成と比較して、冷媒の流路抵抗を低減することができる。すなわち、上記の構成により、熱交換部 37 における流路断面積（すなわち冷媒の流れ方向に垂直な断面の面積）を大きくしやすい。そのため、流路抵抗を低減して、冷媒を効率的に流通させ、冷媒による半導体モジュール 2 の冷却能力を向上させることができる。

[0124] 各冷却管 3 の冷媒流路 30 における Y 方向の両端には、それぞれ、冷媒供給路 36 と連通する供給部 361 と、冷媒排出路 38 と連通する排出部 381 とが形成されている。連結管 301 は、供給部 361 と排出部 381 とに

接続される。また、X方向における一端に配された冷却管3の供給部361と排出部381とは、それぞれ、導入側パイプ33aと導出側パイプ33bとが接続されている。

X方向に隣り合う冷却管3の間に、半導体モジュール2が配置されている。

[0125] 冷媒は、供給部361から各冷却管3の冷媒流路30に導入される。各冷却管3に導入された冷媒は、まず冷媒供給路36に導入され、そこから熱交換部37に供給される。このとき、冷媒は、Y方向に分配されながら、インナフィン35に沿って、Z方向に流れる。そして、冷媒は、熱交換部37から冷媒排出路38に排出される。すなわち、Y方向に分配されて熱交換部37を通過した冷媒は、冷媒排出路38において再び合流する。合流後の冷媒は、冷媒排出路38から排出部381を通じて、冷却管3から排出される。このようにして、各冷却管3を冷媒が流れることにより、半導体モジュール2を冷却する。

[0126] 供給部361と冷媒供給路36との間には、供給部361からの冷媒の流れを絞ってから冷媒を冷媒供給路36へ流す絞り部が設けてある。これにより、積層された複数の冷却管3に、万遍なく冷媒を流すようにすることができる。

[0127] 冷却管3は、Z方向において一方側に冷媒供給路36が配置され、他方側に冷媒排出路38が配置されることとなる。半導体モジュール2以外の部品として、冷却管3におけるZ方向に隣り合う部品として、コンデンサモジュール70や制御回路基板171等が存在する（図17参照）。これらのうち、特に冷却したい部品が配置された側に、冷媒供給路36側が向くように、冷却管3の向きを設定する。これにより、より低温の冷媒が流れる冷媒供給路36を配置下側の雰囲気温度を、より下げることにより、所望の部品を冷却することができる。例えば、本形態においては、制御回路基板171に比べてコンデンサモジュール70を冷却したいという要請に応じて、コンデンサモジュール70側に冷媒供給路36が配置されるようにしている。

- [0128] 本実施形態において、冷媒供給路 36 は、X 方向においてパワー端子 22 と重なっている。冷媒排出路 38 は、X 方向において制御端子 23 と重なっている。これにより、より発熱量の大きいパワー端子 22 の周囲の雰囲気温度を効果的に下げて、パワー端子 22 を効果的に冷却することができる。
- [0129] 図 30 に示すごとく、冷却管 3 は、一对の外殻プレート 341 と、一对の外殻プレート 341 の間に配された中間プレート 342 を有する。中間プレート 342 は、流路外周部において、一对の外殻プレート 341 に挟持されている。
- [0130] 中間プレート 342 は、平板状に形成されている。この平板状の中間プレート 342 を両主面から挟むように、一对の外殻プレート 341 が接合されている。中間プレート 342 と外殻プレート 341 との間に、冷媒流路 30 が形成されている。また、中間プレート 342 と外殻プレート 341 との間には、インナフィン 35 が配置されている。
- [0131] インナフィン 35 は、冷媒流路 30 における熱交換部 37 に配置されている。インナフィン 35 は、図 28 に示すごとく、Z 方向に直交する断面の形状が波形状となる、波板状の金属板からなる。そして、インナフィン 35 と外殻プレート 341 との間、及び、インナフィン 35 と中間プレート 342 との間に、Z 方向に延びる空間が、冷媒流路 30 の一部として形成されている。この空間は、Z 方向に直線状に形成されている。
- [0132] 外殻プレート 341、中間プレート 342、及びインナフィン 35 は、いずれもアルミニウム合金等の金属板によって構成されている。中間プレート 342 は、外殻プレート 341 よりも厚みが小さい。例えば、中間プレート 342 の厚みは、外殻プレート 341 の厚みの半分以下とすることができる。また、インナフィン 35 の板厚も、外殻プレート 341 の厚みよりも小さい。また、インナフィン 35 の板厚は、中間プレート 342 の厚み以下とすることができる。外殻プレート 341 と中間プレート 342 とインナフィン 35 とは、互いにろう付け、或いは溶接等によって接合されている。
- [0133] なお、図 26、図 27 に示すごとく、積層体 10 の後端に配された冷却管

3は、積層体10における他の冷却管3とは異なり、1枚の外殻プレート341と、その後面側に接合された1枚の平板状プレート343と、外殻プレート341と平板状プレート343との間に配されたインナフィン35とによって構成されている。

[0134] 図28、図29に示すごとく、X方向から見たとき、インナフィン35の面積は、半導体モジュール2のヒートシンク24の面積よりも大きい。そして、X方向から見たとき、インナフィン35の外周輪郭の内側に、ヒートシンク24が納まるように配置されている。

これにより、冷却管3に対する半導体モジュール2の位置ずれ及び形状の個体差等を考慮しても、ヒートシンク24の全体が、インナフィン35に重なるように配置することができる。

[0135] また、本実施形態において、図28、図30に示すごとく、冷却管3の冷媒流路30は、熱交換部37がY方向の2か所に分かれて形成されている。つまり、熱交換部37におけるY方向の中央部に、仕切部371が形成されている。仕切部371は、外殻プレート341の一部を中間プレート342に向かって突出させることにより、形成されている。また、仕切部371は、Z方向に沿って形成されている。仕切部371は、熱交換部37のZ方向の全域にわたって形成されている。

[0136] そして、仕切部371によって分けられた2つの熱交換部37のそれぞれに、インナフィン35が配置されている。

図30、図31に示すごとく、2つのインナフィン35は、フィン接続部350にて互いに接続されている。すなわち、2つのインナフィン35は、1枚の金属板からなる。フィン接続部350は、平板状に形成されている。そして、フィン接続部350は、外殻プレート341に設けられた仕切部371と、中間プレート342とによって挟持された状態で配置される。それゆえ、X方向から見たとき、仕切部371は、フィン接続部350と重なるように配置されている。また、中間プレート342の両側に、それぞれ、インナフィン35とフィン接続部350との一体金属板が配置されている。そ

して、これら２枚の一体金属板は、互いのフィン接続部３５０が、中間プレート３４２を挟んで互いにＸ方向に重なるように配置されている。

また、図２８、図２９に示すごとく、冷媒供給路３６は、Ｙ方向において、供給部３６１から遠ざかるにつれてＺ方向の寸法が徐々に小さくなる除変部３６２を有する。冷媒供給路３６における除変部３６２は、Ｙ方向において、仕切部３７１よりも供給部３６１に近い側から、排出部３８１側の端部付近までにわたり、形成されている。

[0137] このように、冷媒供給路３６が除変部３６２を有することにより、冷媒供給路３６から熱交換部３７への冷媒の供給を円滑に行うことができる。すなわち、冷媒供給路３６における冷媒の圧損を、除変部３６２において、下流側へ向かうにつれて徐々に高くなるようにすることで、供給部３６１に近い側から熱交換部３７側への冷媒の供給量を増やすことができる。それゆえ、Ｙ方向において分配される冷媒のばらつきをより低減することができる。これにより、熱交換部３７全体における冷媒の流量の均一化を図りやすい。

[0138] 一方、冷媒排出路３８には、除変部３６２のような傾斜部分は設けていない。仮に冷媒排出路３８にも除変部３６２と同様の形状を設けて、点対称の形状とすると、冷媒排出路３８のＹ方向における供給部３６１に近い側の領域においても、圧損が大きくなってしまう。その結果、冷媒供給路３６における除変部３６２による上述の効果が得られにくくなる。それゆえ、冷媒排出路３８は、Ｚ方向の寸法を略一定にしてある。

[0139] また、冷媒排出路３８は、Ｙ方向において、供給部３６１側の端部３８２が、熱交換部３７の端部よりも、供給部３６１から遠い位置にずれて形成されている。

この冷媒排出路３８の端部３８２には、Ｘ方向から見た形状が、外側に凸の曲線状に形成されている。これにより、熱交換部３７から冷媒排出路３８へ流入する冷媒の流れを、この端部３８２付近においても円滑にすることができる。また、供給部３６１から冷媒供給路３６への移行部分や、冷媒排出路３８から排出部３８１への移行部分においても、Ｘ方向から見た輪郭形状

が、滑らかな曲線状に形成されている。このようにして、供給部 361、冷媒供給路 36、熱交換部 37、冷媒排出路 38、排出部 381 の順に、向きを変えながら流れる冷媒の流通が、極力円滑に行われるようにしている。

[0140] 仕切部 371 とフィン接続部 350 とによって、Y 方向のインナフィン 35 の位置を決め、除変部 362 の終端及び冷媒排出路 38 の端部 382 の角部にて、Z 方向のインナフィン 35 の位置を決めている。また、仕切部 371 にて流路断面積を低減していることにより、熱交換部 37 における冷媒の流速を高めて、冷却性能を向上することができる。

[0141] また、冷却管 3 において、中間プレート 342 を挟んで反対側の冷媒流路は、冷媒の流れ方向が互いに同じになるように設けることができる。このような構成にすることにより、Z 方向における同じ側に、冷媒温度が低い冷媒供給路 36 を配置できる。これにより、表裏 2 つの冷媒流路 30 が配された側の近傍に、冷却したい部品を配置することで、当該部品の冷却を効率的に行える。

[0142] 冷却管 3 において、中間プレート 342 を挟んで反対側の冷媒流路は、冷媒の流れ方向が互いに逆となるように設けることもできる。この場合には、冷却管 3 の構造を、表裏対称とすることができる。そのため、この場合は、積層方向の加圧力に対して、冷却管 3 が偏った変形の仕方をするのを抑制できる。

[0143] 冷媒流路 30 には、例えば、水などの冷媒を流通させることができる。冷媒としては、水に限らず、例えば、アンモニア等の自然冷媒、エチレングリコール系の不凍液を混入した水、フロリナート等のフッ化炭素系冷媒、H C F C 1 2 3、H F C 1 3 4 a 等のフロン系冷媒、メタノール、アルコール等のアルコール系冷媒、アセトン等のケトン系冷媒等、種々の冷媒を用いることができる。

[0144] また、図 32 に示すごとく、冷却管 3 と半導体モジュール 2 との間には、熱伝導性に優れたセラミック板からなる絶縁材 12 を介在させている。絶縁材 12 及び冷却管 3 は、半導体モジュール 2 の両主面にそれぞれ積層配置さ

れている。半導体モジュール 2 は、両主面にヒートシンク 2 4 を露出させている。このヒートシンク 2 4 が露出した半導体モジュール 2 の主面に、グリス（図示略）を介して絶縁材 1 2 が接触配置されている。各絶縁材 1 2 にグリス（図示略）を介して冷却管 3 が接触配置されている。

[0145] 冷却管 3 は、絶縁材 1 2 との接触面において、絶縁材 1 2 側へ隆起した隆起部 3 4 1 a を有する。X 方向から見たとき、隆起部は、半導体モジュール 2 のモジュール本体部 2 1 の主面の輪郭の内側に納まるように形成されている。また、X 方向から見たとき、隆起部の輪郭の内側に、ヒートシンク 2 4 が納まるように形成されている。これにより、冷却管 3 とヒートシンク 2 4 との熱的な接触面積を大きく確保しつつ、絶縁材 1 2 の一部に応力が集中することを防ぐことができる。

[0146] Z 方向における絶縁材 1 2 の寸法は、半導体モジュール 2 のモジュール本体部 2 1 よりも大きい。そして、Z 方向において、絶縁材 1 2 の両端は、モジュール本体部 2 1 の両端から突出するように配置されている。

これにより、冷却管 3 とパワー端子 2 2 との間の絶縁、及び、冷却管 3 と制御端子 2 3 との間の絶縁を確保することができる。

[0147] また、図 2 6、図 2 7 に示すごとく、積層体 1 0 よりも前方において、積層体 1 0 から離れた位置に配された冷却プレート 3 1 は、トッププレート 3 1 1 とその後面に接合された後側プレート 3 1 2 とによって構成されている。また、トッププレート 3 1 1 と後側プレート 3 1 2 との間には、部分的に中間プレートが介在している。冷却プレート 3 1 内の冷媒流路は、トッププレート 3 1 1 と後側プレート 3 1 2 との間に形成され、冷媒は、トッププレート 3 1 1 と後側プレート 3 1 2 とに接触する。中間プレート 3 4 2 を介在させた状態で、トッププレート 3 1 1 と後側プレート 3 1 2 とが接合されている。

[0148] トッププレート 3 1 1 は、積層体 1 0 における冷却管 3 よりも Z 方向に突出した突出板部 3 1 3 が形成されている。突出板部 3 1 3 の突出方向は、半導体モジュール 2 のパワー端子 2 2 又は制御端子 2 3 の突出方向と同じであ

る。本実施形態においては、突出板部 3 1 3 の突出方向は、パワー端子 2 2 の突出方向と同じである（図 7 参照）。

また、突出板部 3 1 3 には冷媒流路が形成されておらず、この部分には冷媒は流れない。すなわち、トッププレート 3 1 1 に面して流れる冷媒の流路長は、他の冷却管 3 内を流れる冷媒の流路長と略同等である。

[0149] 図 3 3 に、冷却管 3 のインナフィン 3 5 の部分拡大斜視図を示す。ただし、この斜視図は、概略の斜視図であり、詳細部は省略したり簡素化したりしている。

インナフィン 3 5 は、Z 方向と直交する断面形状が波形状となっており、波形の頂点付近は外殻プレート 3 4 1、中間プレート 3 4 2 と接している（図 3 0 参照）。インナフィン 3 5 において、X 方向の一方の向きに凸の形状とされ、外殻プレート 3 4 1 と接する部分を頂部 3 5 a とし、X 方向の他方の向きに凸の形状とされ、中間プレート 3 4 2 と接する部分を底部 3 5 b とする。インナフィン 3 5 において、頂部 3 5 a と底部 3 5 b とを接続する部分を壁面部 3 5 c とする。

[0150] インナフィン 3 5 は、頂部 3 5 a と底部 3 5 b とが壁面部 3 5 c を介して交互に並ぶことにより、Z 方向に垂直な断面形状が波形状とされている。具体的には、インナフィン 3 5 は、底部 3 5 b、壁面部 3 5 c、頂部 3 5 a、壁面部 3 5 c、底部 3 5 b が順に並ぶ構成とされている。

[0151] また、インナフィン 3 5 を X 方向から見たときも、頂部 3 5 a、底部 3 5 b、壁面部 3 5 c は、波形状を有する。

図 3 4 に示すように、壁面部 3 5 c は、凸部 3 5 d と、凹部 3 5 e と、中間部 3 5 f とをそれぞれ複数有する。壁面部 3 5 c は、凸部 3 5 d と凹部 3 5 e とが、凸部 3 5 d と凹部 3 5 e とを連結する中間部 3 5 f を介して交互に並ぶことにより、冷却管 3 の厚み方向（すなわち X 方向）から見て波形状とされている。

[0152] 凸部 3 5 d は、X 方向に垂直な断面形状が Y 方向の一方の向きに凸の曲線状とされており、凹部 3 5 e は、X 方向に垂直な断面形状が Y 方向の他方の

向きに凸の曲線状とされている。中間部 35 f は、X 方向に垂直な断面形状が直線状とされている。

このような凸部 35 d、凹部 35 e、中間部 35 f により壁面部 35 c を構成することで、壁面部 35 c は、X 方向から見て、Z 方向に三角波形状に屈曲する形状となっている。

[0153] 図 3 4 に示すように、壁面部 35 c には、壁面部 35 c を挟んで隣り合う 2 つの細流路を連結する開口部 35 2 が複数形成されている。開口部 35 2 は、本実施形態では、凸部 35 d から中間部 35 f に至る部分と、凹部 35 e から中間部 35 f に至る部分とに形成されている。

壁面部 35 c には案内壁 35 3 が接続されており、インナフィン 35 は案内壁 35 3 も有する。案内壁 35 3 は、前縁効果により熱伝達を改善し、また、冷媒を隣の細流路に案内して剥離の発生を抑制するためのものである。

[0154] 案内壁 35 3 は、壁面部 35 c の開口部 35 2 周りの端部のうち、開口部 35 2 により連結される 2 つの細流路のうち一方の細流路における冷媒の流れの下流側に接続され、壁面部 35 c から一方の細流路に突出している。また、案内壁 35 3 の先端は、冷媒の流れの上流側に対向している。

[0155] 本実施形態では、図 3 4 に示すように、凸部 35 d と案内壁 35 3、凹部 35 e と案内壁 35 3 とが、滑らかに接続されている。また、本実施形態では、図 3 5 に示すように、案内壁 35 3 のうち、冷媒の流れに対向する端部以外の端部は、頂部 35 a、底部 35 b または壁面部 35 c に接続されている。

[0156] このような開口部 35 2 および案内壁 35 3 は、インナフィン 35 の材料となる板状のプレートの切断と、切断部の曲げとを同時に行うプレス加工により形成できる。この場合、切断部付近に位置する部分のうち、加工後に切断部よりも冷媒流路 30 の上流側となる部分は壁面部 35 c の一部となり、下流側となる部分は壁面部 35 c から起こされて案内壁 35 3 となる。また、案内壁 35 3 の上流端と、その上流側の壁面部 35 c の下流端とで囲まれた部分が、開口部 35 2 となる。また、インナフィン 35 の材料となる板状

のプレートにあらかじめ切れ目を入れておき、切れ目を入れたプレートをプレス加工することにより、開口部 352 および案内壁 353 を形成してもよい。

[0157] 図 34 に示すように、案内壁 353 は、全体として概略矢印 C 方向に流れる冷媒が凸部 35d から凹部 35e に向かって流れる領域 R1 では、凹部 35e の凸の側に壁面部 35c から突出している。また、案内壁 353 は、冷媒が凹部 35e から凸部 35d に向かって流れる領域 R2 では、凸部 35d の凸の側に壁面部 35c から突出している。

[0158] また、細流路における冷媒の流れのうち、案内壁 353 により隣の細流路に案内されずに同じ細流路に残る流れを本流、案内壁 353 により隣の細流路に案内される流れを分流とすると、本流の流路断面積は、分流の流路断面積よりも大きい。

[0159] また、本実施形態では、図 36 に示すように、案内壁 353 が、壁面部 35c を挟んで隣り合う 2 つの細流路のうち一方の細流路の領域 R3 に突出し、冷媒を他方の細流路の領域 R4 に案内している。

[0160] ここで、領域 R3、領域 R4 は、それぞれ、Y 方向における各細流路の幅が X 方向において変化することにより各細流路に形成された、所定の幅よりも幅が狭い領域、幅が広い領域である。

[0161] インナフィン 35 は、金属製の板状のプレートをプレス加工して製造される。そのため、頂部 35a、壁面部 35c、中間プレート 342 で囲まれる細流路のうち、頂部 35a 側の領域の冷却管 3 の短手方向における幅 w_1 は、中間プレート 342 側の領域の幅 w_2 よりも小さい。また、底部 35b と、壁面部 35c と、外殻プレート 341 とで囲まれる細流路のうち、底部 35b 側の領域の Y 方向における幅 w_3 は、外殻プレート 341 側の領域の幅 w_4 よりも小さい。

[0162] 本実施形態では、各細流路において、X 方向において頂部 35a からの距離と底部 35b からの距離とが互いに等しく、X 方向に垂直な平面の両側に位置する領域をそれぞれ領域 R3、R4 とする。X 方向において頂部 35a

からの距離と底部 35 b からの距離とが互いに等しい部分の幅（上述の所定の幅に相当する）を w_5 とすると、領域 R 3 の幅は幅 w_5 よりも小さく、領域 R 4 の幅は幅 w_5 よりも大きい。

[0163] 領域 R 3 は、細流路において、この平面と、頂部 35 a または底部 35 b とで挟まれた領域である。領域 R 4 は、細流路において、この平面と、外殻プレート 34 1、または、中間プレート 34 2 とで挟まれた領域である。図 36 の直線 L 3 は、領域 R 3 と領域 R 4 との境界を示している。

[0164] 上記のように、インナフィン 35 は、Z 方向に直交する断面において、図 30 に示すごとく、X 方向の一方側に凸となる山部と一方側に凹となる谷部とが交互に並べられている複数のフィン部を備えている。そして、フィン部は、図 28 に示すごとく、X 方向から見た形状において、各フィン部は、Y 方向に蛇行しながら Z 方向に連続する波形状のウェーブフィンとすることができる。この場合、フィン部における冷媒供給路 36 側の端部は、冷媒供給路 36 における冷媒の上流側を向くように傾斜している。また、フィン部における冷媒排出路 38 側の端部は、冷媒排出路 38 における冷媒の下流側を向くように傾斜している。

[0165] 積層体 10 における冷却管 3 は、図 37 に示すごとく、X 方向に開口すると共に突出した突出管部 301 a、301 b を一体に設けてなる。隣り合う冷却管 3 は、突出管部 301 a、301 b 同士を嵌合させると共に、ろう付けすることで、接合されている。すなわち、上述の連結管 301 は、隣り合う冷却管 3 のそれぞれと一体に設けられた 2 つの突出管部 301 a、301 b が接合されることにより、形成されている。具体的には、突出管部の一方である外側突出管部 301 a の内側に、突出管部の他方である内側突出管部 301 b が嵌入した状態となっている。

[0166] 突出管部 301 a、301 b 同士を接合するにあたっては、外側突出管部 301 a と内側突出管部 301 b との間にリング状のろう線材 301 c を配置した状態で、隣り合う一方の冷却管 3 の内側突出管部を他方の冷却管 3 の外側突出管部に嵌入するようにして両者を嵌合させる。

[0167] また、隣り合う冷却管 3 の間にスペーサ治具 S P を配置した状態で、隣り合う冷却管 3 の突出管部 3 0 1 a、3 0 1 b 同士を嵌合させる。そして、冷却管 3 の冷却面がスペーサ治具 S P に接触するまで、外側突出管部 3 0 1 a に内側突出管部 3 0 1 b を挿入する。

次いで、ろう線材を溶融、硬化させることにより、内側突出管部 3 0 1 b と外側突出管部 3 0 1 a との互いの側壁同士を接合して、複数の冷却管 3 を積層する。

[0168] <バスバアッシー>

次に、バスバアッシー 5 について、図 3 8 ～図 5 0 を用いて説明する。

図 3 8、図 3 9 に示すごとく、バスバアッシー 5 は、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 と中継バスバー 5 3 とを一体化してなる。

高電位バスバー 5 1 は、半導体モジュール 2 と平滑コンデンサ 7 1 の高電位側電極とを接続するバスバーである。低電位バスバー 5 2 は、半導体モジュール 2 と平滑コンデンサ 7 1 の低電位側電極とを接続するバスバーである。中継バスバー 5 3 は、フィルタコンデンサ 7 2 とリアクトル 4 とを接続するバスバーである。

[0169] 高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 と中継バスバー 5 3 とは、互いに電氣的に絶縁された状態で、モールド部 5 4 によって一体化されて、図 3 8 に示すようなバスバアッシー 5 を構成している。

図 3 9、図 4 0 に示すごとく、高電位バスバー 5 1 は、半導体モジュール 2 と接続される半導体側高電位端子 5 1 1 と、平滑コンデンサ 7 1 と接続されるコンデンサ側高電位端子 5 1 2 と、を有する。

[0170] 図 3 9、図 4 1 に示すごとく、低電位バスバー 5 2 は、半導体モジュール 2 と接続される半導体側低電位端子 5 2 1 と、平滑コンデンサ 7 1 と接続されるコンデンサ側低電位端子 5 2 2 と、を有する。

図 3 9 に示すごとく、中継バスバー 5 3 は、リアクトル 4 と接続されるリアクトル側中継端子 5 3 1 と、フィルタコンデンサ 7 2 と接続されるコンデンサ側中継端子 5 3 2 と、を有する。

[0171] 中継バスバー 5 3 は、Y 方向の長さが、高電位バスバー 5 1 の長さ、低電位バスバー 5 2 の長さのいずれよりも、短い。より具体的には、Y 方向において、中継バスバー 5 3 の半導体モジュール 2 に近い側の端縁は、高電位バスバー 5 1 及び低電位バスバー 5 2 における、半導体モジュール 2 との端子接続部よりも、コンデンサモジュール 7 0 との接続部側に配置されている。

[0172] 図 4 4 に示すごとく、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 とコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とコンデンサ側中継端子 5 3 2 とは、X 方向に並ぶように配列された配列端子群 5 5 を構成している。本形態において、この配列方向は、X 方向となっている。

配列端子群 5 5 において、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 とコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とは互いに隣り合うように配置されている。また、コンデンサ側中継端子 5 3 2 は X 方向の一端に配置されている。

[0173] コンデンサ側高電位端子 5 1 2 とコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とコンデンサ側中継端子 5 3 2 とは、接続相手と当接する端子当接面が同じ方向を向いている。本実施形態においては、X 方向は、端子当接面に沿った方向である。

[0174] 図 4 0 に示すごとく、高電位バスバー 5 1 は、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 を複数有する。図 4 1 に示すごとく、低電位バスバー 5 2 は、コンデンサ側低電位端子 5 2 2 を複数有する。図 3 8、図 4 2、図 4 4 に示すごとく、配列端子群 5 5 において、複数のコンデンサ側高電位端子 5 1 2 と複数のコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とは交互に並んで配置されている。また、コンデンサ側中継端子 5 3 2 は X 方向の一端に配置されている。

[0175] 複数のコンデンサ側高電位端子 5 1 2 と複数のコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とは交互に配置することで、バスバーにおける、電流経路の偏りを抑制することができる。また、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 とにおける電流経路のインダクタンスを低減することができる。すなわち、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 とコンデンサ側低電位端子 5 2 2 とには、互いに逆方向の電流が流れる。それゆえ、これらが交互に配列されていることにより

、これらの電流経路におけるインダクタンスを低減することができる。

[0176] コンデンサモジュール70は、Z方向における、バスバアッシー5と反対側の面において、ケースカバー131に固定されている（図16～図18参照）。そして、コンデンサ側高電位端子512とコンデンサ側低電位端子522とコンデンサ側中継端子532とは、それぞれの先端に、テーパ面を有する。すなわち、コンデンサ側高電位端子512、コンデンサ側低電位端子522、コンデンサ側中継端子532は、それぞれ、Z方向に立設しているが、その先端部において、Y方向におけるコンデンサモジュール70と反対側に向って傾斜している。これにより、バスバアッシー5のコンデンサ側高電位端子512、コンデンサ側低電位端子522、コンデンサ側中継端子532と、コンデンサモジュール70の各端子との締結時における位置決めが容易となる。

[0177] 図44に示すごとく、配列端子群55において、コンデンサ側中継端子532は、コンデンサ側低電位端子522と隣り合う位置に配置されている。

また、本実施形態においては、図38、図39、図40、図41、図42に示すごとく、高電位バスバー51は、半導体側高電位端子511を複数有する。また、低電位バスバー52は、半導体側低電位端子521を複数有する。

[0178] 図40に示すごとく、高電位バスバー51は、半導体側高電位端子511とコンデンサ側高電位端子512との間に、高電位本体部510を有する。図41に示すごとく、低電位バスバー52は、半導体側低電位端子521とコンデンサ側低電位端子522との間に、低電位本体部520を有する。図39に示すごとく、中継バスバー53は、リアクトル側中継端子531とコンデンサ側中継端子532との間に、中継本体部530を有する。

[0179] 高電位本体部510の主面と低電位本体部520の主面と中継本体部530の主面とは、互いに同じ方向を向いており、Z方向を向いている。高電位本体部510、低電位本体部520、及び中継本体部530は、それぞれ平板状に形成されている。高電位本体部510と低電位本体部520と中継本

体部 530 とは、互いに平行に配置されている。

[0180] 配列端子群 55 における各端子の端子当接面の法線方向は、Z 方向に対して、交差する方向である。特に、本実施形態においては、端子当接面の法線方向は、Z 方向に対して直交する。ここで、直交とは、幾何学的に厳密な直交、すなわち 90° に限定されるものではなく、略直交とも言える程度の状態であれば、若干傾斜した状態も含む。

[0181] また、図 46 に示すごとく、高電位本体部 510 と低電位本体部 520 とは、互いの間に隙間を設けた状態にて Z 方向に積層配置されて積層部 56 を構成している。中継本体部 530 は、積層部 56 に対して、Z 方向に重ならない位置に配置されている。

[0182] 中継本体部 530 は、Z 方向における、積層部 56 の両主面 561、562 の間の位置に配置されている。ここで、積層部 56 の両主面とは、高電位本体部 510 における低電位本体部 520 と反対側の主面 561 と、低電位本体部 520 における高電位本体部 510 と反対側の主面 562 と、を意味する。

[0183] また、積層部 56 の両主面 561、562 の間に、中継本体部 530 における Z 方向の少なくとも一部が配されていればよい。ただし、中継本体部 530 が、積層部 56 の両主面 561、562 の間に納まっていることが好ましい。なお、特に、本実施形態においては、中継本体部 530 は、低電位本体部 520 と同一平面上に配置されている。

[0184] 図 42 に示すごとく、配列端子群 55 において、Z 方向から見たとき、複数のコンデンサ側高電位端子 512 と複数のコンデンサ側低電位端子 522 とコンデンサ側中継端子 532 とは、X 方向に一直線状に配列されている。

また、図 44 に示すごとく、Y 方向から見たときも、複数のコンデンサ側高電位端子 512 と複数のコンデンサ側低電位端子 522 とコンデンサ側中継端子 532 とは、X 方向に略一直線状に配列されている。

これにより、重量物であるコンデンサモジュール 70 との端子接続点の近傍に固定部 57 を配置することができる（図 18 参照）。それゆえ、例えば

、車両等の振動が電力変換装置 1 に伝わったとき、重量物であるコンデンサモジュール 70 の揺れが半導体モジュール 2 へ伝達されることを抑制することができる。その結果、半導体モジュール 2 のパワー端子 22 や制御端子 23 における接続信頼性を向上させることができる。

[0185] 図 38、図 44 に示すごとく、モールド部 54 は、配列端子群 55 における各端子 512、522、532 の根元部同士の間、リブ 541 を形成してなる。すなわち、複数のリブ 541 が、モールド部 54 から Y 方向に突出している。これにより、コンデンサ側高電位端子 512 とコンデンサ側低電位端子 522 との間の絶縁、及び、コンデンサ側低電位端子 522 と、コンデンサ側中継端子 532 との間の沿面距離を稼ぎ、絶縁を確保することができる。

[0186] 配列端子群 55 において、複数のコンデンサ側高電位端子 512 の端子当接面と複数のコンデンサ側低電位端子 522 の端子当接面とコンデンサ側中継端子 532 の端子当接面とは、同一平面上に配置されている。

[0187] また、図 44 に示すごとく、Y 方向から見た状態においても、複数のコンデンサ側高電位端子 512 と複数のコンデンサ側低電位端子 522 とコンデンサ側中継端子 532 とは、X 方向に一直線状に配列されている。

[0188] また、図 38、図 44 に示すごとく、バスバアッシー 5 は、電力変換装置 1 の筐体（図示略）に固定される固定部 57 を少なくとも 2 個有する。これら 2 個の固定部 57 は、配列端子群 55 を X 方向から挟む位置に形成されている。固定部 57 は、ボルトを挿通するための挿通孔 571 を有する。挿通孔 571 は、バスバアッシー 5 におけるモールド部 54 の一部を、Z 方向に貫通している。バスバアッシー 5 は、ボルトを固定部 57 の挿通孔 571 に挿通すると共に筐体に締結することで、ケース 11 に固定されている。

[0189] 図 38、図 46 に示すごとく、モールド部 54 のうち、高電位バスバー 51 と低電位バスバー 52 とが積層された積層領域を封止する部分と、固定部 57 とをつなぐ接続部分の一部は、上記積層領域における樹脂厚みよりも厚さの薄い部分 542 を有する。その薄い部分 542 に対応する位置に中継バ

スバー 5 3 が配置されている。

[0190] 高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 との積層ピッチを狭小化すると、絶縁確保のためにその積層領域側により多くの樹脂を流入させる必要がある。一方、バスバアッシー 5 のモールド部 5 4 は、積層領域以外にも存在するため、モールド部 5 4 の成形時においては、積層領域以外の部分にも樹脂流入することが必要になる。ここで、積層領域により多くの樹脂を流入させるために、それ以外の部分への流入抵抗を大きくすることが必要となる。そこで、積層領域と固定部 5 7 とをつなぐ接続部分の一部に、厚さの薄い部分 5 4 2 を設けている。また、中継バスバー 5 3 は、他のバスバーと積層されていない。モールド部 5 4 の肉薄部分を中継バスバー 5 3 の配置に活用することで、バスバアッシー 5 全体の大型化を抑制することができる。

[0191] また、図 4 5 に示すごとく、上記接続部分よりも、固定部 5 7 及びその周辺は、樹脂厚みが厚い。これらの部位は、ケース 1 1 への締結時の締結荷重に耐える必要があるためである。

また、固定部 5 7 は、積層領域とは、Z 方向の位置が異なる。また、接続部分の一部は、その延設方向に直交する断面の形状が湾曲した形状を有している。上記のように接続部分の厚みを薄くしても、湾曲した形状を持たせることにより、延設方向における撓みに強くすることができる。これにより、接続部分の強度を確保できる。具体的には、直線形状に対し、アーチ形状にすることにより樹脂断面積が稼げるため、剛性が向上する。それとともに、アーチ形状とすることにより、構造的にも剛性を高めることができる。その一方で、直線形状にて同等の強度を確保しようとした場合には、板厚を大きくする必要が生じるため、結果としてバスバアッシー 5 の全体形状が大型化しやすい。そこで、接続部分の一部にアーチ形状を採用することで、バスバアッシー 5 の小型化と強度確保との両立を図ることができる。

[0192] 図 3 9、図 4 0 に示すごとく、高電位バスバー 5 1 は、Y 方向において、高電位本体部 5 1 0 の一端側に複数のコンデンサ側高電位端子 5 1 2 を有し、高電位本体部 5 1 0 の他端側に複数の半導体側高電位端子 5 1 1 を有する

。ここで、便宜的に、Y方向において、高電位本体部510に対して複数のコンデンサ側高電位端子512が配置された側をY1側といい、その反対側をY2側という。高電位本体部510は、そのY2側端部に櫛歯状に分岐する複数の分岐部514を有する。この分岐部514の側端縁の一部から、Z方向に向かって立設した部分が、半導体側高電位端子511となっている。

[0193] 高電位バスバー51の半導体側高電位端子511は、分岐部514からわずかに直線的に突出しており、突出した先でZ方向に屈曲している。半導体側高電位端子511は、低電位バスバー52における後述する分岐部524の端面からわずかに、X方向に突出した先で、Z方向に屈曲している。半導体側高電位端子511と半導体側低電位端子521との間で絶縁をとる必要がある一方で、高電位バスバー51及び低電位バスバー52における、Z方向に直交する平板状の部分にのみ樹脂封止することが、低コスト、生産性向上の観点において望ましい。そこで、半導体側高電位端子511は、分岐部514からわずかにX方向に直線的に突出して、その先で屈曲した形状となっている。

[0194] 低電位バスバー52は、図39、図41に示すごとく、Y方向において、低電位本体部520のY1側に複数のコンデンサ側低電位端子522を有し、低電位本体部520のY2側に複数の半導体側低電位端子521を有する。低電位本体部520は、そのY2側端部において、複数の分岐部524を形成してなる。分岐部524の側端縁の一部から、Z方向に向かって立設した部分が、半導体側低電位端子521となっている。

[0195] 図38、図44、図45、図46に示すごとく、バスバアッシー5において、高電位本体部510及び低電位本体部520の略全体が、モールド部54に封止されている。モールド部54は、絶縁性の樹脂によって構成することができる。半導体側高電位端子511及び半導体側低電位端子521は、モールド部54から露出している。また、コンデンサ側高電位端子512及びコンデンサ側低電位端子522も、モールド部54から露出している。

[0196] また、中継バスバー53においては、リアクトル側中継端子531及びコ

ンデンサ側中継端子 5 3 2 が、モールド部 5 4 から露出している。そして、中継本体部 5 3 0 の一部が、モールド部 5 4 に封止されている。

[0197] 図 4 1 に示すごとく、低電位バスバー 5 2 の複数の分岐部 5 2 4 の先端部分はすべて互いに連結されている。また、その連結部分 5 2 7 は半導体モジュール 2 の負極端子 2 2 N と交流端子 2 2 A との間に位置している（図 5 参照）。連結部分 5 2 7 と交流端子 2 2 A との間には所定のクリアランスが形成されている。また、図 3 8、図 4 5 に示すごとく、連結部分 5 2 7 は樹脂封止されておらず、モールド部 5 4 から露出している。

[0198] 半導体側低電位端子 5 2 1 を形成する際には、分岐部 5 2 4 から折り曲げて加工する。そのため、分岐部 5 2 4 の強度確保のために、その先端部において連結させている。また、仮にこの連結部分 5 2 7 までモールド部 5 4 を樹脂封止すると、モールド部 5 4 と半導体モジュール 2 の交流端子 2 2 A との沿面距離を確保しなければならない。そうすると、半導体モジュール 2 を大型化せざるを得なくなる。そこで、あえて、連結部分 5 2 7 を、樹脂封止せず、モールド部 5 4 から露出させている。

[0199] 図 3 8、図 4 5 に示すごとく、モールド部 5 4 は、高電位バスバー 5 1 の分岐部 5 1 4 及び低電位バスバー 5 2 の分岐部 5 2 4 との重なり部分を封止した部分と、低電位バスバー 5 2 の分岐部 5 1 4 のみを封止した部分との間で、樹脂厚みが異なる。すなわち、低電位バスバー 5 2 の分岐部 5 1 4 のみを封止した部分は、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 とが重なる部位を封止した部分よりも、Z 方向の厚みが小さい。それゆえ、両者の間において、モールド部 5 4 には、段部 5 4 3 が形成されている。

[0200] 高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 が積層されている箇所は、絶縁のために樹脂厚みを大きくしている。一方、バスバーが積層されていない領域は積層領域に比べて樹脂厚みを薄くすることで、低コストかつ生産性向上を図っている。また、半導体側高電位端子 5 1 1 と半導体側低電位端子 5 2 1 とは、極力同じ長さにすることが、電流経路の等長性・耐熱性の観点では好ましい。そこで、低電位バスバー 5 2 のみの部分の樹脂厚みを、高電位バ

スバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 との積層領域の樹脂厚みよりも薄くすることで、低電位バスバー 5 2 端子の突出長さを、高電位バスバー 5 1 端子の突出長さと同等にしやすいとしている。

[0201] 中継バスバー 5 3 におけるリアクトル側中継端子 5 3 1 と高電位バスバー 5 1 の分岐部 5 1 4 とは、Z 方向における異なる高さに配置されている。特に、中継バスバー 5 3 のリアクトル側中継端子 5 3 1 は、低電位バスバー 5 2 の分岐部 5 2 4 と、Z 方向における同じ高さに配置されている。すなわち、コンデンサモジュール 7 0 との接続部からより遠い位置に、半導体モジュール 2 との接続部を有するバスバー（本形態においては、低電位バスバー 5 2）の分岐部 5 2 4 と、中継バスバー 5 3 のリアクトル側中継端子 5 3 1 が、Z 方向の同じ位置に配されている（図 4 8 参照）。

[0202] 低電位バスバー 5 2 は高電位バスバー 5 1 よりも、Z 方向における半導体モジュール 2 に近い側に配される（図 1 8 参照）。リアクトル 4 も半導体モジュール 2 側にある。そのため、上記の配置構成となっていない場合、すなわち、中継バスバー 5 3 のリアクトル側中継端子 5 3 1 が、高電位バスバー 5 1 と同じ高さ位置に配されている場合と比べて、リアクトル 4 のコイル端子 4 1 を短くすることができる。

[0203] 図 3 9、図 4 3 に示すごとく、高電位バスバー 5 1 及び低電位バスバー 5 2 は、高電位本体部 5 1 0 と低電位本体部 5 2 0 において、積層状態を形成した状態で延びている。高電位側及び低電位側の 2 つのバスバーにおける半導体側端子のうち、コンデンサとの締結点側に配置される半導体側端子（本実施形態においては、半導体側高電位端子 5 1 1）は、他方のバスバー（本実施形態においては、低電位バスバー 5 2）が配置されている側とは反対側に屈曲して形成されている。また、高電位側及び低電位側のバスバーにおける半導体側端子のうち、コンデンサ締結点より遠い側の半導体側端子（本実施形態においては、半導体側低電位端子 5 2 1）は、コンデンサ締結点側に配置される半導体側端子（本実施形態においては、半導体側高電位端子 5 1 1）と同じ方向に屈曲して形成される。さらに、半導体側高電位端子 5 1 1

の先端部と半導体側低電位端子 5 2 1 の先端部とは、Z 方向における異なる高さに配置され、半導体モジュール 2 のパワー端子 2 2 との溶接点も異なる高さになる。

[0204] 仮に、コンデンサ締結点に近い側に配置される半導体側端子が他方のバスバーが配置されている側に屈曲して形成されると（本実施形態の構成において、半導体側低電位端子 5 2 1 が高電位バスバー 5 1 側に向かって屈曲したとすると）、絶縁距離確保のために樹脂厚みなどを確保しなければならなくなる。そのうえ、屈曲前の端子長さや幅が大きくなることとなり、バスバアッシー 5 の全体が大型化しやすい。そのため、これらの各端子の向きや配置等を、上記のような構成にしている。また、半導体側高電位端子 5 1 1 と半導体側低電位端子 5 2 1 とは、同じ方向に屈曲してその先で、半導体モジュール 2 のパワー端子 2 2 と溶接されている。これにより、バスバアッシー 5 に対して、Z 方向の同じ側から溶接を行うことができ、溶接作業が容易となる。さらに、溶接点を異なる高さに配置することで、溶接熱の集中を抑制し、モールド部 5 4 の樹脂への熱の影響を抑制することができる。

[0205] 図 3 9、図 4 0、図 4 1、図 4 2 に示すごとく、高電位バスバー 5 1 の高電位本体部 5 1 0 及び低電位バスバー 5 2 の低電位本体部 5 2 0 における、X 方向の端縁には、X 方向に突出した端縁突起部 5 1 5、5 2 5 が形成されている。特に分岐部 5 1 4、5 2 4 の側面から突出した端縁突起部 5 1 5、5 2 5 の一部は、X 方向に隣接する分岐部 5 1 4、5 2 4 における同じ側の端面から形成された半導体側端子 5 1 1、5 2 1 の形成位置と、Y 方向における同じ位置にある。

[0206] 高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 とは、狭ピッチで積層されており、両者の距離を正確に保って樹脂封止することが、十分な絶縁が保つ観点及びバスバアッシー 5 全体の小型化の観点において重要である。そのため、これらのバスバーをインサートしながらモールド部 5 4 を成形する際において、高電位バスバー 5 1 及び低電位バスバー 5 2 における、樹脂封止されない部分を固定する必要がある。端縁突起部 5 1 5、5 2 5 を、把持治具にて

把持しながら樹脂封止することで、精度の高い樹脂封止が可能となる。また、分岐部 514、524 からの端縁突起部 515、525 は、半導体側端子 511、521 の屈曲前の状態のものと同様の形状とすることができる。これにより、屈曲加工前における分岐部 514、524 の形状が、同一パターンの繰り返しの形状となる。その結果、把持部分のための特殊な形状に形成する必要がなく、製造容易であり、低コスト化を図ることができる。

[0207] 高電位バスバー 51 の高電位本体部 510 及び低電位バスバー 52 の低電位本体部 520 には、ピン挿通孔 516、526 がそれぞれ複数形成されている。ピン挿通孔 516、526 は、モールド部 54 の成形時に、図 47、図 48、図 49、図 50 に示すごとく、高電位バスバー 51 及び低電位バスバー 52 を保持する保持ピン HP を挿通するための孔である。なお、図 38 に示す、モールド部 54 に形成された複数の小孔 546 は、保持ピン HP の跡である。

[0208] 複数のピン挿通孔 516、526 のうち、高電位バスバー 51 と低電位バスバー 52 との積層領域における最も半導体側端子 511、521 に近い側に形成されたピン挿通孔 516、526 は、Z 方向において、半導体モジュール 2 から遠い側のバスバー（本実施形態においては、低電位バスバー 52）に形成されたピン挿通孔 526 である。すなわち、Y 方向において、半導体側端子 511、521 に近い側に配置される保持ピン HP は、半導体モジュール 2 に近い側のバスバー（本実施形態においては、低電位バスバー 52）を保持することとなる。

高電位バスバー 51 と低電位バスバー 52 との積層領域において、最も半導体側端子 511、521 に近い側において、Y 方向により突出したバスバー（本実施形態においては、低電位バスバー 52）を保持することで、効果的にバスバーの変形を抑制することができる。

[0209] 図 39～図 42 に示すごとく、Y 方向において、コンデンサ側端子 512、522 に近い位置に形成されたピン挿通孔 516、526 の少なくとも一部は、Y 方向に重なるコンデンサ側端子 512、522 が設けられたバスバ

ーと同じバスバーに形成されている。つまり、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 に対して、Y 方向に近接すると共に Y 方向に重なる位置にあるピン挿通孔の少なくとも一つは、低電位バスバー 5 2 の低電位本体部 5 2 0 に形成されたピン挿通孔 5 2 6 となっている。逆に、コンデンサ側低電位端子 5 2 2 に対して、Y 方向に近接すると共に Y 方向に重なる位置にあるピン挿通孔の少なくとも一つは、高電位バスバー 5 1 の高電位本体部 5 1 0 に形成されたピン挿通孔 5 1 6 となっている。

それゆえ、当該ピン挿通孔に挿通される保持ピンが、Y 方向に近接すると共に Y 方向に重なる位置にあるコンデンサ側端子を持つバスバーとは異なるバスバーに当接できるような構成となっている。

[0210] モールド部 5 4 の成形時にはコンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2 を保持しながら樹脂を流すことが好ましい。その場合、高電位本体部 5 1 0 及び低電位本体部 5 2 0 については、コンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2 と近接する位置において、そのコンデンサ側端子 5 1 2、5 2 2 のバスバーと同じバスバーを保持するよりも、他のバスバーの方を保持したほうがバスバー全体を安定して保持しやすい。すなわち、コンデンサ側高電位端子 5 1 2 の近傍においては、低電位バスバー 5 2 を保持した方がよい。一方、コンデンサ側低電位端子 5 2 2 の近傍においては、高電位バスバー 5 1 を保持した方がよい。それゆえ、上記のようなピン挿通孔 5 1 6、5 2 6 の配置としている。

[0211] 図 4 2 に示すごとく、バスバー 5 1、5 2 の積層領域において、互いに隣り合うピン挿通孔の少なくとも一部は、異なるバスバーに形成されたピン挿通孔となっている。すなわち、図 4 2 に示すごとく、Z 方向から見たとき、2 つのバスバー 5 1、5 2 に形成された複数のピン挿通孔 5 1 6、5 2 6 は、格子状に配列されているが、特定のピン挿通孔に着目したとき、当該ピン挿通孔に対していずれかの方向に隣り合うピン挿通孔は、当該ピン挿通孔とは異なるバスバーに形成されたピン挿通孔となるように、配列されている。すなわち、例えば、高電位バスバー 5 1 に形成されたピン挿通孔 5 1 6 が、X 方向からも Y 方向からも、高電位バスバー 5 1 に形成されたピン挿通孔 5

16に隣接して囲まれている状態とはならないようにしてある。同様に、低電位バスバー52に形成されたピン挿通孔526が、X方向からもY方向からも、低電位バスバー52に形成されたピン挿通孔526に隣接して囲まれている状態とはならないようにしてある。

これにより、モールド部54の成形時において、高電位バスバー51及び低電位バスバー52の双方を、安定して固定しておくことが容易となる。

[0212] 高電位バスバー51のコンデンサ側高電位端子512は、低電位本体部520のY方向の端縁よりも突出している。また、低電位バスバー52のコンデンサ側低電位端子522は、高電位本体部510のY方向の端縁よりも突出している。そして、コンデンサ側高電位端子512とコンデンサ側低電位端子522とは、X方向を向いた側面同士が対向している。

これにより、コンデンサ側高電位端子512と低電位バスバー52との間、及び、コンデンサ側低電位端子522と高電位バスバー51との間の絶縁を図るとともに、コンデンサ側高電位端子512とコンデンサ側低電位端子522との間の磁束打ち消し効果による低インダクタンス化を図ることができる。

[0213] 高電位バスバー51の半導体側高電位端子511及び低電位バスバー52の半導体側低電位端子521は、それぞれ、半導体モジュール2のパワー端子22に対して両面に配置されて溶接されている（図5参照）。また、図42に示すごとく、半導体側高電位端子511及び半導体側低電位端子521は、それぞれ千鳥配置となっている。すなわち、共通のパワー端子22に接続される半導体側端子511、521は、X方向から見たとき、互いに重ならないように配置されている。これにより、バスバー51、52の製造コストを低減しやすい。すなわち、例えば1枚の金属板を切り曲げすることにより、バスバー51、52における半導体側端子511、521を形成するにあたり、製造容易であり、材料コストを低減しやすい。また、半導体側端子511、521を、千鳥配置とせず、互いにX方向に対向する位置に設けたとすると、少なくとも半導体側端子511、521の長さを合わせた分の距

離を、隣り合う分岐部 5 1 4、5 2 4 の間に確保する必要が生じる。そうすると、バスバー 5 1、5 2 の大型化を招くこととなる。これに対して、半導体側端子 5 1 1、5 2 1 を、千鳥配置とすることにより、バスバー 5 1、5 2 の小型化を容易に図ることができる。

また、パワー端子 2 2 に対して両面に、半導体側低端子 5 1 1、5 2 1 を配置とすることで、接合部における発熱を分散させることが可能となる。

[0214] 図 4 2 に示すごとく、Y 方向において最も半導体側低電位端子 5 2 1 に近い位置に配置される半導体側高電位端子 5 1 1 と、Y 方向において最も半導体側高電位端子 5 1 1 に近い位置に配置される半導体側低電位端子 5 2 1 とは、Y 方向に対向していない。つまり、これらの半導体側端子 5 1 1、5 2 1 は、互いに X 方向にも Y 方向にもずれている。

これにより、半導体側高電位端子 5 1 1 と半導体側低電位端子 5 2 1 との間の絶縁を確保している。なお、半導体側端子 5 1 1、5 2 1 は、パワー端子 2 2 と X 方向に対向することにより、磁束の打ち消し効果による低インダクタンス化が図られている。その一方で、半導体側高電位端子 5 1 1 と半導体側低電位端子 5 2 1 とは、互いに X 方向にも Y 方向にも対向しないように配置することで、絶縁距離を確保している。これらによって、低インダクタンス化と絶縁性との両立を図っている。

[0215] 共通のパワー端子 2 2 に接続される半導体側端子 5 1 1、5 2 1 は、それぞれ 3 本以上配置されている。すなわち、一つのパワー端子 2 2 における一方の主面に、1 本以上の半導体側端子 5 1 1、5 2 1 が接続され、他方の主面に、2 本以上の半導体側端子 5 1 1、5 2 1 が接続されている（図 5 参照）。これにより、パワー端子 2 2 を、その両主面から、安定して半導体側端子 5 1 1、5 2 1 に挟持させることができ、溶接作業等を容易に行うことができる。なお、共通のパワー端子 2 2 に接続される半導体側端子 5 1 1、5 2 1 を、2 本としてもよい。ただし、この場合は、挟んだパワー端子 2 2 が、その突出方向を軸にしたねじれの方に姿勢がずれる可能性があり、安定性の観点で不利になりやすい。それゆえ、1 本のパワー端子 2 2 を、3 本以

上の半導体側端子 5 1 1、5 2 1 にて支持することで、安定した支持を実現しやすい。

[0216] Z 方向から見たとき、奇数の半導体側高電位端子 5 1 1 と偶数の半導体側低電位端子 5 2 1 とが Y 方向に並んで配置されている列と、偶数の半導体側高電位端子 5 1 1 と奇数の半導体側低電位端子 5 2 1 とが Y 方向に並んで配置されている列とがある。前者の列と後者の列とは、X 方向に交互に並んでいる。

Z 方向から見たとき、半導体側高電位端子 5 1 1 及び半導体側低電位端子 5 2 1 が形成される領域において、低電位バスバー 5 2 には、Z 方向に貫通する開口部が形成されている。

[0217] 高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 とは、低電位本体部 5 2 0 が高電位本体部 5 1 0 よりも半導体モジュール 2 に近い側となるように、積層されている。そして、低電位本体部 5 2 0 の主面が、Z 方向において半導体モジュール 2 に対向している。その Z 方向における低電位本体部 5 2 0 と半導体モジュール 2 とが対向する位置に、半導体モジュール 2 の上アーム側のヒートシンク（すなわち、正極ヒートシンク 2 4 P 及び上アーム交流ヒートシンク 2 4 AP）が配置されている（図 1 8 参照）。

[0218] 分岐部 5 1 4、5 2 4 からの半導体側端子 5 1 1、5 1 2 の曲げ方向は、半導体モジュール 2 が配される側とは反対側となっている。

これにより、半導体側端子 5 1 1、5 2 1 の根元部分に形成される曲面が、半導体モジュール 2 側の面に形成される。この曲面が、X 方向における積層公差によるパワー端子 2 2 の位置ずれを吸収するガイド機構となる。また、パワー端子 2 2 と半導体側端子 5 1 1、5 2 1 とを接合する際に、半導体モジュール 2 と反対側から溶接具等をアクセスさせることができる。そのため、接合作業が容易となりやすい。

[0219] 図 3 9、図 4 6 に示すごとく、中継バスバー 5 3 と低電位バスバー 5 2 とは、主面よりも面積の小さい側面同士で対向配置されている。そして、低電位バスバー 5 2 の主面は、高電位バスバー 5 1 と対向配置されている。この

ような、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 と中継バスバー 5 3 との配置関係とすることにより、全体として、電流が逆向きに流れる対向部分を増やすことができる。それゆえ、バスバアッシー 5 全体としての低インダクタンスに寄与することができる。

[0220] モールド部 5 4 において、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 との間に介在している中間樹脂層よりも、Z 方向における、高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 との積層部の外側の樹脂層のほうが薄い。

これにより、樹脂を固める冷却時に、樹脂によってバスバー 5 1、5 2 は応力を受ける。上記の厚み関係によって、外側から内側への応力を内側から外側への応力よりも大きくすることができ、積層された高電位バスバー 5 1 と低電位バスバー 5 2 とが離間しすぎることを防ぐことができる。

[0221] <半導体モジュール>

次に、半導体モジュール 2 の構造について説明する。図 7 1 に示すごとく、本形態の半導体モジュール 2 は、4 個の半導体素子 2 0 を有する。半導体素子 2 0 には、上アームに配された上アーム半導体素子 20_H と、下アームに配された下アーム半導体素子 20_L とがある。本形態では、2 個の上アーム半導体素子 20_{HA} 、 20_{HB} を互いに並列に接続すると共に、2 個の下アーム半導体素子 20_{LA} 、 20_{LB} を互いに並列に接続してある。

[0222] 半導体素子 2 0 は、IGBT 2 0 1 と、該 IGBT 2 0 1 に逆並列接続されたフリーホイールダイオード 2 0 2 とを備える。本形態の半導体素子 2 0 は、IGBT 2 0 1 とフリーホイールダイオード 2 0 2 とを 1 チップ化した、いわゆる RC-IGBT (Reverse Conducting IGBT) である。本形態では、4 枚の RC-IGBT を 1 パッケージにしてモールドすることにより、半導体モジュール 2 全体の電流容量を高くしている。

[0223] 図 5 2、図 5 6、図 5 8、図 7 0 に示すごとく、半導体モジュール 2 は、上記半導体素子 2 0 を内蔵するモジュール本体部 2 1 と、該モジュール本体部 2 1 から突出したパワー端子 2 2 と、制御端子 2 3 とを備える。パワー端子 2 2 には、直流電圧が加わる正極端子 22_P および負極端子 22_N と、交流端

子 22_A とがある。図71に示すごとく、正極端子 22_P は、上アーム半導体素子 20_H のコレクタ電極 28_C に接続しており、負極端子 22_N は、下アーム半導体素子 20_L のエミッタ電極 28_E に接続している。また、交流端子 22_A は、上アーム半導体素子 20_H のエミッタ電極 28_E 、及び下アーム半導体素子 20_L のコレクタ電極 28_C に接続している。

[0224] 制御端子 23 には、カソード端子 23_K と、アノード端子 23_A と、ゲート端子 23_G と、センス端子 23_S と、エミッタ端子 23_E とがある。アノード端子 23_A 及びカソード端子 23_K は、半導体素子 20 に設けられた感温ダイオード 20_3 に接続している。この感温ダイオード 20_3 を用いて、半導体素子 20 の温度を測定するよう構成されている。ゲート端子 23_G はゲート電極 28_G に接続し、エミッタ端子 23_E はエミッタ電極 28_E に接続している。センス端子 23_S は、半導体素子 20 のセンス電極 28_S に接続している。半導体素子 20 を流れる電流の一部をセンス端子 23_S から取り出して、測定するよう構成されている。

[0225] 図51～図54に示すごとく、半導体モジュール 2 は、複数のヒートシンク 24 を備える。ヒートシンク 24 には、正極ヒートシンク 24_P と、負極ヒートシンク 24_N と、交流ヒートシンク 24_A (24_{AP} , 24_{AN}) とがある。正極ヒートシンク 24_P は、上アーム半導体素子 20_H のコレクタ電極 28_C に電気接続している。正極ヒートシンク 24_P から、正極端子 22_P が突出している。また、負極ヒートシンク 24_N は、下アーム半導体素子 20_L のエミッタ電極 28_E に電気接続している。負極ヒートシンク 24_N から、負極端子 22_N が突出している。

[0226] 交流ヒートシンク 24_A には、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} と、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} とがある。上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} は、上アーム半導体素子 20_H のエミッタ電極 28_E に電気接続し、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} は、下アーム半導体素子 20_L のコレクタ電極 28_C に電気接続している。下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} から、交流端子 22_A が突出している。上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} と下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} とは、

ヒートシンク接続部25において互いに接続している。

[0227] また、図54、図62～図69に示すごとく、ヒートシンク24_N、24_{AP}と半導体素子20との間には、ターミナル291（金属ブロック）が配されている。図54に示すごとく、ターミナル291とヒートシンク24_N、24_{AP}との間には、これらを接続するはんだ292が介在している。ターミナル291と半導体素子20の間、および半導体素子20とヒートシンク24_P、24_{AN}との間にも、はんだ292が介在している。

[0228] また、図53に示すごとく、正極ヒートシンク24_Pと下アーム交流ヒートシンク24_{AN}には、それぞれ2本のリード端249が形成されている。これらのリード端249は、モジュール本体部21（図52参照）から突出している。

[0229] また、図54に示すごとく、個々の半導体素子20には、ゲート電極28_Gやセンス電極28_S（図71参照）等に導通する、複数のパッド280が形成されている。これらのパッド280と制御端子23とは、図示しないワイヤによって接続されている。

[0230] 図55に示すごとく、4個の半導体素子20は、Y方向に配列している。2個の上アーム半導体素子20_{HA}、20_{HB}のY方向間隔L_{HH}と、2個の下アーム半導体素子20_{LA}、20_{LB}のY方向間隔L_{LL}とは、互いに等しい。また、これらの間隔L_{HH}、L_{LL}は、上アーム半導体素子20_{HA}と下アーム半導体素子20_{LB}とのY方向間隔L_{HL}よりも狭い。本形態ではこのように、互いに並列に接続された2個の上アーム半導体素子20_{HA}、20_{HB}の間隔L_{HH}及び2個の下アーム半導体素子20_{LA}、20_{LB}の間隔L_{LL}を狭くしている。これにより、個々の上アーム半導体素子20_{HA}、20_{HB}からヒートシンク接続部25までの距離の差を小さくすると共に、個々の下アーム半導体素子20_{LA}、20_{LB}からヒートシンク接続部25までの距離の差を小さくしている。このようにすると、個々の上アーム半導体素子20_{HA}、20_{HB}とヒートシンク接続部25との間に寄生するインダクタンスの差を低減できると共に、個々の下アーム半導体素子20_{LA}、20_{LB}とヒートシンク接続部25との間に寄生するインダクタンスの差を低減で

きる。そのため、インダクタンスが原因となって生じる電流のアンバランスや、ゲート電極 28_G (図 7 1 参照) に加わる電圧の発振を抑制できる。

[0231] また、図 5 5 に示すごとく、半導体モジュール 2 の厚さ方向 (X 方向) から見たとき、個々の半導体素子 20 の、パッド 280 を設けた側の側面 209 は、Z 方向における位置が略等しくなっている。このようにすると、全ての半導体素子 20 について、パッド 280 から制御端子 23 までの距離を等しくすることができ、パッド 280 と制御端子 23 との間に寄生するインダクタンスを均等にすることができる。また、上記構成にすると、パッド 280 と制御端子 23 とを接続する配線部材 (すなわちワイヤ) を統一しやすくなり、組付性 (すなわちパッド 280 と制御端子 23 との接続容易性) を向上させることができる。

[0232] また、上述したように、2 個の上アーム半導体素子 20_{HA}, 20_{HB}、及び 2 個の下アーム半導体素子 20_{LA}, 20_{LB} は Y 方向に配列している。X 方向から見たとき、2 個の上アーム半導体素子 20_{HA}, 20_{HB} と、2 個の下アーム半導体素子 20_{LA}, 20_{LB} は、その外縁形状が、中央に配され Z 方向に延びる仮想直線 M_{HL} を中心に線対称となるように配されている。

4 個の半導体素子 20 を Y 方向に配列させると、半導体モジュール 2 の Y 方向長さが長くなり、大型化しやすくなるが、上記構成にすることにより、半導体モジュール 2 全体の応力バランスをとることが可能になる。

[0233] また、上記 4 個のヒートシンク 24_P, 24_N, 24_{AP}, 24_{AN} は、モジュール本体部 21 から露出する露出面 S_E (図 7 0 参照) を有する。2 個の上アーム半導体素子 20_{HA}, 20_{HB} は、正極ヒートシンク 24_P の露出面 S_E の、Y 方向における中心に配された仮想直線 M_{HH} に対して、位置が線対称となるよう配されている。同様に、2 個の下アーム半導体素子 20_{LA}, 20_{LB} は、負極ヒートシンク 24_N の露出面 S_E の、Y 方向における中心に配された仮想直線 M_{LL} に対して、位置が線対称となるよう配されている。

このようにすると、ヒートシンク 24 内での応力バランスを確保できるとともに、2 個の上アーム半導体素子 20_{HA}, 20_{HB} 間の放熱性能、及び 2 個の

下アーム半導体素子 $2O_{LA}$, $2O_{LB}$ 間の放熱性能を略等しくすることができる。そのため、個々の半導体素子 $2O$ を均等に冷却できる。仮に、2個の上アーム半導体素子 $2O_H$ 同士、及び2個の下アーム半導体素子 $2O_L$ 同士が線対称となる位置に配されていなかったとすると、どちらか一方の半導体素子 $2O$ の熱引きが特に良い状況が生まれやすくなり、2個の半導体素子 $2O$ を均等に冷却しにくくなるが、これらを線対称となる位置に配置することにより、2個の半導体素子 $2O$ を均等に冷却することができる。特に、本形態では半導体素子 $2O$ 内に発熱量が大きい IGBT $2O1$ を設けているため、個々の半導体素子 $2O$ を均等に冷却できるようにした効果は大きい。

[0234] また、図55に示すごとく、X方向から見たときに、Y方向における2個の上アーム半導体素子 $2O_H$ 間の距離 L_{HH} , および2個の下アーム半導体素子 $2O_L$ 間の距離 L_{LL} は、Y方向における半導体素子 $2O$ からモジュール本体部 21 の端部 211 までの距離 D よりも長い。

このようにすると、モジュール本体部 21 全体のY方向長さを短くすることができる。また、上記距離 L_{HH} , L_{LL} が長いため、2個の半導体素子 $2O$ 間 ($2O_{HA}$, $2O_{HB}$ 間、及び $2O_{LA}$, $2O_{LB}$ 間) の放熱性を確保できる。また、上記距離 L_{HH} , L_{LL} を長くすると、2個の半導体素子 $2O$ 間に存在する、モジュール本体部 21 を構成する樹脂と、ヒートシンク 24 との接触面積を大きくすることができ、これら樹脂とヒートシンク 24 との密着力を高めることができる。したがって、半導体素子 $2O$ をモールド成形したときに、2個の半導体素子 $2O$ の間に存在する樹脂が収縮しても、樹脂がヒートシンク 24 から剥離する不具合を抑制できる。

[0235] また、図51、図55に示すごとく、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} 、及び負極ヒートシンク 24_N には、切欠部 248 が形成されている。図55に示すごとく、上アーム半導体素子 $2O_H$ は、Y方向において、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の両端にそれぞれ形成された切欠部 248 の間に配されている。また、下アーム半導体素子 $2O_L$ は、Y方向において、負極ヒートシンク 24_N の両端にそれぞれ形成された切欠部 248 の間に配されている。

このようにすると、ヒートシンク 24_{AP} 、 24_N の側面 24_5 、 24_6 から Y 方向に離れた位置に、半導体素子 20 を配置することができる。そのため、側面 24_5 、 24_6 と半導体素子 20 との間に存在する樹脂と、ヒートシンク 24 との接触面積を増やすことができ、これらの密着力を高めることができる。したがって、半導体モジュール 2 の温度変化に伴って上記樹脂が膨張したり収縮したりしても、この樹脂がヒートシンク 24 から剥離しにくくなる。

[0236] また、図 55 に示すごとく、個々の半導体素子 20 は、Z 方向における長さ L_z よりも、Y 方向における長さ L_y の方が短い。

そのため、複数の半導体素子 20 を Y 方向に配列させて実装を容易に行えるようにしつつ、半導体モジュール 2 全体の Y 方向長さを短くすることができる。

[0237] また、本形態では図 59 に示すごとく、正極ヒートシンク 24_P を、半導体モジュール 2 の厚さ方向 (X 方向) における一方側に配置し、負極ヒートシンク 24_N を、X 方向における他方側に配置してある。

そのため、正極ヒートシンク 24_P に接続する上アーム半導体素子 20_H と、負極ヒートシンク 24_N に接続する下アーム半導体素子 20_L とを、全て同じ向きに配置することができる。すなわち、全ての半導体素子 20 について、エミッタ電極 28_E が形成された面を同じ側に向けることができる。そのため、半導体モジュール 2 を容易に製造することが可能になる。

[0238] また、図 55 に示すごとく、負極端子 22_N は、Y 方向における、負極ヒートシンク 24_N の、正極ヒートシンク 24_P 側の端部から、Z 方向へ突出している。また、負極ヒートシンク 24_N には、負極端子 22_N から、Y 方向における正極ヒートシンク 24_P を配した側とは反対側に向かうほど、Z 方向において下アーム半導体素子 20_L に近づく形状の負側傾斜部 24_{7N} が形成されている。

このようにすると、負極端子 22_N を正極ヒートシンク 24_P (すなわち正極端子 22_P) に近づけることができるため、負極端子 22_N と正極端子 22_P とを

通る電流のループ面積を小さくすることができる。また、負側傾斜部 247_N を形成すると、2個の下アーム半導体素子 20 から、負極端子 22_N へそれぞれ流れる電流を均等にしやすいになる。

[0239] また、本形態では、Y方向における、正極ヒートシンク 24_P の、負極ヒートシンク 24_N を配した側の端部から、正極端子 22_P が突出している。さらに、Y方向における、負極ヒートシンク 24_N の、正極ヒートシンク 24_P を配した側の端部から、負極端子 22_N が突出している。

そのため、正極端子 22_P と負極端子 22_N とを接近させることができる。これらの端子 22_P 、 22_N には互いに逆向きの電流が流れるため、接近させると、端子 22_P 、 22_N に寄生するインダクタンスを低減できる。

[0240] また、負極ヒートシンク 24_N には、負極端子 22_N が形成されている隅部以外の隅部に、切欠部 248 を形成してある。また、Y方向において負極ヒートシンク 24_N に隣り合う位置に配された、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} には、全ての隅部に切欠部 248 を形成してある。

このようにすると、負極ヒートシンク 24_N のうち、負極端子 22_N が形成されている隅部に切欠部 248 を形成していないため、負極端子 22_N を、より正極端子 22_P に接近させることができる。そのため、これらの端子 22_N 、 22_P に寄生するインダクタンスを低減できる。

[0241] また、図55に示すごとく、正極ヒートシンク 24_P には、正極端子 22_P から、Y方向における、負極ヒートシンク 24_N を配した側とは反対側に向かうほど、Z方向において上アーム半導体素子 20_H に近づく形状の正側傾斜部 247_P が形成されている。

このようにすると、正極端子 22_P から、2個の上アーム半導体素子 20_H へそれぞれ流れる電流を均等にしやすいになる。

[0242] また、上述したように、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} と下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} とは、ヒートシンク接続部 25 において互いに接続されている。ヒートシンク接続部 25 は、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} 側の側面のうち、切欠部 248 を形成した部分以外

の側面から、Y方向に延びている。すなわち、切欠部248を避けるように、ヒートシンク接続部25を形成してある。

仮に、Y方向において切欠部248と重なるようにヒートシンク接続部25を形成したとすると、ヒートシンク接続部25の形状が複雑になり、電流の経路が複雑になって、寄生するインダクタンスがアンバランスになりやすくなる。しかし、Y方向において切欠部248と重ならないようにヒートシンク接続部25を形成すれば、ヒートシンク接続部25の形状を簡素化でき、電流経路を簡素にできる。そのため、インダクタンスがアンバランスになることを抑制できる。また、本形態のように、上アーム交流ヒートシンク24_{AP}の、下アーム交流ヒートシンク24_{AN}側の側面のうち、切欠部248以外の側面を全てヒートシンク接続部25とすることにより、Z方向におけるヒートシンク接続部25の長さを長くすることができる。そのため、より多くの電流を流すことが可能になる。

[0243] また、図55に示すごとく、本形態の半導体モジュール2は、X方向から見たときに、負側傾斜部247_Nが、交流端子22_Aの一部と重なっている。

[0244] また、図54、図55に示すごとく、本形態では、Y方向から見たときに、負極ヒートシンク24_N及び上アーム交流ヒートシンク24_{AP}にそれぞれ形成した切欠部248と、ターミナル291とが重ならないよう構成されている。このようにすると、切欠部248が、半導体素子20の放熱の妨げになることを抑制できる。

[0245] また、本形態では、正極ヒートシンク24_P、負極ヒートシンク24_N、上アーム交流ヒートシンク24_{AP}、下アーム交流ヒートシンク24_{AN}の、Y方向における幅は、それぞれ互いに等しい。

[0246] また、図55に示すごとく、本形態では、正側傾斜部247_Pの長さよりも、負側傾斜部247_Nの長さの方が短い。負側傾斜部247_Nは、負極端子22_Nの根元から、負極ヒートシンク24_Nの切欠部248まで延びている。また、正側傾斜部247_Pは、正極端子22_Pの根元から、正極ヒートシンク24_Pの角部2471まで延びている。このように構成することにより、負側傾斜部2

4 7_Nおよび正側傾斜部 2 4 7_Pの長さを長くしている。そのため、第 2 上アーム半導体素子 2 0_{HB}と正極端子 2 2_Pとの間、及び第 1 下アーム半導体素子 2 0_{LA}と負極端子 2 2_Nとの間を電流が流れやすい。

[0247] また、図 5 5 に示すごとく、下アーム半導体素子 2 0_Lのパワー端子 2 2 側の側面 2 0 8 から、下アーム交流ヒートシンク 2 4_{AN}のパワー端子 2 2 側の側面までの Z 方向長さ d₁よりも、下アーム半導体素子 2 0_Lの制御端子 2 3 側の側面 2 0 9 から、下アーム交流ヒートシンク 2 4_{AN}の制御端子 2 3 側の側面までの Z 方向長さ d₂の方が短い。同様に、上アーム半導体素子 2 0_Hのパワー端子 2 2 側の側面 2 0 6 から、上アーム交流ヒートシンク 2 4_{AP}のパワー端子 2 2 側の側面までの Z 方向長さ d₃よりも、上アーム半導体素子 2 0_Hの制御端子 2 3 側の側面 2 0 9 から、上アーム交流ヒートシンク 2 4_{AP}の制御端子 2 3 側の側面までの Z 方向長さ d₄の方が短い。

このようにすると、半導体素子 2 0 を制御端子 2 3 に接近させることができる。半導体モジュール 2 を冷却する冷媒は、冷却管 3 内を Z 方向に、制御端子 2 3 側から半導体素子 2 0 側に流れる。そのため、半導体素子 2 0 を制御端子 2 3 に接近させると、半導体素子 2 0 の中心（すなわち発熱しやすい部位）を温度の低い冷媒に接近させることができ、半導体素子 2 0 を均等に冷却しやすくなる。

[0248] また、図 5 5 に示すごとく、正極ヒートシンク 2 4_Pと、負極ヒートシンク 2 4_Nと、2 個の交流ヒートシンク 2 4_{AP}、2 4_{AN}との長手方向は、半導体素子 2 0 の配列方向（Y 方向）と一致している。

このようにすると、個々のヒートシンク 2 4 の長手方向を揃えることができ、半導体モジュール 2 の実装をより容易に行うことができる。

[0249] また、負極ヒートシンク 2 4_Nと上アーム交流ヒートシンク 2 4_{AP}とは、それぞれの傾斜部 2 4 7 を除いた部分の略全面が、モジュール本体部 2 1 を構成する樹脂から露出している。傾斜部 2 4 7 は、上記樹脂に埋設されている。

[0250] また、図 6 6 に示すごとく、負極端子 2 2_Nは、負極ヒートシンク 2 4_Nから Z 方向に突出し、X 方向において正極端子 2 2_P（図 6 3、図 6 5 参照）に近

づくように折り曲げられて延びている。同様に、図63に示すごとく、正極端子22_pは、正極ヒートシンク24_pからZ方向に突出し、X方向において負極端子22_nに近づくように折り曲げられて延びている。Y方向から見たときに、正極端子22_pと負極端子22_nとは互いに重なるよう構成されている。

このようにすると、正極端子22_pと負極端子22_nとを接近させることができ、これらの端子22_p、22_nに寄生するインダクタンスを低減できる。

[0251] また、図59～図69に示すごとく、上アーム半導体素子20_hと下アーム半導体素子20_lは、別々のヒートシンク24に搭載されている。複数の上アーム半導体素子20_hは一つのヒートシンク24（すなわち正極ヒートシンク24_p）に搭載され、複数の下アーム半導体素子20_lは、別の一つのヒートシンク24（すなわち下アーム交流ヒートシンク24_{an}）に搭載されている。

[0252] また、図55に示すごとく、正極端子22_pは、正極ヒートシンク24_pの、負極ヒートシンク24_n側の側面246_pよりも、Y方向において負極端子22_n側に近づくように突出して形成されている。同様に、負極端子22_nは、負極ヒートシンク24_nの、正極ヒートシンク24_p側の側面246_nよりも、Y方向において正極端子22_p側に近づくように突出して形成されている。

そのため、正極端子22_pと負極端子22_nとを互いに接近させることができ、これらの端子22_p、22_nに寄生するインダクタンスを低減できる。また、正極端子22_pと負極端子22_nとの、根元部分におけるY方向間隔d₁₃を広くすることができる。そのため、これら正極端子22_pと負極端子22_nとの、沿面絶縁距離を十分に確保できる。

[0253] また、図55に示すごとく、正極端子22_pと負極端子22_nとの間隔d₅は、交流端子22_aと負極端子22_nとの間隔d₆よりも短い。

そのため、正極端子22_pと負極端子22_nとを接近させることができ、これらの端子22_p、22_nに寄生するインダクタンスをより低減できる。また、交流端子22_aと負極端子22_nとの間隔d₆を長くすることができるため、交流端子22_aの絶縁性をより高めることができる。

[0254] また、図55に示すごとく、交流端子22_aは、正極端子22_p及び負極端子

2 2_Nよりも、Y方向においてモジュール本体部2 1の端部2 1 1に近い位置に配されている。正極端子2 2_P及び負極端子2 2_Nは、交流端子2 2_Aよりも、Y方向においてモジュール本体部2 1の中央（仮想直線M_{HL}が配されている位置）に近い位置に設けられている。

そのため、正極端子2 2_Pと負極端子2 2_Nとを接近させることができ、インダクタンスを低減できると共に、交流端子2 2_Aを負極端子2 2_Nから離すことができ、交流端子2 2_Aの絶縁性をより高めることができる。

[0255] また、図5 5に示すごとく、正極端子2 2_Pは、個々の上アーム半導体素子2 0_{HA}、2 0_{HB}までの距離が互いに等しくない位置に形成されている。同様に、負極端子2 2_Nは、個々の下アーム半導体素子2 0_{LA}、2 0_{LB}までの距離が互いに等しくない位置に形成されている。また、正極端子2 2_Pから、該正極端子2 2_Pに近い側の上アーム半導体素子2 0_H（第1上アーム半導体素子2 0_{HA}）までの距離と、負極端子2 2_Nから、該負極端子2 2_Nに近い側の下アーム半導体素子2 0_L（第2下アーム半導体素子2 0_{LB}）までの距離とは、互いに等しい。さらに、正極端子2 2_Pから遠い方の上アーム半導体素子2 0_H（第2上アーム半導体素子2 0_{HB}）から、正極端子2 2_Pまでの距離と、負極端子2 2_Nから遠い方の下アーム半導体素子2 0_L（第1下アーム半導体素子2 0_{LA}）から、負極端子2 2_Nまでの距離とは、互いに等しい。

このようにすると、上アーム半導体素子2 0_Hと下アーム半導体素子2 0_Lとについて、インダクタンスのバランスを調整しやすいレイアウトにすることができる。

[0256] また、図5 5に示すごとく、交流端子2 2_Aは、個々の下アーム半導体素子2 0_{LA}、2 0_{LB}までの距離が互いに等しくない位置に配されている。

[0257] また、交流端子2 2_Aからヒートシンク接続部2 5までの距離は、負極端子2 2_Nからヒートシンク接続部2 5までの距離よりも長い。同様に、交流端子2 2_Aからヒートシンク接続部2 5までの距離は、正極端子2 2_Pからヒートシンク接続部2 5までの距離よりも長い。ヒートシンク接続部2 5から負極端子2 2_Nまでの距離と、ヒートシンク接続部2 5から正極端子2 2_Pまでの距離

とは、互いに略等しい。

[0258] また、図55に示すごとく、一対の上アーム半導体素子 20_{HA} 、 20_{HB} のうち、Y方向における半導体モジュール2の中央に近い位置に配された上アーム半導体素子 20_H （第1上アーム半導体素子 20_{HA} ）は、その少なくとも一部が、Z方向において正極端子 22_P と重なるよう構成されている。同様に、複数の下アーム半導体素子 20_{LA} 、 20_{LB} のうち、Y方向における半導体モジュール2の中央に近い位置に配された下アーム半導体素子 20_L （第2下アーム半導体素子 20_{LB} ）は、その少なくとも一部が、Z方向において負極端子 22_N と重なるよう構成されている。

[0259] また、図55に示すごとく、個々のパワー端子22のY方向における長さは、該パワー端子22が接続するヒートシンク24のY方向長さの $1/2$ よりも短い。例えば、正極端子 22_P のY方向長さは、正極ヒートシンク 24_P のY方向長さの $1/2$ よりも短い。負極端子 22_N 、交流端子 22_A も同様である。

[0260] また、図55に示すごとく、Z方向において、ヒートシンク接続部25からモジュール本体部21のパワー端子22側の側面212までの距離と、ヒートシンク接続部25からモジュール本体部21の制御端子23側の側面212までの距離とは、互いに等しい。

[0261] 図61に示すごとく、ヒートシンク接続部25は、上アーム部分251と、下アーム部分252とを備える。上アーム部分251は、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} からY方向における下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} 側に突出している。上アーム部分251の、下アーム部分252側の表面 S_{251} と、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の、正極ヒートシンク 24_P 側の表面 S_{24AP} とは面一である。

また、下アーム部分252は、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} に接続している。下アーム部分252は、面一部253と、屈曲部254と、対向部255とを備える。面一部253は、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} から、Y方向における上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} 側に突出している。下アーム交

流ヒートシンク 24_{AN} の表面 S_{24AN} と、面一部 253 の表面 S_{253} とは、面一に形成されている。屈曲部 254 は、面一部 253 に連なり、 X 方向において負極ヒートシンク 24_N に近づくように折り曲げ形成されている。対向部 255 は、面一部 253 に連なり、 X 方向において上アーム部分 251 に対向するように延出している。対向部 255 は、所定の Y 方向長さと、所定の X 方向厚さとを有するよう形成されている。

[0262] また、上アーム部分 251 は、延長部 256 と接続部 257 とを有する。延長部 256 は、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} 側の端面 S_{24PY} から Y 方向に、接続部 257 まで延びている。接続部 257 は、下アーム部分 252 の対向部 255 に接続される。延長部 256 によって、対向部 255 と正極ヒートシンク 24_P とが Y 方向に所定の距離、離れるよう構成されている。これにより、対向部 255 と正極ヒートシンク 24_P との絶縁距離を十分に確保している。

[0263] また、図 61 に示すごとく、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} の、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} 側の端面 S_{24NY} から、対向部 255 の下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} 側の端面 S_{255N} までの Y 方向長さ d_7 と、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} 側の端面 S_{24PY} から、対向部 255 の上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} 側の端面 S_{255P} までの Y 方向長さ d_8 とは、互いに等しい。これにより、 Y 方向における、対向部 255 から負極ヒートシンク 24_N までの距離（すなわち上記長さ d_7 ）と、対向部 255 から正極ヒートシンク 24_P までの距離（すなわち上記長さ d_8 ）とを等しくしている。これによって、対称性を高め、対向部 255 と負極ヒートシンク 24_N との間の絶縁性能と、対向部 255 と正極ヒートシンク 24_P との間の絶縁性能とを同等にしている。

[0264] また、図 61 に示すごとく、 Z 方向から見たときに、接続部 257 と対向部 255 とは、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} の、正極ヒートシンク 24_P 側の表面 S_{24AP} と、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} の、負極ヒートシンク 24_N 側の表面 S_{24AN} との、 X 方向における間の位置にて互いに接続されている。

[0265] また、図55、図61に示すごとく、Z方向から見たときに、上アーム部分251の接続部257と、下アーム部分252の対向部255とは、Y方向における、正極端子22_pと負極端子22_nとの間に配されている。これにより、電流のループを小さくしている。

[0266] また、図59に示すごとく、一対の上アーム半導体素子20_Hのうち、Y方向における外側に配された上アーム半導体素子20_H（第2上アーム半導体素子20_{HB}）から、ヒートシンク接続部25までのY方向長さをAとし、内側に配された上アーム半導体素子20_H（第1上アーム半導体素子20_{HA}）からヒートシンク接続部25までのY方向長さをBとする。さらに、一対の下アーム半導体素子20_Lのうち、Y方向における外側に配された下アーム半導体素子20_L（第1下アーム半導体素子20_{LA}）から、ヒートシンク接続部25までのY方向長さをCとし、内側に配された下アーム半導体素子20_L（第2下アーム半導体素子20_{LB}）からヒートシンク接続部25までのY方向長さをDとする。この場合、以下の式が成立する。

$$A \div C$$

$$B \div D$$

このようにすると、ヒートシンク接続部25から、Y方向における内側に配された個々の半導体素子20_{HA}、20_{LB}までの距離を略等しくすることができ、これらの間の電流経路に寄生するインダクタンスを揃えることができる。同様に、ヒートシンク接続部25から、Y方向における外側に配された個々の半導体素子20_{HB}、20_{LA}までの距離を略等しくすることができるため、これらの間の電流経路に寄生するインダクタンスを揃えることができる。

[0267] また、図55に示すごとく、X方向から見たとき、ヒートシンク接続部25は、Y方向における、正極端子22_pと負極端子22_nとの間の領域に介在するよう構成されている。これにより、正極端子22_pから負極端子22_nまでの電流経路長を短くし、この電流経路に寄生するインダクタンスを低減している。

[0268] また、Y方向から見たとき、ヒートシンク接続部25のZ方向長さは、半

導体素子 20 の Z 方向長さと略等しい。本形態では、ヒートシンク接続部 25 の Z 方向長さを十分に確保し、ヒートシンク接続部 25 に多くの電流を流すことができるようにしている。

なお、ヒートシンク接続部 25 の Z 方向長さは、半導体素子 20 の Z 方向長さよりも長くてもよい。

[0269] また、図 55 に示すごとく、X 方向から見たとき、ヒートシンク接続部 25 の Z 方向における中心は、半導体素子 20 の Z 方向における中心よりも、パワー端子 22（正極端子 22_P、負極端子 22_N）側に位置している。

このようにすると、正極端子 22_P および負極端子 22_N に流れる電流のループを小さくすることができ、インダクタンスを低減できる。

[0270] また、Y 方向から見たときに、半導体素子 20 の内部に形成されたセル領域 A_{CELL} は、ヒートシンク接続部 25 の Z 方向における両端部の間に位置している。これより、セル領域 A_{CELL} をヒートシンク接続部 25 に近い位置に配置し、セル領域 A_{CELL} に流れる電流が均一になるようにしている。

[0271] また、図 55 に示すごとく、ヒートシンク接続部 25 の Y 方向長さ d_g は、正極端子 22_P と負極端子 22_N との間隔 d₅ よりも長い。

このようにすると、Y 方向に隣り合う 2 つのヒートシンク 24 の間隔（すなわち、上アーム交流ヒートシンク 24_{AP} と負極ヒートシンク 24_N との Y 方向間隔、および正極ヒートシンク 24_P と下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} との Y 方向間隔）を広くすることができる。ヒートシンク 24 の露出面 S_E（図 70 参照）には、冷却管との絶縁性を確保するため、セラミック板を配置する必要があるため、モジュール本体部 21 を構成する樹脂やセラミック板を介してヒートシンク 24 間に沿面電流が流れる可能性があり、これらのヒートシンク 24 の Y 方向間隔を十分に広くする必要がある。上記構成にすると、ヒートシンク接続部 25 の Y 方向長さ d_g を長くすることができるため、Y 方向に隣り合う 2 つのヒートシンク 24 の間隔を広くことができ、これらの絶縁距離を十分に確保できる。また、正極端子 22_P と負極端子 22_N とは空間絶縁されており、沿面電流が流れないため、これらの端子 22_P、22_N は接近

させることができる。互いに逆向きの電流が流れるこれらの端子 22_P , 22_N を接近させることにより、インダクタンスを低減できる。

[0272] また、図61に示すごとく、Y方向から見たときに、ヒートシンク接続部25のX方向長さ d_{10} は、ヒートシンク24のX方向長さの $1/2$ よりも長い。

このようにすると、ヒートシンク接続部25を厚くでき、より大きな電流を流すことができると共に、電流を均一にすることができる。

[0273] また、図55に示すごとく、正極ヒートシンク 24_P に2本のリード端249が形成され、下アーム交流ヒートシンク 24_{AN} に2本のリード端249が形成されている。このように、本形態の半導体モジュール2は、合計4本のリード端249を備える。

リード端249は、半導体モジュール2を積層する際に、組付治具によって保持される。そのため、上記構成にすれば、半導体モジュール2のY方向における中心付近に存在する2本のリード端249_cを保持でき、半導体モジュール2を安定して保持できる。

[0274] また、リード端249は、個々のヒートシンク 24_P , 24_{AN} の、Y方向における両端から、Z方向に延びている。

そのため、制御端子23を2本のリード端249の間に配置することができ、これらの制御端子23をリード端249によって保護することができる。

[0275] また、図55に示すごとく、リード端249は、ヒートシンク接続部25を避けるように形成されている。

[0276] また、Z方向から見たときに、リード端249は、半導体素子20と重ならない位置に形成されている。これにより、半導体素子20と接続する制御端子23と、リード端249との間隔を広くし、リード端249と制御端子23との絶縁性を確保している。

[0277] また、本形態では図55に示すごとく、個々の半導体素子20に、制御端子23を別々に設けてある。また、上アーム用の制御端子 23_H は、Y方向に

において上アーム半導体素子 $2O_H$ が配された側に設けられている。下アーム用の制御端子 23_L は、Y 方向において下アーム半導体素子 $2O_L$ が配された側に設けられている。これにより、個々の制御端子 23 を、接続される半導体素子 $2O$ に近い位置に配置し、半導体素子 $2O$ から制御端子 23 への電流経路を短くしている。

[0278] また、図 55 に示すごとく、互いに並列に接続された複数の半導体素子 $2O$ は、個々の制御端子 23 とパッド 280 との間の距離が、それぞれ等しくなっている。

[0279] また、本形態では、1 個の半導体素子 $2O$ に接続する複数の制御端子 23 の Y 方向間隔 d_{11} よりも、互いに並列に接続された 2 個の半導体素子 $2O$ にそれぞれ接続する、2 本の制御端子 23 の Y 方向間隔 d_{12} の方が長い。

そのため、1 個の半導体素子 $2O$ に接続する複数の制御端子 23 の Y 方向間隔 d_{11} を狭くすることができ、パッド 280 から制御端子 23 までのワイヤボンディング角度を小さくすることができる。このワイヤボンディング角度が大きいと、ワイヤボンディングの接続信頼性が低下する可能性が考えられるが、上記ワイヤボンディング角度を小さくすることにより、接続信頼性を高めることができる。また、上記構成にすると、別々の半導体素子 $2O$ に接続する複数の制御端子 23 の Y 方向間隔 d_{12} を長くすることができる。そのため、互いに並列接続された 2 個の半導体素子 $2O$ の Y 方向における間隔 (L_{HH} , L_{LL}) を長くすることができ、これらの半導体素子 $2O$ が互いに熱干渉することを抑制できる。

[0280] また、図 55 に示すごとく、Y 方向における外側に配された上アーム半導体素子 $2O_H$ (第 2 上アーム半導体素子 $2O_{HB}$) に接続する複数の制御端子 23 のうち、Y 方向において最も外側に配された制御端子 23_0 と、リード端 249 との間隔を a とし、内側に配された上アーム半導体素子 $2O_H$ (第 1 上アーム半導体素子 $2O_{HA}$) に接続する複数の制御端子 23 のうち、Y 方向において最も内側に配された制御端子 23_I と、リード端 249 との間隔を b とした場合、 $a \cong b$ が成立するよう構成されている。下アーム半導体素子 $2O_L$ につい

ても同様の構成となっている。

このようにすると、制御端子 23_0 , 23_I とリード端 24_9 との距離 a , b を均等にすることができ、これらの絶縁距離のバランスをとることができる。また、モジュール本体部 21 全体の Y 方向長さを短くしやすい。

[0281] また、図 55 に示すごとく、本形態では、上アーム半導体素子 20_H に接続した複数の制御端子 23 の Z 方向長さを、全ての上アーム半導体素子 20_H について等しくしてある。下アーム半導体素子 20_L についても同様である。

このようにすると、制御端子 23 に寄生するインダクタンスを均等にすることができ、互いに並列に接続された複数の半導体素子 20 のうち、いずれかの半導体素子 20 に制御遅延が発生することを抑制できる。

[0282] また、図 55 に示すごとく、本形態では、1 個の上アーム半導体素子 20_H に接続した複数の制御端子 23 の Y 方向間隔 d_{11} を、全ての上アーム半導体素子 20_H について互いに等しくしてある。下アーム半導体素子 20_L も同様である。

[0283] このようにすると、1 個の上アーム半導体素子 20_H に接続した複数の制御端子 23 の、磁気結合のバランスを、互いに並列に接続された複数の半導体素子 20 間でとることができる。

[0284] また、図 55 に示すごとく、2 個の上アーム半導体素子 20_H の Y 方向間隔 L_{HH} は、一方の上アーム半導体素子 20_{HA} に接続した制御端子 23 と他方の上アーム半導体素子 20_{HB} に接続した制御端子 23 との最短距離 d_{12} よりも長い。下アーム半導体素子 20_L についても、同様の構成になっている。

このようにすると、互いに並列に接続した複数の半導体素子 20 の間隔 L_{HH} , L_{LL} を広げることができ、隣り合う複数の半導体素子 20 の、熱拡散による影響を小さくすることができる。また、上記最短距離 d_{12} を狭くすることができるため、モジュール本体部 21 の Y 方向長さを短くすることができる。したがって、半導体モジュール 2 を小型化できる。

[0285] また、図 55 に示すごとく、上アーム半導体素子 20_H に接続した複数の制御端子 23 は、 Y 方向における外側に配された上アーム半導体素子 20_H (第

2上アーム半導体素子 20_{HB})の、Y方向における外側端面 S_{20HB} よりも、Y方向内側に配されている。同様に、下アーム半導体素子 20_L に接続した複数の制御端子23は、Y方向における外側に配された下アーム半導体素子 20_L (第1下アーム半導体素子 20_{LA})の、Y方向における外側端面 S_{20LA} よりも、Y方向内側に配されている。

このようにすると、制御端子23を、モジュール本体部21の、Y方向における中央(仮想直線 M_{HL} が配された位置)に近づけることができ、半導体モジュール2全体を小型化しやすくなる。

[0286] また、本形態では、1個の半導体素子20に接続する複数の制御端子23の並び順を、全ての半導体素子20について同一にしてある。

このようにすると、全ての半導体素子20について、Y方向におけるパッド280の配列順を揃えることができる。したがって、同じ種類の半導体素子20を用いることが可能になる。

[0287] また、図63に示すごとく、制御端子23は、半導体素子20に近い側の基端部238から、突出側の先端部239までの間に、2箇所、湾曲部231、232を有する。双方の湾曲部231、232の湾曲方向は互いに逆向きである。具体的には、X方向における互いに反対側に、2つの湾曲部231、232が湾曲している。

[0288] <電流センサ>

次に、電流センサ8の構造について説明する。図72、図79に示すごとく、本形態の電流センサ8は、複数本のバスバー81と、センサIC82(図73参照)と、信号端子84と、載置部85と、ナットホルダ86と、一対のシールド板87(87_a , 87_b)とを備える。図79に示すごとく、バスバー81には、出力バスバー 81_I と昇圧バスバー 81_L とがある。出力バスバー 81_I は、インバータ回路101を構成する半導体モジュール2に接続している。昇圧バスバー 81_L は、昇圧回路100を構成する半導体モジュール2とリアクトル4とを接続している。

[0289] 図80に示すごとく、センサIC82は、Z方向において個々のバスバー

81に隣り合う位置に配されている。本形態のセンサIC82は、GMR効果（Giant Magneto Resistive effect）により磁界を電気信号に変換するGMR素子を用い、所望の電圧値に変換する回路基板を有している。センサIC82は、センサ基板83に接続している。センサ基板83には、複数の信号端子84が接続している。この信号端子84を用いて、センサ基板83を制御回路基板171に電気接続している。

[0290] 図79、図80に示すごとく、バスバー81は、載置部85に載置されている。センサIC82をZ方向から挟む位置に、磁性体からなる一对のシールド板87（87_a, 87_b）が配されている。また、図79に示すごとく、載置部85には、ナットホルダ86を取り付けてある。ナットホルダ86には、ナット860がインサートされている。このナット860を用いて、出力バスバー81_Iの出力端子88をコネクタ（図示しない）に締結している。

[0291] センサIC82は、バスバー81に電流が流れたときに発生した磁界の、X方向成分を検出し、所望の電圧値に変換する。センサ基板83は、この電流測定値を、信号端子84を介して制御回路基板171に伝達する役割を果たしている。図80に示すごとく、複数のセンサIC82がX方向に配列している。また、これらのセンサIC82を、磁性体からなる上記一对のシールド板87によって、Z方向から挟持している。このようにすると、測定対象となるバスバー81の隣のバスバー81から発生し、測定対象となるバスバー81側に向かう磁束を、シールド板87に誘導することができる。そのため、センサIC82が、隣のバスバー81から発生した磁界の影響を受けにくくなり、測定対象となるバスバー81から発生した磁界のX方向成分を正確に測定することが可能になる。そのため、バスバー81の電流値を正確に測定することができる。

[0292] また、図79に示すごとく、出力バスバー81_Iは、半導体モジュール2の交流端子22_Aに接続するモジュール接続部89（89_I）と、上記コネクタに締結される出力端子88と、これらを連結する連結部810（810_I）とを備える。

- [0293] また、昇圧バスバー 81_Lは、図74、図75、図79に示すごとく、昇圧回路を構成する半導体モジュール2の交流端子22_Aに接続するモジュール接続部89（89_L）と、リアクトル4に接続するリアクトル接続部890と、これらを連結する連結部810（810_L）とを備える。
- [0294] 図72、図73に示すごとく、本形態の電流センサ8は、6個の出力端子88を備える。これらの出力端子88は、交流モータに電気接続される。図73に示すごとく、X方向において信号端子84に近い側に位置する3個の出力端子88_{V1}、88_{U1}、88_{W1}は、第1交流モータ198（図11参照）のV相、U相、W相にそれぞれ電気接続される。また、他の3個の出力端子88_{V2}、88_{U2}、88_{W2}は、第2交流モータ199のV相、U相、W相にそれぞれ電気接続される。
- [0295] 図73に示すごとく、載置部85は、信号端子84を保持する端子保持部850を有する。信号端子84は、この端子保持部850内を通っている。信号端子84の先端841は、制御回路基板171にはんだ付けされる。先端841を制御回路基板171にはんだ付けする際に発生するはんだ熱によって、端子保持部850を構成する樹脂が溶融しないように、端子保持部850の、先端841側の端部859のZ方向位置が定められている。また、この位置は、信号端子84の耐振性（すなわち、外部から、ケース11及び制御回路基板171を介して信号端子84に伝わる振動に対する耐振性）を十分に確保できるように、定められている。さらに、電力変換装置1を製造する際に、端子保持部850を構成する樹脂の反り等が発生しても、先端841の位置精度を十分に確保でき、先端841を制御回路基板171の接続貫通孔に挿入できるように、端子保持部850の端部859のZ方向位置が定められている。
- [0296] また、図73に示すごとく、本形態の電流センサ8は、13本の信号端子84を備える。第1信号端子84_Aは、第1交流モータ用のグランド端子に接続され、第2信号端子84_Bは第1交流モータ用のVCC端子に接続される。また、第3信号端子84_C、第4信号端子84_Dは、リアクトル4を流れる電流

の測定値をそれぞれ出力する。第5信号端子84_Eは、第1交流モータのV相の電流の測定値を出力し、第6信号端子84_Fは、第1交流モータのU相の電流の測定値を出力する。さらに、第7信号端子84_Gは、第1交流モータのW相の電流の測定値を出力する。

[0297] 第8信号端子84_Hは、NC (No Connect) である。また、第9信号端子84_Iは、第2交流モータのV相の電流の測定値を出力し、第10信号端子84_Jは、第2交流モータのU相の電流の測定値を出力する。さらに、第11信号端子84_Kは、第2交流モータのW相の電流の測定値を出力する。第12信号端子84_Lは、第2交流モータ用のVCC端子に接続し、第13信号端子84_Mは、第2交流モータ用のグランド端子に接続される。

[0298] 本形態では、X方向における両端に、グランドに接続した信号端子84 (第1信号端子84_A、第13信号端子84_M) を配置してある。このようにすると、これらの信号端子84_A、84_Mの間に配された信号端子84_B~84_Lへノイズが重畳することを抑制できる。また、上記構成にすると、センサ基板83に形成されたグランド配線を、センサ基板83の外縁部に配しやすくなる。そのため、センサ基板83に配される電子部品や配線にノイズが重畳することを抑制できる。

[0299] また、本形態では、出力電流の測定値を出力する信号端子84の並び順を、出力バスバー81_Iの並び順と同じにしてある。すなわち、出力電流の測定値を出力する信号端子84は、図73の右側から、第5信号端子84_E (第1交流モータのV相)、第6信号端子84_F (第1交流モータのU相)、第7信号端子84_G (第1交流モータのW相)、第9信号端子84_I (第2交流モータのV相)、第10信号端子84_J (第2交流モータのU相)、第11信号端子84_K (第2交流モータのW相) の順に配されている。また、出力端子88も、図73の右側から、第1交流モータのV相、U相、W相、第2交流モータのV相、U相、W相となっている。

[0300] また、図81に示すごとく、連結部810は、センサIC82に対向したIC対向部810_sと、該IC対向部810_sからZ方向に突出しモジュール接

続部 8 9 に接続したモジュール側部分 8 1 0_Mと、 I C 対向部 8 1 0_Sから Z 方向に突出し出力端子 8 8 に接続した端子側部分 8 1 0_Tとを有する。センサ I C 8 2 は、 I C 対向部 8 1 0_Sの、モジュール側部分 8 1 0_M及び端子側部分 8 1 0_Tの突出側とは反対側に配されている。

このようにすると、出力バスバー 8 1_Iに接続される半導体モジュール 2 やコネクタから、センサ I C 8 2 を離れた位置に配置することができる。そのため、これら半導体モジュール 2 やコネクタからセンサ I C 8 2 に重畳するノイズを低減させることができる。

[0301] 図 7 3、図 7 9 に示すごとく、ナットホルダ 8 6 には、 Y 方向に凹む溝部 8 6 5 が複数本、形成されている。個々の溝部 8 6 5 は、 X 方向に隣り合う 2 つの出力端子 8 8 の間に介在している。これにより、 X 方向に隣り合う 2 つの出力端子 8 8 間の沿面距離を長くし、沿面電流を抑制している。

[0302] 図 7 2、図 7 8 に示すごとく、載置部 8 5 は、第 1 固定部 8 5 1_aと第 2 固定部 8 5 1_bとの、 2 個の固定部 8 5 1 を有する。これら 2 個の固定部 8 5 1_a、 8 5 1_bにボルトを挿入することにより、載置部 8 5 をケース 1 1 に締結している。図 7 8 に示すごとく、第 1 固定部 8 5 1_a及び第 2 固定部 8 5 1_bは、 Y 方向において、載置部 8 5 の中央部 M よりも、モジュール接続部 8 9、リアクトル接続部 8 9 0、信号端子 8 4 から遠い位置に形成されている。また、載置部 8 5 から突出部 8 5 2 が、 Y 方向における出力端子 8 8 側に突出している。この突出部 8 5 2 に、第 2 固定部 8 5 1_bが形成されている。第 2 固定部 8 5 1_bは、 Y 方向において、出力端子 8 8 よりもモジュール接続部 8 9 から遠い位置に形成されている。

[0303] 本形態では、ケース 1 1 以外の部材への締結荷重の影響を抑制し、かつ電流センサ 8 全体の体格および耐振性を考慮して、 2 個の固定部 8 5 1_a、 8 5 1_bの形成位置および X 方向間隔を決定してある。固定部 8 5 1 の周囲に存在する樹脂部材（載置部 8 5、突出部 8 5 2）は、樹脂クリープを抑制でき、かつ通電部位（すなわちバスバー 8 1）の冷熱ストレスに十分に耐えられるように、その形状および寸法が設計されている。

[0304] 図75に示すごとく、本形態では、昇圧バスバー81_Lのモジュール接続部89_LのX方向幅W₁は、昇圧バスバー81_LのIC対向部810_S（図79参照）のX方向幅W₂と等しい。

[0305] また、図75に示すごとく、昇圧バスバー81_Lは、X方向においてリアクトル4（図示しない）に近い位置に配された第1モジュール接続部89_{LA}と、遠い位置に配された第2モジュール接続部89_{LB}との、2個のモジュール接続部89_Lを備える。第1モジュール接続部89_{LA}には第1モジュール側部分810_{MA}が連結し、第2モジュール接続部89_{LB}には第2モジュール側部分810_{MB}が連結している。第2モジュール側部分810_{MB}は、X方向においてリアクトル4に近い位置に配された第1モジュール側部分810_{MA}から分岐している。すなわち、第2モジュール側部分810_{MB}は、第1モジュール側部分810_{MA}からX方向に突出する第1部分811と、該第1部分811からZ方向に延出する第2部分812とを有する。この第2部分812に、第2モジュール接続部89_{LB}が接続している。

上記構成にすると、リアクトル接続部890から個々のモジュール接続部89_{LA}、89_{LB}までの電流経路の長さを短くすることができる。

[0306] また、図75に示すごとく、本形態では、複数のセンサIC82をX方向に配列してある。X方向に隣り合う2個のセンサIC82の間隔は、各センサIC82から発生する外乱磁界の影響を互いに受けにくくするためには、なるべく広くすることが望ましい。また、電流センサ8を小型化する観点からは、上記間隔を狭くする方が好ましい。本形態では、これらのバランスをとれるように、X方向に隣り合う2個のセンサIC82の間隔を決定してある。

[0307] また、図75に示すごとく、出力バスバー81_Iの連結部810のモジュール側部分810_Mには、その側面に、モジュール側傾斜部819が形成されている。モジュール側傾斜部819は、Z方向においてモジュール接続部89からセンサIC82へ向かうほど、最も冷媒の下流側に存在するバスバー（昇圧バスバー81_L）からX方向に遠ざかるように傾斜している。

[0308] また、図 7 9 に示すごとく、連結部 8 1 0 の I C 対向部 8 1 0_s の側面に、センサ側傾斜部 8 1 8 が形成されている。センサ側傾斜部 8 1 8 は、Y 方向における出力端子 8 8 側へ向かうほど、X 方向において昇圧バスバー 8 1_L から遠ざかるように傾斜している。上記モジュール側傾斜部 8 1 9（図 7 5 参照）と、Z 方向に平行な直線（図示しない）とのなす角度は、センサ側傾斜部 8 1 8 と、Y 方向に平行な直線（図示しない）とのなす角度よりも小さい。

[0309] また、図 7 9 に示すごとく、連結部 8 1 0 の端子側部分 8 1 0_T には、その側面に、コネクタ側傾斜部 8 1 7 が形成されている。上記モジュール側傾斜部 8 1 9（図 7 5 参照）と、Z 方向に平行な直線（図示しない）とのなす角度は、個々のコネクタ側傾斜部 8 1 7 と、Z 方向に平行な直線とがなす、いずれの角度よりも小さい。

[0310] 図 8 1 に示すごとく、載置部 8 5 には収容凹部 8 5 3 が形成されている。収容凹部 8 5 3 は、連結部 8 1 0 のモジュール側部分 8 1 0_M 及び端子側部分 8 1 0_T が I C 対向部 8 1 0_s から突出する方向（図 8 1 の下側）に開口している。この収容凹部 8 5 3 内に、第 2 シールド板 8 7_b を収容してある。上記突出方向とは反対側（図 8 1 の上側）に、センサ I C 8 2 及び第 1 シールド板 8 7_a を設けてある。これらセンサ I C 8 2 及び第 1 シールド板 8 7_a は、載置部 8 5 から露出している。

[0311] 図 7 6、図 7 7、図 8 1 に示すごとく、ナットホルダ 8 6 には、Y 方向における、ナット 8 6 0 を設けた側とは反対側に、ホルダ傾斜面 8 6 9 が形成されている。ホルダ傾斜面 8 6 9 は、Z 方向においてセンサ I C 8 2 から遠ざかるほど、Y 方向におけるモジュール接続部 8 9 までの距離が次第に長くなるように傾斜している。ホルダ傾斜面 8 6 9 は、冷却管 3 に形成された冷却管傾斜面 3 6 9（図 1 4 参照）と略平行である。すなわち、ホルダ傾斜面 8 6 9 と Z 方向に平行な直線（図示しない）とのなす角度と、冷却管傾斜面 3 6 9 と Z 方向に平行な直線とのなす角度とは、互いに等しい。

上記構成にすることにより、冷却管 3 とナットホルダ 8 6 とが互いに干渉

することを抑制しつつ、これらを接近させると共に、冷却管 3 と出力端子 88 との絶縁をナットホルダ 86 によって確保し、さらに、ナットホルダ 86 と冷却管 3 との対向面積を増やしている。これによって、ナットホルダ 86 を介して出力端子 88 を効率的に冷却できるようにしている。

[0312] また、図 8 1 に示すごとく、収容凹部 853 の開口 854 は、ナットホルダ 86 によって覆われている。

[0313] また、図 7 6、図 7 7、図 8 1 に示すごとく、ナットホルダ 86 には、ホルダ凹部 868 が形成されている。ホルダ凹部 868 は、Y 方向において、ホルダ傾斜面 869 と出力端子 88 との間に配されている。ホルダ凹部 868 は、Z 方向における、センサ IC 82 を配した側に凹む形状に形成されている。

[0314] 図 7 8 に示すごとく、信号端子 84 とセンサ基板 83 との接続部 840、およびセンサ IC 82 (図 8 1 参照) は、Y 方向において、載置部 85 の両端にそれぞれ配置されている。また、上記接続部 840 と第 1 シールド板 87_a とは、X 方向から見たときに、互いに重ならない位置に配されている。

[0315] また、図 7 8 に示すごとく、出力バスバー 81_I のモジュール接続部 89 は、Y 方向において載置部 85 の一方側に配され、出力端子 88 は、Y 方向において載置部 85 の他方側に配されている。

[0316] 図 7 9 に示すごとく、複数の出力バスバー 81_I 及び昇圧バスバー 81_L の IC 対向部 810_s は、X 方向に一直列に並んでいる。複数の出力バスバー 81_I の端子側部分 810_T も、X 方向において一直列に配列している。また、複数のモジュール側部分 810_M (図 7 5 参照) も、X 方向において一直列に配列している。

このようにすると、複数のセンサ IC 82 を一直列に配列できるため、センサ IC 82 に接続するセンサ基板 83 を小型化できる。また、出力端子 88 及びモジュール接続部 89 も X 方向に一直列に配列できるため、出力端子 88 とコネクタとの締結作業、およびモジュール接続部 89 と半導体モジュール 2 との溶接作業を容易に行うことができると共に、これらの接続の信頼性を

高めることができる。また、上記構成にすると、センサ基板 83 を一枚にすることができるため、電流センサ 8 の製造コストを低減できる。すなわち、仮に、センサ IC 82 を 2 列に配列し、各列に対応してセンサ基板 83 を 2 枚設けたとすると、電流センサ 8 の製造コストが高くなってしまう。しかし、本形態のようにセンサ IC 82 を一列に配列して、センサ基板 83 を一枚にすれば、電流センサ 8 の製造コストを低減できる。

[0317] また、図 79 に示すごとく、載置部 85 には、1 個の出力バスバー 81_I に対して 2 個の位置決めピン 857 (857_a, 857_b) が形成されている。位置決めピン 857 は、連結部 810 の IC 対向部 810_s に形成した貫通孔 815 に挿入される。位置決めピン 857 は、Z 方向から見たときにセンサ IC 82 と重ならない位置に配置されている。2 個の位置決めピン 857 のうち一方の位置決めピン 857_a は、Y 方向において連結部 810 の端子側部分 810_T に近い位置に設けられており、他方の位置決めピン 857_b は、Y 方向において連結部 810 のモジュール側部分 810_M に近い位置に設けられている。また、昇圧バスバー 81_L の連結部 810_L は、第 1 IC 対向部 810_{SA} と第 2 IC 対向部 810_{SB} との、2 個の IC 対向部 810_s を備える。これら 2 個の IC 対向部 810_s のうち、X 方向においてリアクトル 4 から遠い位置に配された第 1 IC 対向部 810_{SA} に、位置決めピン 857 が嵌合する。また、X 方向においてリアクトル 4 に近い位置に配された第 2 IC 対向部 810_{SB} には、位置決めピン 857 は嵌合しない。

[0318] また、図 73、図 75 に示すごとく、出力バスバー 81_I は、端子側部分 810_T の方が、モジュール側部分 810_M よりも、X 方向における幅が広い。

[0319] また、図 79 に示すごとく、本形態では個々のバスバー 81 を、センサ IC 82 によって電流を正確に検出できる位置に配置してある。また、出力端子 88 及びモジュール接続部 89 の配置位置、強度、載置部 85 への搭載制約等を考慮して、バスバー 81 の屈曲部位や寸法を定めてある。

[0320] 図 79 に示すごとく、載置部 85 には、複数のリブ部 855 が形成されている。個々のリブ部 855 は、X 方向に隣り合う 2 個の出力バスバー 81_I の

間に介在している。リブ部855は、出力バスバー81_Iの載置面から、出力バスバー81_Iの厚さと同じ高さまで突出している（図73参照）。リブ部855は、載置部85のうち、バスバー81のIC対向部810_sが載置される部位に形成されている。また、リブ部855は、図72、図73に示すごとく、載置部85のうち、バスバー81の端子側部分810_Tに隣り合う部位にも形成されている。図73に示すごとく、一部のリブ部855は、端子側部分810_Tに沿って傾斜するように延びている。さらに、図75に示すごとく、リブ部855は、載置部85のうち、バスバー81のモジュール側部分810_Mに隣り合う部位にも形成されている。リブ部855と出力バスバー81_Iとの間には、所定のクリアランスが形成されている。すなわち、リブ部855と出力バスバー81_Iとの間に上記クリアランスが形成されるように、上記位置決めピン857によって出力バスバー81_Iの位置を定めている。

このようにリブ部855を形成することにより、互いに隣り合う2本の出力バスバー81_I間の絶縁性を高めることができる。また、上記クリアランスを形成することにより、互いに隣り合う2本の出力バスバー81_I間の空間絶縁距離を十分に確保できると共に、互いの熱干渉を抑制できる。また、出力バスバー81_Iの連結部810のうち、屈曲している部位間の絶縁性をより高めることができる。さらには、図73に示すごとく、出力バスバー81_Iの、傾斜し互いに隣り合う2本の端子側部分810_T間のクリアランスを確保でき、これらの絶縁性をより高めることができる。

[0321] 図75、図79に示すごとく、昇圧バスバー81_Lは、2個のモジュール接続部89_Lと、リアクトル接続部890と、これらを連結する連結部810_Lとを備え、これらが一体的に形成されている。連結部810_Lは、図79に示すごとく、第1IC対向部810_{SA}と第2IC対向部810_{SB}との、2個のIC対向部810_sを備える。第1IC対向部810_{SA}は、Y方向に延出している。第2IC対向部810_{SB}は、Y方向において出力端子88側からモジュール接続部89側に向かうほど、リアクトル4に近づくように屈曲している。これら2個のIC対向部810_{SA}、810_{SB}に、それぞれセンサIC82_Lを配置し

てある（図 7 5 参照）。

このように本形態では、昇圧バスバー 8 1_Lに流れる電流を、2 個のセンサ IC 8 2_Lを用いて測定している。これにより、冗長性を担保している。すなわち、出力バスバー 8 1_Iは、U相、V相、W相のうち、いずれか 1 相のセンサ IC 8 2 が故障しても、他の 2 相のセンサ IC 8 2 によって出力電流を測定することが可能であるが、昇圧バスバー 8 1_Lは、仮に 1 個しかセンサ IC 8 2_Lを配置しなかったとすると、このセンサ IC 8 2_Lが故障した場合、電流を測定できなくなってしまう。そのため本形態では、昇圧バスバー 8 1_Lに 2 個のセンサ IC 8 2_Lを配置してある。

[0322] また、図 7 9 に示すごとく、載置部 8 5 には、凸部 8 5 8 が形成されている。凸部 8 5 8 は、Z 方向において、端子保持部 8 5 0 が突出した側とは反対側に突出している。信号端子 8 4 は、この凸部 8 5 8 内を通り、センサ基板 8 3 に接続している。

このように凸部 8 5 8 を形成することにより、載置部 8 5 全体の剛性を高めることができると共に、信号端子 8 4 を保護することができる。また、信号端子 8 4 の耐振性を高めることができるため、センサ基板 8 3 を保護しやすくなる。

[0323] また、図 7 9 ～図 8 1 に示すごとく、第 2 シールド板 8 7_bは、Z 方向において、樹脂製の載置部 8 5 を介して、出力バスバー 8 1_Iと対向する位置に配されている。これにより、出力バスバー 8 1_Iと第 2 シールド板 8 7_bとの絶縁性を確保している。

[0324] また、図 7 9 に示すごとく、出力バスバー 8 1_Iには、X 方向幅が広い部位と、狭い部位とがある。本形態では、出力バスバー 8 1_Iのうち、X 方向幅が広い部位に、センサ IC 8 2 を配置してある。

[0325] また、本形態の電流センサ 8 は、図 8 0 に示すごとく、載置部 8 5 から Z 方向における両側に突出した位置決め突起部 8 5 6 を 2 本、備える。これら 2 本の位置決め突起部 8 5 6 によって、2 枚のシールド板 8 7_a、8 7_bと、センサ基板 8 3 と、ナットホルダ 8 6 との位置決めを行うよう構成されている

。

[0326] <リアクトル>

次に、リアクトル4について説明する。図82に示すごとく、本形態のリアクトル4は、リアクトルケース40を備える。このリアクトルケース40に、図示しないコイルを収容してある。そして、絶縁樹脂に磁性体粉末を分散させた、所謂ダストコア（図示しない）によって、上記コイルをリアクトルケース40内に封止してある。リアクトルケース40からは、コイルに接続した2本のコイル端子41（図88参照）が突出している。

[0327] 図82～図87に示すごとく、リアクトルケース40は、トッププレート側壁部42_Tと、積層体側壁部42_Lと、センサ側壁部42_Sと、接続部側壁部42_Cと、底壁43とを備える。トッププレート側壁部42_Tは、X方向においてトッププレート311に隣り合う位置に配されており、積層体側壁部42_Lは、X方向において積層体10に隣り合う位置に配されている。また、センサ側壁部42_Sは、Y方向における電流センサ8側に配されており、接続部側壁部42_Cは、Y方向における、コンデンサ7とバスバーとの接続部側に配されている。

[0328] 図82、図83に示すごとく、リアクトルケース40は、Z方向に開口した開口部49を備える。この開口部49から、上記コイル端子41が突出する。

[0329] また、図82、図84、図86に示すごとく、積層体側壁部42_Lから、荷重支持部44がZ方向に突出している。図88に示すごとく、荷重支持部44は、ケース11の底壁部119に当接する。加圧部材16からリアクトル4に加えられる加圧力Fを、この荷重支持部44によって受け止め、大きな加圧力がコイルやダストコア等に加わらないようにしている。

[0330] 図82、図83、図85に示すごとく、トッププレート側壁部42_Tと積層体側壁部42_Lから、一对の締結部45がY方向に突出している。個々の締結部45には、図85に示すごとく、雌螺子部46が形成されている。図88に示すごとく、この雌螺子部46にボルト499を螺合することにより、リ

リアクトル４をケース１１の底壁部１１９に固定している。

[0331] 上述したように、リアクトル４には、加圧部材１６の加圧力 F が加わる。この加圧力 F によって、図８８に示すごとく、リアクトル４に力のモーメント R が発生する。そのため、リアクトル４は底壁部１１９に Z 方向から押し付けられる。リアクトル４が押し付けられる方向は、ボルト４９９の締結方向と一致している。そのため、ボルト４９９の締結力と、加圧部材１６によって発生したモーメント R とにより、リアクトル４は Z 方向に強く固定される。これによって、外部から Z 方向に振動が加わっても、リアクトル４が大きく揺動しないようにしている。

[0332] また、図８２、図８４、図８６に示すごとく、積層体側壁部４２_Lには、積層体側突部４８_Lが形成されている。この積層体側突部４８_Lは、積層体１０に含まれる冷却管３に当接する。また、トッププレート側壁部４２_Tには、トッププレート側突部４８_Tが形成されている。トッププレート側突部４８_Tは、トッププレート３１１に当接する。

[0333] 図８３、図８５に示すごとく、センサ側壁部４２_sと、該センサ側壁部４２_sの X 方向における両端に配された締結部４５とによって、センサ側凹部４７_sが形成されている。電流センサ８の信号端子８４は、このセンサ側凹部４７_sを通過して、制御回路基板１７１に接続される。また、接続部側壁部４２_cと、該接続部側壁部４２_cの X 方向における両端に配された締結部４５とによって、接続部側凹部４７_cが形成されている。コンデンサ７の制御配線は、この接続部側凹部４７_cを通過して、制御回路基板１７１に接続される。このように、凹部４７（４７_s、４７_c）に信号端子８４等を挿通させることにより、これらの凹部４７を、所謂デッドスペースにならないように、有効活用している。

[0334] 図８３に示すごとく、 Z 方向から見たときに、 X 方向において積層体側壁部４２_Lに隣り合う領域（端子配置領域 S_{41} ）に、コイル端子４１（図２参照）が配される。コイル端子４１は、 X 方向において、冷媒の導入管３２１及び導出管３２２が配された側（すなわち、トッププレート側壁部４２_Tが配され

た側)とは反対側に設けられている。

このようにすると、コイル端子41を、X方向においてバスバーに近い位置に配することができるため、コイル端子41とバスバーとの接続距離を短くすることができる。また、コイル端子41を導入管321および導出管322から離れた位置に配置することができるため、外部からコイル端子41に重畳するノイズを低減できる。

[0335] また、図84、図86、図87に示すごとく、リアクトルケース40には、上述した積層体側突部48_Lとトッププレート側突部48_Tとの、2個の突部48を形成してある。これらの突部48は、冷却管3又はトッププレート311に当接する。これにより、リアクトル4を冷却している。

突部48は、X方向から見たときに、リアクトル4の、Z方向における中央部Mを含む位置に形成されている。このようにすると、発熱量が多い中央部Mを、冷却管3又はトッププレート311によって冷却することができる。そのため、リアクトル4を効率的に冷却できる。なお、本形態の突部48_L、48_Tは、中心部Mよりも、僅かにZ方向における制御回路基板171側へオフセットしている。

[0336] また、突部48_L、48_Tの表面480(図86参照)は、その周囲の部位と比べて、面粗度が小さくなっている。これにより、突部48の表面480と、冷却管3等とを密着させ、リアクトル4の冷却効率を高めている。

[0337] なお、本形態では、締結部45における、雌螺子部46の周辺部S₄₆(図85参照)についても、面粗度を小さくしている。周辺部S₄₆は、ケース11の底壁部119に接触する部位であるため、面粗度を小さくすると、リアクトル4の熱を底壁部119に伝えやすくなる。そのため、リアクトル4の冷却効率を高めることができる。

[0338] 本形態のリアクトルケース40は、樹脂によって構成されている。リアクトルケース40を製造する際は、まず成型金型を用いてリアクトルケース40を成型し、その後、突部48の表面480、及び雌螺子部46の周辺部S₄₆を切削する。これにより、面粗度を小さくする。

[0339] また、トッププレート側突部 48_T の表面 480 （図86参照）に、リアクトルケース 40 を構成する樹脂よりも熱伝導率が高いグリスを塗布してある。また、積層体側突部 48_L の表面 480 にも、上記グリスを塗布してある。これにより、これらの突部 48 （ 48_T 、 48_L ）の表面 480 と、冷却管 3 又はトッププレート 311 との間に存在する微小な隙間を、グリスによって充填し、リアクトル 4 の冷却効率を高めている。

[0340] また、本形態では、図16に示すごとく、X方向から見たとき、荷重支持部 44 が形成された壁部 42 （すなわち積層体側壁部 42_L ）と、加圧部材 16 とが重なるよう構成されている。これにより、加圧部材 16 の加圧力を荷重支持部 44 によって受け止めやすくしている。

[0341] また、本形態では、図88に示すごとく、締結部 45 の雌螺子部 46 にボルト 499 を挿入し、これにより、リアクトルケース 40 をケース 11 の底壁部 119 に固定している。ボルト 499 は、Z方向における、コイル端子 41 の突出側とは反対側から、締結部 45 の中央付近まで挿入されている。これにより、ボルト 499 の先端をコイル端子 41 に接近させている。これによって、コイルから発生した熱の一部を、コイル端子 41 およびボルト 499 を介して底壁部 119 に伝え、より冷却性能を高めるようにしている。

[0342] また、図82、図83に示すごとく、積層体側壁部 42_L は、他の壁部 42_T 、 42_S 、 42_C よりも厚く形成されている。また、X方向において積層体側壁部 42_L に近い位置に、コイル端子 41 を配置してある。

このようにすると、積層体側壁部 42_L を厚く形成してあるため、積層体側壁部 42_L の剛性を高めることができる。そのため、加圧部材 16 から加わった加圧力によって、積層体側壁部 42_L が変形することを抑制できる。また、積層体側壁部 42_L を厚く形成すると、積層体側壁部 42_L によって、半導体モジュール 2 又はコイルから発生した熱を遮蔽できる。そのため、半導体モジュール 2 とコイルとの間で熱干渉が発生することを抑制できる。

[0343] なお、本形態では、積層体側壁部 42_L を他の壁部 42_T 、 42_S 、 42_C よりも厚く形成したが、本開示はこれに限るものではなく、積層体側壁部 42_L を

他の壁部 $4\ 2_T$, $4\ 2_S$, $4\ 2_C$ と同等の厚さにしてもよい。

[0344] <コンデンサモジュール>

次に、コンデンサモジュール 70 につき、説明する。

図 89～図 97 に示すごとく、コンデンサモジュール 70 は、複数のコンデンサ素子 73 と、これらに接続された正極平滑バスバー 7 P a、正極フィルタバスバー 7 P b、及び負極バスバー 75 N と、モールド樹脂 700 と放電抵抗基板 172 とを有する。モールド樹脂 700 は、複数のコンデンサ素子 73、正極平滑バスバー 7 P a、正極フィルタバスバー 7 P b、及び負極バスバー 75 N を内側に埋設している。図 89 に示すごとく、放電抵抗基板 172 は、モールド樹脂 700 に固定されている。

[0345] 図 93、図 94 に示すごとく、各コンデンサ素子 73 は、金属化フィルムを巻回してなるフィルムコンデンサである。各コンデンサ素子 73 は、その巻回軸が、Z 方向に延びるよう配されている。

[0346] 複数のコンデンサ素子 73 は、平滑コンデンサ 71 を構成するコンデンサ素子 73 である複数の平滑コンデンサ素子 711 と、フィルタコンデンサ 72 を構成するコンデンサ素子 73 である複数のフィルタコンデンサ素子 721 とを有する。複数の平滑コンデンサ素子 711 は、互いに並列接続されており、同様に、複数のフィルタコンデンサ素子 721 は、互いに並列接続されている。

[0347] 図 94 に示すごとく、平滑コンデンサ素子 711 は、Z 方向から見たとき、X 方向に長尺な略楕円形状となる姿勢で配されている。そして、平滑コンデンサ素子 711 は、X 方向に 3 列、Y 方向に 3 列、計 9 つ、並んで配されている。

[0348] また、フィルタコンデンサ素子 721 は、Z 方向から見たとき Y 方向に長尺な略楕円形状となる姿勢で配されている。フィルタコンデンサ素子 721 は、Y 方向に 2 つ並んで配されている。2 つのフィルタコンデンサ素子 721 は、平滑コンデンサ素子 711 における X 方向の一方（前方側）に配されている。

- [0349] 図92、図93に示すごとく、各コンデンサ素子73は、Z方向の両端に、電極面を備えている。以後、コンデンサ素子73の上側の電極面を上側電極面731、下側の電極面を下側電極面732ということもある。
- [0350] 複数のコンデンサ素子73の下側電極面732には、負極バスバー75Nが接続されている。図91～図93、図95に示すごとく、負極バスバー75Nは、後述の、負極対向部71Nと負極延設部72Nとを有する。
- [0351] 負極対向部71Nは、Z方向から見た形状がX方向に長尺な四角形状に形成されており、かつ、Z方向に厚みを有する板状に形成されている。負極対向部71Nは、その上面が、複数のコンデンサ素子73の下側電極面732にZ方向に対向するよう配されている。そして、負極対向部71Nは、その上面において、複数のコンデンサ素子73の下側電極面732に接続されている。
- [0352] 負極延設部72Nは、負極対向部71Nから延設されている。負極延設部72Nは、DC-DCコンバータ6に接続される負極DDC側接続部73Nと、半導体モジュール2に接続される負極モジュール側接続部74Nと、バッテリーBに接続される負極バッテリー側接続部76Nとを有する。
- [0353] 図91に示すごとく、負極DDC側接続部73Nは、Y方向における負極対向部71Nの一方側に配されている。負極DDC側接続部73Nにおける、DC-DCコンバータ6と接続される端子部は、モールド樹脂700から露出している。以後、適宜、Y方向における負極対向部71Nに対する負極DDC側接続部73N側をY1側といい、その反対側をY2側という。
- [0354] 負極モジュール側接続部74Nも、負極DDC側接続部73Nと同様、負極対向部71NからY1側に延設されている。負極モジュール側接続部74Nは、負極DDC側接続部73Nよりも後方に離れた位置に配されている。負極モジュール側接続部74Nは、X方向に長尺かつY方向に短尺な矩形板状の負極モジュール側基部741Nと、負極モジュール側基部741NのY1側の端縁の2箇所から上方に延設されるとともにY方向に厚みを有する負極モジュール側端子部742Nとを有する。図91、図92に示すごとく、

2つの負極モジュール側端子部742Nは、Z方向の同じ位置に配されており、X方向に互いにオフセットするよう形成されている。図89に示すごとく、負極モジュール側接続部74Nのうち、2つの負極モジュール側端子部742Nは、モールド樹脂700から露出しており、半導体モジュール2に電気接続された端子がボルト7Bによって締結される。

[0355] 図91～図93、図95に示すごとく、負極バッテリー側接続部76Nは、負極対向部71Nの後方端部かつY1側端部から延設されている。図91、図92に示すごとく、負極バッテリー側接続部76Nは、負極バッテリー側基部751Nと負極バッテリー側縦長部752Nと負極バッテリー側端子部753Nとを有する。負極バッテリー側基部751Nは、負極対向部71NからX方向に延びている。負極バッテリー側縦長部752Nは、負極バッテリー側基部751Nの後端縁から下方に延設されるとともにX方向に厚みを有する。負極バッテリー側端子部753Nは、負極バッテリー側縦長部752Nの下端縁から後方に延設されるとともにZ方向に厚みを有する。負極バッテリー側端子部753Nには、バッテリーBに電気接続された端子がボルト締結される。

[0356] 図92、図96に示すごとく、複数のコンデンサ素子73のうち、平滑コンデンサ素子711の上側電極面731には正極平滑バスバー7Paが接続されており、フィルタコンデンサ素子721の上側電極面731には正極フィルタバスバー7Pbが接続されている。

[0357] 図96、図97に示すごとく、正極平滑バスバー7Paは、後述の正極平滑対向部71Paと正極平滑モジュール側接続部72Paとを有する。

正極平滑対向部71Paは、Z方向から見た形状がX方向に長尺な四角形状に形成されており、かつZ方向に厚みを有する板状に形成されている。正極平滑対向部71Paは、その下面が、複数の平滑コンデンサ素子711の上側電極面731にZ方向に対向するよう配されている。そして、正極平滑対向部71Paは、その下面において、複数の平滑コンデンサ素子711の上側電極面731に接続されている。

[0358] 正極平滑モジュール側接続部72Paは、正極平滑対向部71Paから延

設されており、半導体モジュール2に接続される。図93、図96、図97に示すごとく、正極平滑モジュール側接続部72Paは、正極平滑モジュール側側部721Paと正極平滑モジュール側基部722Paと正極平滑モジュール側端子部723Paとを有する。正極平滑モジュール側側部721Paは、正極平滑対向部71Paから下方に延設されており、Y方向に厚みを有する。正極平滑モジュール側基部722Paは、正極平滑モジュール側側部721Paの下端からY1側に延設され、X方向に長尺かつY方向に短尺な矩形板状を呈している。正極平滑モジュール側端子部723Paは、正極平滑モジュール側基部722PaのY1側の端縁の2箇所から上方に延設されるとともにY方向に厚みを有する。2つの正極平滑モジュール側端子部723Paは、Z方向の同じ位置に配されており、X方向に互いにオフセットするように形成されている。正極平滑モジュール側接続部72Paのうち、正極平滑モジュール側端子部723Paは、モールド樹脂700から露出しており、半導体モジュール2に電気接続された端子がボルト締結される。

[0359] 図89、図91、図92に示すごとく、2つの負極モジュール側端子部742Nと、2つの正極平滑モジュール側端子部723Paとは、X方向の前方から後方に向かって、負極モジュール側端子部742N、正極平滑モジュール側端子部723Pa、負極モジュール側端子部742N、正極平滑モジュール側端子部723Pa、の順に配されている。すなわち、負極モジュール側端子部742Nと正極平滑モジュール側端子部723Paとは、X方向に交互に配されている。また、複数の負極モジュール側端子部742Nと複数の正極平滑モジュール側端子部723Paとは、Z方向における同じ位置に配されている。

[0360] 図96に示すごとく、正極フィルタバスバー7Pbは、後述の正極フィルタ対向部71Pbと正極フィルタ延設部72Pbとを有する。

正極フィルタ対向部71Pbは、Z方向に厚みを有する板状に形成されており、その下面が、複数のフィルタコンデンサ素子721の上側電極面731にZ方向と対向するよう配されている。そして、正極フィルタバスバー7

P bは、正極フィルタ対向部71 P bにおいて、フィルタコンデンサ素子721の上側電極面731に接続されている。

[0361] 正極フィルタ延設部72 P bは、正極フィルタ対向部71 P bから延設されている。図92、図97に示すごとく、正極フィルタ延設部72 P bは、正極長板部721 P bと、DC-DCコンバータ6に接続される正極DDC側接続部73 P Bと、昇圧コンバータに接続される正極フィルタ昇圧側接続部74 P bと、バッテリーBと接続される正極バッテリー側接続部75 P Bとを有する。

[0362] 図91、図92に示すごとく、正極長板部721 P bは、複数のコンデンサ素子73にY方向に対向するとともに、複数のコンデンサのX方向の一端から他端までの略全領域に形成されている。正極長板部721 P bは、複数のコンデンサ素子73のY1側に配されている。

[0363] 図91に示すごとく、正極DDC側接続部73 P Bは、正極長板部721 P bから延設されている。正極DDC側接続部73 P Bも、複数のコンデンサ素子73のY1側に位置している。正極DDC側接続部73 P BにおけるDC-DCコンバータ6と接続される部位は、モールド樹脂700から露出している。正極DDC側接続部73 P Bは、負極DDC側接続部73 Nの後方に隣接している。

[0364] 図97に示すごとく、正極フィルタ昇圧側接続部74 P bは、正極フィルタ昇圧側側部741 P bと正極フィルタ昇圧側基部742 P bと正極フィルタ昇圧側端子部743 P bとを有する。

[0365] 正極フィルタ昇圧側側部741 P bは、正極長板部721 P bから下方に延設されている。

[0366] 正極フィルタ昇圧側基部742 P bは、正極フィルタ昇圧側側部741 P bの下端縁からY1側に延設されており、Z方向に厚みを有する。

[0367] 正極フィルタ昇圧側端子部743 P bは、正極フィルタ昇圧側基部742 P bのY1側端縁から上方に延設されるとともにY方向に厚みを有する。正極フィルタ昇圧側端子部743 P bは、2つの負極モジュール側端子部74

2 Nのうちの前側の負極モジュール側端子部 7 4 2 Nの、前側に隣り合うよう配されている。正極フィルタ昇圧側端子部 7 4 3 P bは、モールド樹脂 7 0 0から露出するよう形成されており、昇圧コンバータに電気接続された端子がボルト締結される。

[0368] 正極バッテリー側接続部 7 5 P Bは、正極バッテリー側横長部 7 5 1 P Bと正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P Bと正極バッテリー側端子部 7 5 3 P Bとを有する。正極バッテリー側横長部 7 5 1 P Bは、正極長板部 7 2 1 P bの後端縁からY 2側に延設されるとともにX方向に厚みを有する。正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P Bは、正極バッテリー側横長部 7 5 1 P BのY 2側の端部から下方に延設されるとともにX方向に厚みを有する。正極バッテリー側端子部 7 5 3 P Bは、正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P Bの下端から後方に延設されるとともに、Z方向に厚みを有する。正極バッテリー側端子部 7 5 3 P Bには、バッテリーBに電気接続された端子がボルト締結される。正極バッテリー側端子部 7 5 3 P Bと負極バッテリー側端子部 7 5 3 Nとは、Y方向に隣り合うよう配されている。正極バッテリー側接続部 7 5 P Bは、負極バッテリー側端子部 7 5 3 NのY 2側に配されている。

[0369] 図 8 9、図 9 0に示すごとく、モールド樹脂 7 0 0は、略直方体形状を呈している。モールド樹脂 7 0 0は、平滑コンデンサ素子 7 1 1及びフィルタコンデンサ素子 7 2 1をまとめて内包している。図 8 9に示すごとく、モールド樹脂 7 0 0の下面には、放電抵抗基板 1 7 2が固定されている。

以上のような基本構成を有する。以下、本形態のコンデンサモジュール 7 0 のより詳細な構成につき、説明する。

[0370] モールド樹脂 7 0 0の下面に配された放電抵抗基板 1 7 2は、リアクトル 4のコイル端子 4 1とZ方向に重ならないよう配置されている。つまり、放電抵抗基板 1 7 2は、Z方向に直交する面方向において、コイル端子 4 1と異なる位置に配されている。また、放電抵抗基板 1 7 2は、リアクトル 4のコイル端子 4 1とフィルタコンデンサ 7 2の正極フィルタバスバー 7 P bの正極D D C側接続部 7 3 P Bとの接続部（ボルト締結部）からは所定のクリ

アランスC 1が形成されている。本実施形態においては、放電抵抗基板1 7 2と前記接続部との間は、少なくともY方向に所定のクリアランスC 1が形成されている。

これにより、リアクトル4のコイル端子4 1が放電抵抗基板1 7 2に干渉することを抑制できる。また、放電抵抗基板1 7 2とリアクトル4のコイル端子4 1との間の電氣的絶縁性も確保することができる。さらに、放電抵抗基板1 7 2とリアクトル4のコイル端子4 1とが熱的に干渉することを抑制することもできる。

[0371] また、放電抵抗基板1 7 2は、Z方向から見たとき矩形となる、矩形板状である。放電抵抗基板1 7 2は、4隅と中央部との5点において、コンデンサモジュール7 0のモールド樹脂7 0 0に支持されている。モールド樹脂7 0 0は、下側に突出する5つの突出ピン部7 0 0 bを有し、放電抵抗基板1 7 2は、その4隅及び中央に形成された貫通孔に突出ピン部7 0 0 bを嵌入させることによりモールド樹脂7 0 0に固定されている。

これにより、コンデンサの振動に起因する共振によって放電抵抗基板1 7 2が大きく振動することを抑制することができる。

[0372] また、図9 0、図9 1に示すごとく、負極D D C側接続部7 3 N及び正極D D C側接続部7 3 P Bは、X方向において、コンデンサモジュール7 0におけるフィルタコンデンサ素子7 2 1が配された側、すなわち前方の端部に配されている。そして、負極D D C側接続部7 3 N及び正極D D C側接続部7 3 P Bは、D C－D Cコンバータ6に近い位置に形成されている。本実施形態において、X方向において、負極D D C側接続部7 3 N及び正極D D C側接続部7 3 P Bは、積層体1 0よりもD C－D Cコンバータ6に近い位置に配されている。

これにより、コンデンサとD C－D Cコンバータ6との間の接続配策構造を簡素にしやすく、また、短くしやすい。

[0373] また、図9 1に示すごとく、正極フィルタバスバー7 P bの正極長板部7 2 1 P bは、正極平滑バスバー7 P a、コンデンサの端子部と他の部品との

ボルト締結部（正極平滑モジュール側端子部 7 2 3 P a、負極モジュール側端子部 7 4 2 N 等）、平滑コンデンサ素子 7 1 1 との間に、所定のクリアランスが形成されている。これにより、正極フィルタバスバー 7 P b と、正極平滑バスバー 7 P a、前記ボルト締結部、及び平滑コンデンサ素子 7 1 1 との間の絶縁性を確保できるとともに、これらの間の熱干渉も抑制できる。

[0374] また、正極長板部 7 2 1 P b は、積層体 1 0 の冷却器と近い。本実施形態において、正極長板部 7 2 1 P b は、冷却器の真上に位置している。

これにより、バスバー配策が集中している正極長板部 7 2 1 P b 周辺の冷却性を向上させやすい。

[0375] また、図 8 9、図 9 1 に示すごとく、負極モジュール側端子部 7 4 2 N と正極平滑モジュール側端子部 7 2 3 P a とは、X 方向に微小空間を介して並んでいる。同様に、負極モジュール側端子部 7 4 2 N と正極フィルタ昇圧側端子部 7 4 3 P b とは、X 方向に微小空間を介して並んでいる。前記微小空間を小さくするために、モールド樹脂 7 0 0 は高絶縁性樹脂を採用することが好ましい。

電流の流れる向きが逆になる接続部同士を近接配置することにより、周囲に形成される磁界を、互いに打ち消しあうよう形成させることができ、低インダクタンス化を図りやすい。さらに、前述のように近接配置することにより、小型化（本構成においては、特に X 方向の小型化）を図りやすい。

[0376] また、モールド樹脂 7 0 0 は、内側に部材が埋設される部位、以外の部位は、なるべく薄く形成しており、これにより、コスト低減、小型化を図っている。

一方、モールド樹脂 7 0 0 の薄肉化に起因し、コンデンサ素子 7 3 の電極面の周囲等の特に湿度に弱い部分は、耐湿の問題が懸念される。そこで、本実施形態においては、モールド樹脂 7 0 0 と、コンデンサ素子 7 3 の電極面の周囲等の特に湿度に弱い部分に、耐湿フィルムを介在させている。

[0377] また、図 9 3 に示すごとく、負極バッテリー側接続部 7 6 N の負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N は、X 方向から見たとき、クランク形状を有する。具体的

には、負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N は、上側に配されるとともに Z 方向にまっすぐ形成された縦長第一部位 7 5 4 N と、縦長第一部位 7 5 4 N から延設されるとともに、下側に向かうほど正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P B と反対側、すなわち Y 1 側に向かうよう傾斜する縦長第二部位 7 5 5 N と、縦長第二部位 7 5 5 N から下側に延設されるとともに Z 方向にまっすぐ形成された縦長第三部位 7 5 6 N とからなる。このように、負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N は、途中で正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P B から遠ざかる方向にオフセットした構造となっている。

これにより、負極バッテリー側端子部 7 5 3 N と正極バッテリー側端子部 7 5 3 P B との距離を確保でき、これらの間の絶縁性を確保しやすい。

また、負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N は、前述のように途中から正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P B から遠ざかる形状である。そのため、負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N の強度を確保しやすい。また、モールド樹脂 7 0 0 における負極バッテリー側縦長部 7 5 2 N と正極バッテリー側縦長部 7 5 2 P B とを内包する部位の薄肉化を図りやすい。

[0378] また、図 9 2 に示すごとく、正極平滑バスバー 7 P a と負極バスバー 7 5 N とは、対向配置されている。具体的には、正極平滑バスバー 7 P a の正極平滑モジュール側基部 7 2 2 P a と負極モジュール側基部 7 4 1 N とが Z 方向に対向している。これにより、低インダクタンス化を図ることができる。なお、正極平滑バスバー 7 P a と負極バスバー 7 5 N との間には、絶縁シート等の絶縁部材 7 C が介在している。

[0379] また、図 9 5 に示すごとく、負極モジュール側基部 7 4 1 N と正極平滑モジュール側端子部 7 2 3 P a との間には、所定のクリアランス C 2 が形成されている。さらに、正極平滑モジュール側基部 7 2 2 P a と負極モジュール側端子部 7 4 2 N との間にも、所定のクリアランス C 3 が形成されている。そして、前記各クリアランスには、絶縁部材 7 C が配されている。つまり、Z 方向からみたとき、前記各クリアランスには絶縁部材 7 C が配されている。

これにより、絶縁距離を確保しやすく、また、絶縁部材 7 C の形状を簡素にしやすい。

[0380] また、絶縁部材 7 C は、負極モジュール側基部 7 4 1 N と正極フィルタ昇圧側端子部 7 4 3 P b との間、及び、正極平滑モジュール側基部 7 2 2 P a と負極バッテリー側接続部 7 6 N との間にも配されている。これにより、絶縁性を確保しやすい。さらに、絶縁性を確保しつつ、負極モジュール側基部 7 4 1 N と正極平滑モジュール側基部 7 2 2 P a との間をより近接させやすい。

[0381] 正極フィルタ昇圧側接続部 7 4 P b は、コンデンサモジュール 7 0 におけるフィルタコンデンサ 7 2 に近い側に位置している。正極フィルタ昇圧側接続部 7 4 P b は、負極モジュール側接続部 7 4 N 及び正極平滑モジュール側接続部 7 2 P a よりも前方に配されている。それゆえ、配策構造を簡素にしやすい。

[0382] 正極長板部 7 2 1 P b の厚みは、正極フィルタ対向部 7 1 P b の厚みよりも厚い。

それゆえ、正極長板部 7 2 1 P b の熱容量を確保しやすい。ここで、正極長板部 7 2 1 P b は、周囲にバスバー等が密集しており、受熱しやすいため、正極長板部 7 2 1 P b の熱容量を確保することによる、バスバーの温度上昇を効果的に抑制することができる。また、前述のように複数のコンデンサの X 方向の一端から他端までの略全領域に形成されている正極長板部 7 2 1 P b の強度を確保しやすく、正極長板部 7 2 1 P b が撓むことを防止しやすい。また、正極フィルタバスバー 7 P b の端子に別部材の端子を締結する際の荷重にも耐えることができる。

[0383] また、図 9 1 に示すごとく、負極 DDC 側接続部 7 3 N と正極 DDC 側接続部 7 3 P B とは、X 方向において、平滑コンデンサ素子 7 1 1 よりもフィルタコンデンサ素子 7 2 1 側に配されている。本実施形態においては、負極 DDC 側接続部 7 3 N と正極 DDC 側接続部 7 3 P B との、DC-DC コンバータ 6 と接続される部位は、コンデンサモジュール 7 0 における前端に位

置している。

これにより、負極D D C側接続部7 3 N及び正極D D C側接続部7 3 P Bと、平滑コンデンサ素子7 1 1との間の絶縁を確保しやすい。それゆえ、これらの間に絶縁部材7 Cを配さなくてもよくなる、あるいは絶縁部材7 Cを小さくでき、全体として小型化を実現しやすい。

[0384] 負極バッテリー側接続部7 6 Nの厚みは、負極対向部7 1 Nの厚みよりも厚い。同様に正極バッテリー側接続部7 5 P Bの厚みは、負極対向部7 1 Nの厚みよりも大きい。また、負極バッテリー側接続部7 6 Nの厚みと正極バッテリー側接続部7 5 P Bの厚みとは、同等である。

これにより、負極バッテリー側接続部7 6 N及び正極バッテリー側接続部7 5 P Bの強度を確保しやすい。それゆえ、バッテリーBに接続された端子を負極バッテリー側接続部7 6 N及び正極バッテリー側接続部7 5 P Bに接続する際の荷重に十分耐えることができる。

[0385] 図9 6に示すごとく、Z方向の上側から見たとき、負極モジュール側端子部7 4 2 Nに接続されるボルト7 Bと、正極長板部7 2 1 P bとの間には絶縁部材7 Cが配されている。

これにより、負極モジュール側端子部7 4 2 Nに接続されるボルト7 Bと、正極フィルタバスバー7 P b、及び正極平滑バスバー7 P aとの間の絶縁性を確保しやすい。

[0386] 図9 1に示すごとく、負極バスバー7 5 Nの負極モジュール側基部7 4 1 Nは、負極対向部7 1 NとZ方向にオフセットして配されている。本形態においては、負極モジュール側基部7 4 1 Nは、負極対向部7 1 Nに対して下側にずれた位置に配されている。

これにより、負極モジュール側基部7 4 1 Nと、正極平滑モジュール側端子部7 2 3 P aとの間の距離を稼ぐことができ、これらの間の絶縁性を確保しやすい。また、負極バスバー7 5 Nの負極モジュール側接続部7 4 Nと正極長板部7 2 1 P bとが、Y方向に重なる領域を減らしやすく、これにより、負極バスバー7 5 Nと正極フィルタバスバー7 P bとの間の絶縁世知を確

保しやすい。

[0387] コンデンサモジュール70は、モールド樹脂700の上面において、ケースカバー131に固定されている。モールド樹脂700の上面は、上側に突出する支持凸部700aを2箇所有し、支持凸部700aをケースカバー131に形成された貫通孔に嵌合させることで、ケースカバー131に固定されている。支持凸部700aは、モールド樹脂700の上面における対角線DL上の両端又はそこに近接する位置に形成されている。特に、モールド樹脂700における負極バッテリー側接続部76N及び正極バッテリー側接続部75PBを内包する部位の上面に1つ目の支持凸部700aが形成されており、その1つ目の凸部を通るモールド樹脂700の対角線DL上における前記1つ目の支持凸部700aと反対側の端部に2つ目の支持凸部700aが形成されている。この対角線DLが、モールド樹脂700の上面において、もっとも長い対角線DLとなっている。

コンデンサモジュール70を2箇所ではケースカバー131に固定することにより、コンデンサモジュール70の4箇所においてコンデンサモジュール70をケースカバー131に固定する場合よりも、生産性向上及び低コスト化を図ることができる。また、モールド樹脂700の上面における対角線DL上の両端部に支持凸部700aを形成し、この支持凸部700aによってコンデンサモジュール70をケースカバー131に固定することにより、耐振性向上を図ることができる。さらに、支持凸部700aは、負極バッテリー側端子部753N及び正極バッテリー側端子部753PBの露出部とはZ方向において離れているため、生産性を向上させやすい。本形態においては、支持凸部700aは、モールド樹脂700における、負極バッテリー側端子部753N及び正極バッテリー側端子部753PBの突出側（すなわち上側）とは反対側（すなわち下側）に形成されている。なお、モールド樹脂700の上面とケースカバー131との間に接着剤をさらに設けてもよい。

[0388] 図99に示すごとく、コンデンサモジュール70の主面は、ケースカバー131に支持される被支持主面701を構成している。被支持主面701は

、モールド樹脂 700 の表面で構成されている。コンデンサモジュール 70 は、モールド樹脂 700 の表面で構成された被支持主面 701 においてケースカバー 131 に支持されている。それゆえ、コンデンサ素子 73 の熱は、モールド樹脂 700 の表面から直接的にケースカバー 131 に放熱される。これにより、コンデンサモジュール 70 の放熱性を向上させやすい。また、被支持主面 701 は、コンデンサモジュール 70 の主面によって構成されている。それゆえ、コンデンサモジュール 70 の熱を、被支持主面 701 から効率的にケースカバー 131 に放熱することができる。

[0389] 上側電極面 731 は、コンデンサモジュール 70 の被支持主面 701 側を向くよう配されている。コンデンサ素子 73 の熱を、上側電極面 731、被支持主面 701 を介して、効率的にケースカバー 131 に放熱しやすい。本実施形態において、上側電極面 731 は、被支持主面 701 と平行である。

[0390] 正極フィルタバスバー 7Pb は、コンデンサモジュール 70 の表面における被支持主面 701 と連続的に形成された面と平行に形成された正極長板部 721 Pb を有する。それゆえ、コンデンサ素子 73 の熱を、正極長板部 721 Pb を介して、被支持主面 701 と連続的に形成された面、すなわち被支持主面 701 以外からも、効率的に放熱することができる。本実施形態において、正極長板部 721 Pb は、コンデンサモジュール 70 の X1 側の表面と平行に形成されている。正極長板部 721 Pb は、X 方向に長尺である。正極長板部 721 Pb は、X 方向において、複数のコンデンサ素子 73 の一端から他端の略全領域に形成されている。

[0391] 図 98 に示すごとく、モールド樹脂 700 は、X 方向に長尺、Y 方向に短尺な略直方体形状を呈している。本実施形態において、コンデンサモジュール 70 は、それ専用のケースは存在せず、モールド樹脂 700 の表面の概ね全体がコンデンサモジュール 70 の全体の表面を構成している。コンデンサモジュール 70 は、下側の面、上側の面のそれぞれに主面を有する。そして、モールド樹脂 700 の上側を向く主面が被支持主面 701 である。なお、コンデンサモジュール 70 の主面とは、コンデンサモジュール 70 の厚み方

向を向く面である。本実施形態において、コンデンサモジュール70の主面は、コンデンサモジュールの側面よりも面積が大きい。

[0392] 図90に示すごとく、コンデンサモジュール70は、被支持主面701の法線方向から見たとき、コンデンサ素子73からずれた位置において、ケースカバー131に支持されている。すなわち、支持凸部700aは、コンデンサ素子73とZ方向に重ならない位置に形成されている。それゆえ、ケースカバー131からの振動がコンデンサモジュール70内のコンデンサ素子73に直接的に伝わることを抑制でき、コンデンサ素子73の耐振性の向上を図ることができる。

[0393] 図99に示すごとく、コンデンサモジュール70は、被支持主面701と反対側の面である反対側面702が、ケースカバー131内の他の部品と対向するよう配されている。本実施形態において、反対側面702は、Z方向において、リアクトル4、半導体モジュール2、及び冷却器と対向している。それゆえ、電力変換装置1全体の小型化を図りやすい。また、コンデンサモジュール70の熱は、主に被支持主面701からケースカバー131に放熱されるため、コンデンサモジュール70の被支持主面701と反対側の面をケースカバー131内の他の部品と対向するように配置しても、コンデンサモジュール70から他の部品に熱影響を与えにくい。

[0394] <DC-DCコンバータ>

次に、DC-DCコンバータにつき説明する。

図100に示すごとく、DC-DCコンバータ6は、トランス63と、一次側半導体部品61と、二次側半導体部品62と、チョークコイル64（図15参照）と、回路基板65と、を有する。まず、各部品の概要を説明する。

[0395] トランス63は、一次コイルと二次コイルとを有する。

[0396] 一次側半導体部品61は、トランス63の一次コイル側に接続されている。一次側半導体部品61は、複数のスイッチング素子を内蔵した半導体モジュールからなる。スイッチング素子としては、例えばMOSFET又はIG

B Tを用いることができる。なお、一次側半導体部品 6 1 は必ずしも半導体モジュールである必要はなく、例えば、ディスクリートの半導体部品であってもよい。

[0397] 二次側半導体部品 6 2 は、トランス 6 3 の二次コイル側に接続されている。二次側半導体部品 6 2 は、複数のスイッチング素子を内蔵した半導体モジュールからなる。このスイッチング素子も、例えばM O S F E T又はI G B Tを用いることができる。ただし、二次側半導体部品 6 2 は、複数のダイオードを内蔵したダイオードモジュールとすることもできる。また、二次側半導体部品 6 2 は、ディスクリートの半導体部品であってもよい。

[0398] チョークコイル 6 4 は、二次側半導体部品 6 2 に接続されており、コンデンサと共に平滑回路を構成している。

[0399] 回路基板 6 5 には、制御回路が形成されている。制御回路は、一次側半導体部品 6 1 におけるスイッチング素子及び二次側半導体部品 6 2 のスイッチング素子のオンオフ制御を行うよう構成されている。したがって、各スイッチング素子の信号端子、例えばM O S F E Tのゲート端子が、回路基板 6 5 の制御回路に接続されている。

[0400] 本実施形態において、一次側半導体部品 6 1 と二次側半導体部品 6 2 とは、回路基板 6 5 に直接実装されている。一次側半導体部品 6 1 及び二次側半導体部品 6 2 である半導体モジュールは、引出端子 6 0 を備えている。そして、該引出端子 6 0 が直接回路基板 6 5 に接続されている。ここで、引出端子 6 0 は、スイッチング素子のゲート等に接続された信号端子とすることができる。また、スイッチング素子のソース等またはドレイン等に接続された引出端子 6 0 が直接回路基板 6 5 に接続された構成とすることもできる。

[0401] 次に、各部品の配置関係、電力変換装置 1 全体におけるD C − D Cコンバータ 6 の配置等につき説明する。

[0402] トランス 6 3 と一次側半導体部品 6 1 と二次側半導体部品 6 2 とチョークコイル 6 4 との電子部品のうち、2 つずつの電子部品同士は、それぞれ回路基板 6 5 の法線方向（本形態においてはX 方向）に積層された第一積層体 6

01及び第二積層体602を構成している。本形態において、第一積層体601は、トランス63と一次側半導体部品61とからなる。第二積層体602は、チョークコイル64と二次側半導体部品62とからなる。

[0403] 回路基板65は、第一積層体601を構成する一对の電子部品の間と、第二積層体602を構成する一对の電子部品の間とに介在している。本形態において、回路基板65は、トランス63と一次側半導体部品61との間に介在すると共に、チョークコイル64と二次側半導体部品62との間に介在している。トランス63とチョークコイル64とは、回路基板65における同じ面側に配されている。本形態においては、トランス63とチョークコイル64とは、回路基板65における前面に配されている。また、一次半導体部品と二次半導体部品とは、回路基板65における同じ面側に配されている。本形態においては、一次半導体部品と二次半導体部品とは、回路基板65における後面に配されている。

[0404] DC-DCコンバータ6は、半導体部品（一次側半導体部品61及び二次側半導体部品62）が配置された表面を積層体10の冷却器側に配置している。

これにより、半導体部品を積極的に放熱することができる。

[0405] 一次側半導体部品61は、その長手方向が、冷却管3の長手方向すなわちY方向に直交する方向であるZ方向である。同様に、二次側半導体部品62は、その長手方向が、冷却管3の長手方向すなわちY方向に直交する方向であるZ方向である。そして、一次側半導体部品61及び二次側半導体部品62は、各部品の短手方向すなわちY方向に並んで配されている。

それゆえ、電力変換装置1を大型化することなく、冷却器の導入側パイプ33a及び導出側パイプ33bとの間にDC-DCコンバータ6を配置できる。

[0406] また、回路基板65は、冷却器における冷却管3の長手方向（Y方向）に直交する方向（Z方向）の一方に突出している。

それゆえ、デッドスペースの縮小を図りやすく、電力変換装置1の小型化

につながる。

[0407] なお、上述の「ソース等」は、スイッチング素子がMOSFETの場合には、ソースを意味するが、スイッチング素子がIGBTの場合には、エミッタを意味することとなる。同様に、上述の「ドレイン等」は、スイッチング素子がMOSFETの場合には、ドレインを意味するが、スイッチング素子がIGBTの場合には、コレクタを意味することとなる。

[0408] <DC-DCコンバータの保持構造（その1）>

DC-DCコンバータ6の保持構造は、図101に示すごとく、DDCケース66と発熱部6aと押圧部材67と放熱部材68とを有する。DDCケース66は、DDC底壁661、DDC底壁661と対向するDDC対向壁663、及びDDC底壁661及びDDC対向壁663を接続するDDC側壁662を有する。また、DDCケース66は、熱伝導性を有する。本形態において、DDCケース66は、ケース11の一部である。発熱部6aは、DDC底壁661におけるDDC対向壁663側の面に載置されている。発熱部6aは、一次側半導体部品61とトランス63とを有するものとしてすることができる。押圧部材67は、発熱部6aとDDC対向壁663との間に配されている。また、押圧部材67は、発熱部6aをDDC底壁661側に押圧する。放熱部材68は、発熱部6aとDDC対向壁663との双方に接する。また、放熱部材68は、押圧部材67と別部材で構成されている。さらに、放熱部材68は、熱伝導性を有する。放熱部材68は、DDC底壁661とDDC対向壁663との対向方向（本実施形態ではX方向）から見たとき、押圧部材67と重ならない領域の少なくとも一部において、発熱部6aとDDC対向壁663との双方に接触している。

[0409] ここで、前述のごとく、発熱部6aは、DDC底壁661におけるDDC対向壁663側の面に載置されている。また、放熱部材68は、発熱部6aとDDC対向壁663との双方に接し、押圧部材67と別部材で構成され、かつ熱伝導性を有する。それゆえ、発熱部6aの熱は、発熱部6aの下側からDDCケース66のDDC底壁661に放熱されるとともに、発熱部6a

の上側から放熱部材 6 8 を介して DDC ケース 6 6 の DDC 対向壁 6 6 3 に放熱される。すなわち、発熱部 6 a の熱は、上側及び下側の双方から DDC ケース 6 6 に放熱される。それゆえ、複数の冷却器を用いなくとも、効率的に発熱部 6 a の放熱を行うことができる。それゆえ、電力変換装置 1 は、小型化及び低コスト化を図りやすい。

[0410] また、放熱部材 6 8 は、DDC 底壁 6 6 1 と DDC 対向壁 6 6 3 との対向方向から見たとき、押圧部材 6 7 と重ならない領域の少なくとも一部において、発熱部 6 a と DDC 対向壁 6 6 3 との双方に接触している。それゆえ、発熱部 6 a から DDC 対向壁 6 6 3 への熱伝達を促進させやすい。

[0411] また、DC-DC コンバータ 6 の保持構造は、発熱部 6 a を DDC 底壁 6 6 1 側に押圧する押圧部材 6 7 を有する。それゆえ、発熱部 6 a と DDC 底壁 6 6 1 との接触を確保し、発熱部 6 a の熱を DDC 底壁 6 6 1 側に放熱させやすいことに加え、安定して発熱部 6 a を DDC ケース 6 6 に固定することができる。すなわち、DC-DC コンバータ 6 の保持構造は、発熱部 6 a を安定して DDC ケース 6 6 に固定しつつ、発熱部 6 a の放熱性を確保することができる。

[0412] DDC ケース 6 6 は、例えば冷媒が流通可能な冷媒流路を有する冷却器に熱接触して用いられる。しかし、これに限られず、DDC ケース 6 6 自体が冷媒流路を有するものを採用し、DDC ケース 6 6 自体が冷却器を構成してもよい。DDC ケース 6 6 は、熱伝導性、及び、ノイズを遮蔽する性質を有する。DDC ケース 6 6 は、金属からなる。それゆえ、発熱部 6 a から DDC ケース 6 6 に伝達した熱を、DDC ケース 6 6 外部或いは DDC ケース 6 6 に形成された冷媒流路を流れる冷媒に伝達させやすい。本実施形態において、DDC ケース 6 6 は、アルミニウムからなる。

[0413] DDC ケース 6 6 は、前述のごとく、DDC 底壁 6 6 1、DDC 側壁 6 6 2、及び DDC 対向壁 6 6 3 を有する。図 103 に示すごとく、DDC 側壁 6 6 2 は、Z 方向に互いに対向する一对の第一側壁 6 6 2 a と、X 方向及び Z 方向の双方に直交するに対向する一对の第二側壁 6 6 2 b とを有する。D

ＤＣ側壁６６２の少なくとも一部は、発熱部６ａと対向するよう配されている。本実施形態において、一对の第一側壁６６２ａ及び一对の第二側壁６６２ｂは、発熱部６ａの側面と近接して対向するよう配されている。なお、一对の第一側壁６６２ａ及び一对の第二側壁６６２ｂは、発熱部６ａの側面と接していてもよい。ＤＤＣ側壁６６２は、Ｘ方向から見たとき、発熱部６ａを四方から覆うよう形成されている。すなわち、ＤＤＣ側壁６６２は、Ｘ方向から見たとき、Ｚ方向の両側及びＹ方向の両側から、発熱部６ａを覆っている。それゆえ、発熱部６ａを構成する部品から電磁ノイズが生じた場合、当該電磁のノイズがＤＤＣケース６６外部に漏れることを防ぎやすい。また、ＤＤＣケース６６の外部に配された電子部品から発せられる電磁ノイズが、ＤＤＣケース６６内部に侵入し、ＤＤＣケース６６内に配された電子部品に悪影響を及ぼすことを防ぎやすい。

[0414] 図１０１に示すごとく、ＤＤＣ底壁６６１とＤＤＣ側壁６６２とは互いに一体的に形成されている。そして、ＤＤＣ底壁６６１及びＤＤＣ側壁６６２と、ＤＤＣ対向壁６６３とは、互いに別体に構成されている。なお、これに限られず、図１０４に示すごとく、ＤＤＣ側壁６６２とＤＤＣ対向壁６６３とを一体に形成し、ＤＤＣ側壁６６２及びＤＤＣ対向壁６６３と、ＤＤＣ底壁６６１とを別体に構成することもできる。本実施形態において、ＤＤＣ底壁６６１、ＤＤＣ側壁６６２、及びＤＤＣ対向壁６６３は、いずれもアルミニウムからなる。

[0415] 図１０１、図１０２に示すごとく、ＤＤＣ対向壁６６３は、一对の第一側壁６６２ａ、及び一对の第二側壁６６２ｂを、上側から覆っている。図１０１に示すごとく、ＤＤＣ対向壁６６３は、ＤＤＣ側壁６６２の上端面にボルト締結されている。ＤＤＣ対向壁６６３には、図示しないボルト挿通孔が形成されている。そして、ＤＤＣ対向壁６６３は、ボルト挿通孔にボルトＢＯを挿通するとともに、ＤＤＣ側壁６６２の上面に形成されたボルト螺合孔６６２ｃにボルトＢＯを螺合することにより、ＤＤＣ側壁６６２にボルト締結されている。これにより、ＤＤＣ対向壁６６３の下面とＤＤＣ側壁６６２の

上端面とは互いに圧接されている。

[0416] 図103に示すごとく、DDCケース66の内側に、発熱部6aが配されている。X方向から見たとき、発熱部6aは、一对の第一側壁662aの間、及び、一对の第二側壁662bの間に配されている。

[0417] 図101に示すごとく、発熱部6aは、DC-DCコンバータ6を構成する複数の部品を、X方向に積層した積層体600を有する。本実施形態において、積層体600は、2つの部品（例えば一次側半導体部品61及びトランス63）をX方向に積層してなる。ここで、積層体600における最もDDC底壁661側には、一次側半導体部品61が配されている。それゆえ、比較的発熱が大きくなりやすい一次側半導体部品61の熱を、DDC底壁661に効率的に放熱することができる。一次側半導体部品61は、DDC底壁661の上面に配されており、トランス63は一次側半導体部品61の上に配されている。一次側半導体部品61及びトランス63は、それぞれ、厚み方向をX方向とする姿勢で配されている。そして、一次側半導体部品61の下面がDDC底壁661の上面に面接触している。

前述のように、発熱部6aは、DC-DCコンバータ6を構成する複数の部品を、X方向に積層した積層体600を有する。それゆえ、最も下側の部品の熱はDDCケース66のDDC底壁661から効率的に放熱することができるとともに、最も上側の部品の熱は放熱部材68を介してDDCケース66のDDC対向壁663から効率的に放熱することができる。

[0418] 図101、図103に示すごとく、積層体600の上面に、押圧部材67が配されている。押圧部材67は、少なくともX方向に弾性変形可能に構成されている。また、押圧部材67は、少なくともX方向に熱伝導性を有する材料からなる。本実施形態において、押圧部材67は、バネであり、具体的には板バネである。図103に示すごとく、押圧部材67は、トランス63の上面に配されるとともに、Z方向に長尺に形成された第一部位671と、Z方向の第一部位671の両端から、下側に向かって延設された一对の第二部位672とを有する。第二部位672の下端部は、DDCケース66のD

D C底壁661に固定されている。そして、第一部位671は、積層体600をD D C底壁661側に向かって弾性的に押圧するよう構成されている。これにより、積層体600は、D D Cケース66のD D C底壁661と押圧部材67との間に挟持されている。

[0419] 押圧部材67の少なくとも一部は、積層体600の重心を通るX方向に延びる直線である重心線と重なるよう配されている。これにより、押圧部材67は、積層体600の重心を、下側に向かって押圧している。それゆえ、押圧部材67によって、積層体600を安定的に保持しやすい。本実施形態において、押圧部材67の第一部位671の一部が、積層体600の重心線上に位置している。押圧部材67の第一部位671は、Y方向におけるトランス63の上面の中央に配されている。

[0420] 図101、図103に示すごとく、X方向に直交するZ方向における、押圧部材67の両側に放熱部材68が配されている。それゆえ、放熱部材68を介した発熱部6aからD D C対向壁663への熱伝達を促進させやすい。それゆえ、発熱部6aの放熱性を向上させやすい。本実施形態において、押圧部材67は、X方向から見たとき、トランス63の上面における押圧部材67が配された領域以外の略全領域に配されている。図101に示すごとく、D D C対向壁663と発熱部6aとの間のX方向の間隔Cは、X方向に直交する方向において一定である。これにより、D D C対向壁663と発熱部6aとの間に配された放熱部材68も、X方向の間隔Cが、X方向に直交する方向において一定である。それゆえ、D D C対向壁663の下面と発熱部6aの上面との間に配される放熱部材68のX方向の長さを、X方向に直交する方向において一定にすることができる。それゆえ、発熱部6aからD D C対向壁663までの放熱性が、X方向に直交する方向においてばらつくことを抑制することができる。

[0421] 放熱部材68は、少なくともX方向に弾性変形可能に構成されている。また、放熱部材68は、少なくともX方向に熱伝導性を有する材料からなる。本実施形態において、放熱部材68は、シリコンゴムからなる。そして、放

熱部材 68 は、DDC 対向壁 663 と積層体 600 との間において弾性的に圧縮されている。これにより、放熱部材 68 は、DDC 対向壁 663 と積層体 600 とに密着している。

[0422] なお、本形態において、放熱部材 68 は、発熱部 6a を DDC 底壁 661 側に若干押圧している。押圧部材 67 は、放熱部材 68 よりも強い力で発熱部 6a を DDC 底壁 661 側に押圧する。また、押圧部材 67 は、DDC 対向壁 663 に接触してもしなくてもよいが、押圧部材 67 が DDC 対向壁 663 に接触している場合、発熱部 6a の熱は、押圧部材 67 を介しても DDC 対向壁 663 に伝達される。しかし、本形態において、押圧部材 67 はバネであり、押圧部材 67 と DDC 対向壁 663 及び発熱部 6a との接触面積を稼ぎ難い。そこで、本実施形態においては、X 方向から見たとき、押圧部材 67 と重ならない領域の少なくとも一部に、発熱部 6a と DDC 対向壁 663 との双方に接触する放熱部材 68 を配しており、放熱部材 68 において、発熱部 6a から DDC 対向壁 663 への放熱性を向上させている。

[0423] DC-DC コンバータ 6 の保持構造は、以上に示したものに限られない。以下、説明する。

[0424] <DC-DC コンバータ 6 の保持構造（その 2）>

図 105、図 106 に示すごとく、積層体 600 において X 方向に隣接する部品間に、熱伝導性を有する伝熱部材 69 を配置してもよい。伝熱部材 69 は、DDC ケース 66 に熱接触している。

[0425] 伝熱部材 69 は、板状を呈しており、その厚み方向が X 方向となる姿勢で配されている。図 105 に示すごとく、伝熱部材 69 の下面は一次側半導体部品 61 の上面に面接触しており、伝熱部材 69 の上面はトランス 63 の下面に面接触している。本構成において、伝熱部材 69 は、銅からなる。

[0426] 図 106 に示すごとく、X 方向から見たとき、積層体 600 は伝熱部材 69 の内側に位置するよう配される。伝熱部材 69 の端縁は、DDC 側壁 662 に熱接触している。また、図示は省略するが、伝熱部材 69 は DDC 側壁 662 に固定されている。

[0427] 本構成においては、発熱部 6 a の熱を、伝熱部材 6 9 を介して DDC ケース 6 6 に放熱することもできる。それゆえ、発熱部 6 a から DDC ケース 6 6 への放熱経路を増やすことができ、発熱部 6 a の放熱性を向上させることができる。

[0428] また、積層体 6 0 0 を構成する 1 つの部品から、積層体 6 0 0 を構成する他の部品に向かって放射される電磁ノイズを伝熱部材 6 9 によって遮蔽することができる。

[0429] <DC-DC コンバータ 6 の保持構造（その 3）>

図 1 0 7、図 1 0 8 に示すごとく、DDC ケース 6 6 内に 2 つの積層体 6 0 0 を配置してもよい。

[0430] 図 1 0 7 に示すごとく、第二積層体 6 0 2 は、二次側半導体部品 6 2 及びその上側に配されたチョークコイル 6 4 を積層してなる。第二積層体 6 0 2 においても、二次側半導体部品 6 2 は、積層体 6 0 0 における最も DDC 底壁 6 6 1 側に配されている。そして、二次側半導体部品 6 2 の下面は、DDC ケース 6 6 の DDC 底壁 6 6 1 の上面に面接触している。

[0431] そして、第一積層体 6 0 1 及び第二積層体 6 0 2 のそれぞれの上面に、押圧部材 6 7 及び放熱部材 6 8 が配されている。

[0432] <DC-DC コンバータ 6 の保持構造（その 4）>

図 1 0 9 に示すごとく、基本構成を構成 3 と同様としつつ、各積層体 6 0 0 における DDC 対向壁 6 6 3 側の面が、X 方向の複数の位置に配してもよい。DDC 対向壁 6 6 3 は、DDC 対向壁 6 6 3 と発熱部 6 a との間の X 方向の間隔 C を一定とするように、DDC 底壁 6 6 1 側に向かって突出した対向突出部 6 6 3 a を有する。

[0433] 本構成においては、第一積層体 6 0 1 の X 方向の長さと第二積層体 6 0 2 の X 方向の長さが異なる。本構成においては、第二積層体 6 0 2 の X 方向の長さが、第一積層体 6 0 1 の X 方向の長さよりも小さい。これに伴い、第二積層体 6 0 2 の上面の位置は、第一積層体 6 0 1 の上面の位置よりも下側である。

[0434] 対向突出部 663a は、DDC 対向壁 663 における第二積層体 602 と X 方向に対向する領域に形成されている。対向突出部 663a は、対向突出部 663a と第二積層体 602 との間の X 方向の長さを、DDC 対向壁 663 と第一積層体 601 との間の X 方向の長さと同様に形成されている。これにより、DDC 対向壁 663 と発熱部 6a との間の X 方向の間隔 C は、X 方向に直交する方向において一定である。これに伴い、第一積層体 601 の上面に配される放熱部材 68 と、第二積層体 602 の上面に配される放熱部材 68 とは、X 方向の長さが略同一になる。

[0435] 本構成においては、複数の積層体 600 の X 方向の寸法が異なる場合であっても、放熱部材 68 の X 方向の寸法を、X 方向に直交する方向において一定にすることができる。それゆえ、複数の積層体 600 の X 方向の寸法が異なる場合であっても、それらを均一に放熱しやすい。

[0436] <DC-DC コンバータ 6 の保持構造（その他）>

DC-DC コンバータ 6 の保持構造は、前記各構成に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の構成に適用することが可能である。例えば、前記各構成において、ケースは金属製としたが、熱伝導性を有する樹脂を採用することもできる。また、伝熱部材をケースの側壁に熱接触させた構成を示したが、伝熱部材を底壁や対向壁に熱接触させてもよい。また、発熱部は、2 以上の部品から構成したが、1 つの部品から構成してもよい。また、積層体は、2 つの部品を X 方向に積層してなる形態を示したが、3 つ以上の部品を X 方向に積層してもよい。

[0437] 本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。すなわち、本開示は、実施形態に準拠して記述されたが、本開示は、当該実施形態や構造等に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

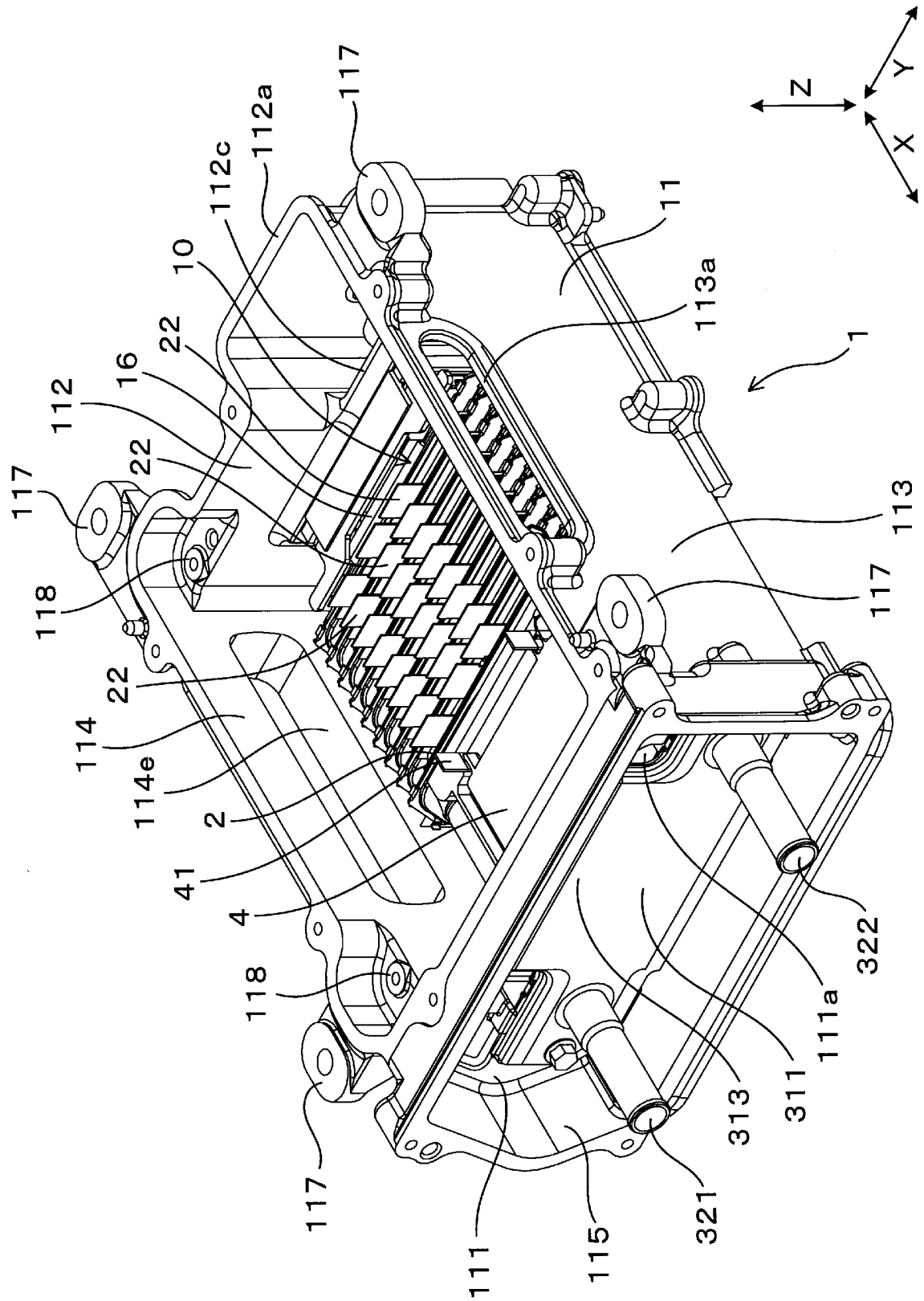
本実施形態を説明するための図面の寸法や距離等は、縮尺は正確ではないため絶対的な計量値は正確ではないが、他の部分との寸法比や距離の比などの相対的な計数値は正確になるように描かれている。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体素子（20）を内蔵した複数の半導体モジュール（2）と、
該半導体モジュールを冷却する冷媒が流れる複数の冷却管（3）とを
積層した積層体（10）と、
 上記半導体モジュールに電気接続した電子部品（4、6）と、
 該電子部品を冷却する冷却プレート（31）とを備え、
 上記積層体と上記電子部品と上記冷却プレートとは、上記積層体の
積層方向に配列しており、
 上記冷却プレートは上記冷却管と連結しており、上記冷却プレート
内に、上記積層方向に直交する方向に上記冷媒が流れるプレート内流
路（310）が形成され、
 上記冷却プレートは、上記積層方向から見たときの面積が上記冷却
管よりも大きい、電力変換装置（1）。
- [請求項2] 上記積層体を収容するケース（11）を備え、該ケースには、上記
積層方向に貫通した貫通穴（111a）が形成され、該貫通穴を上記
冷却プレートによって塞いである、請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 上記電子部品の、上記冷却プレートに対向する面積（S1）は、上
記半導体モジュールの、上記冷却管に対向する面積（S2）よりも大
きい、請求項1又は請求項2に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 第1電子部品（4）と第2電子部品（6）との、2個の上記電子部
品を備え、該2個の電子部品の上に上記冷却プレートが介在している
、請求項1～3のいずれか一項に記載の電力変換装置。

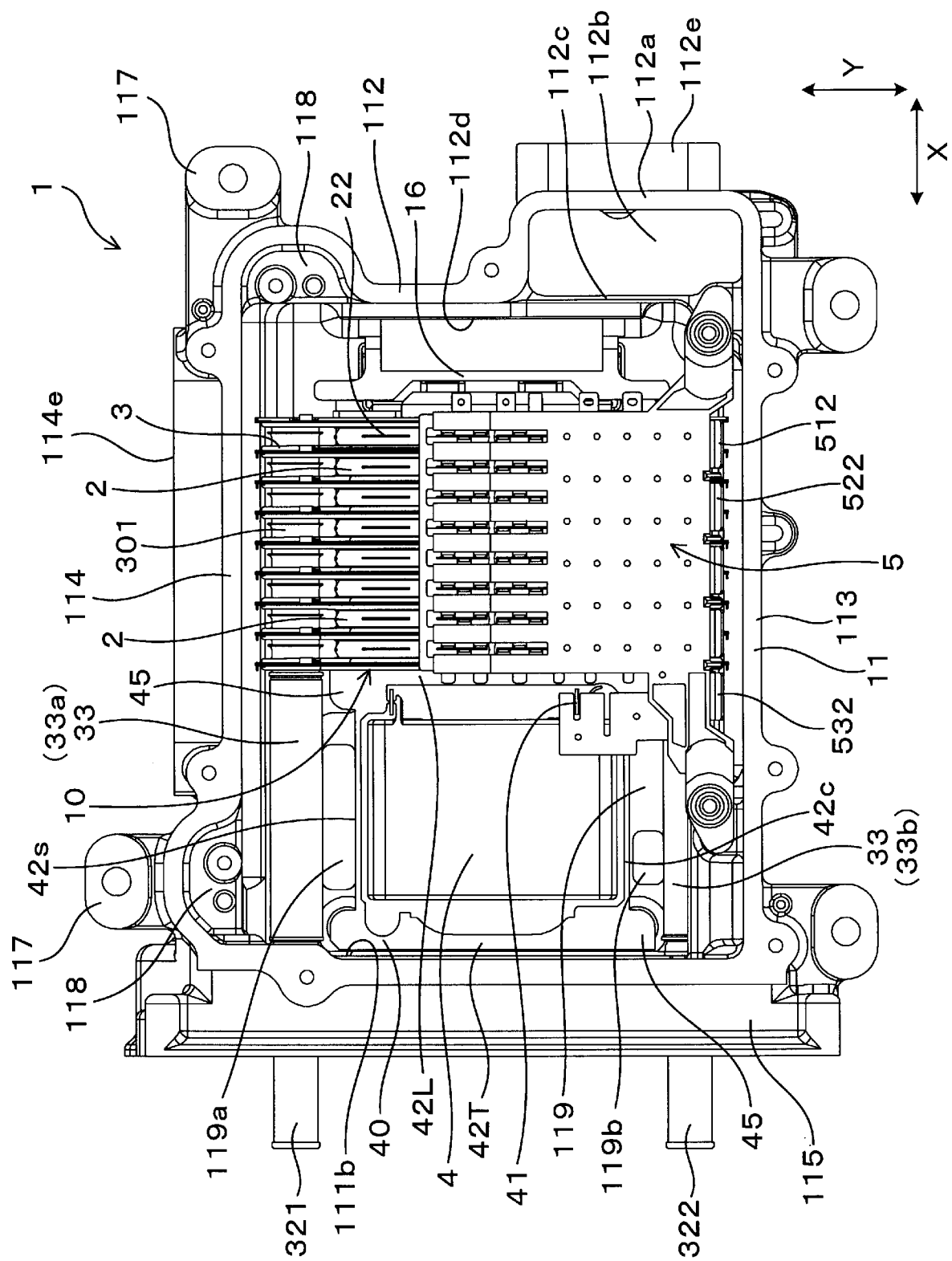
[図1]

(図1)



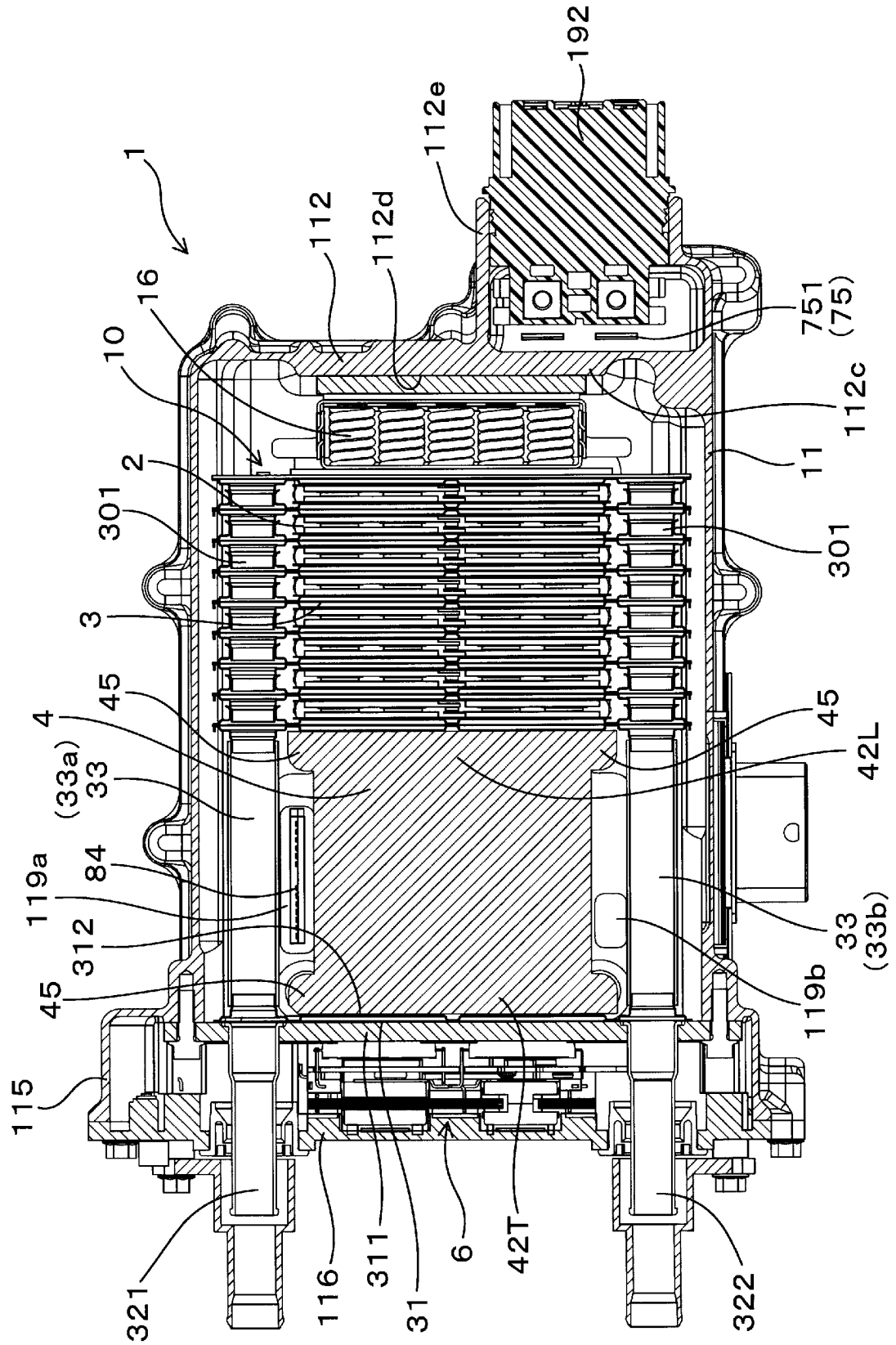
[図2]

(图 2)



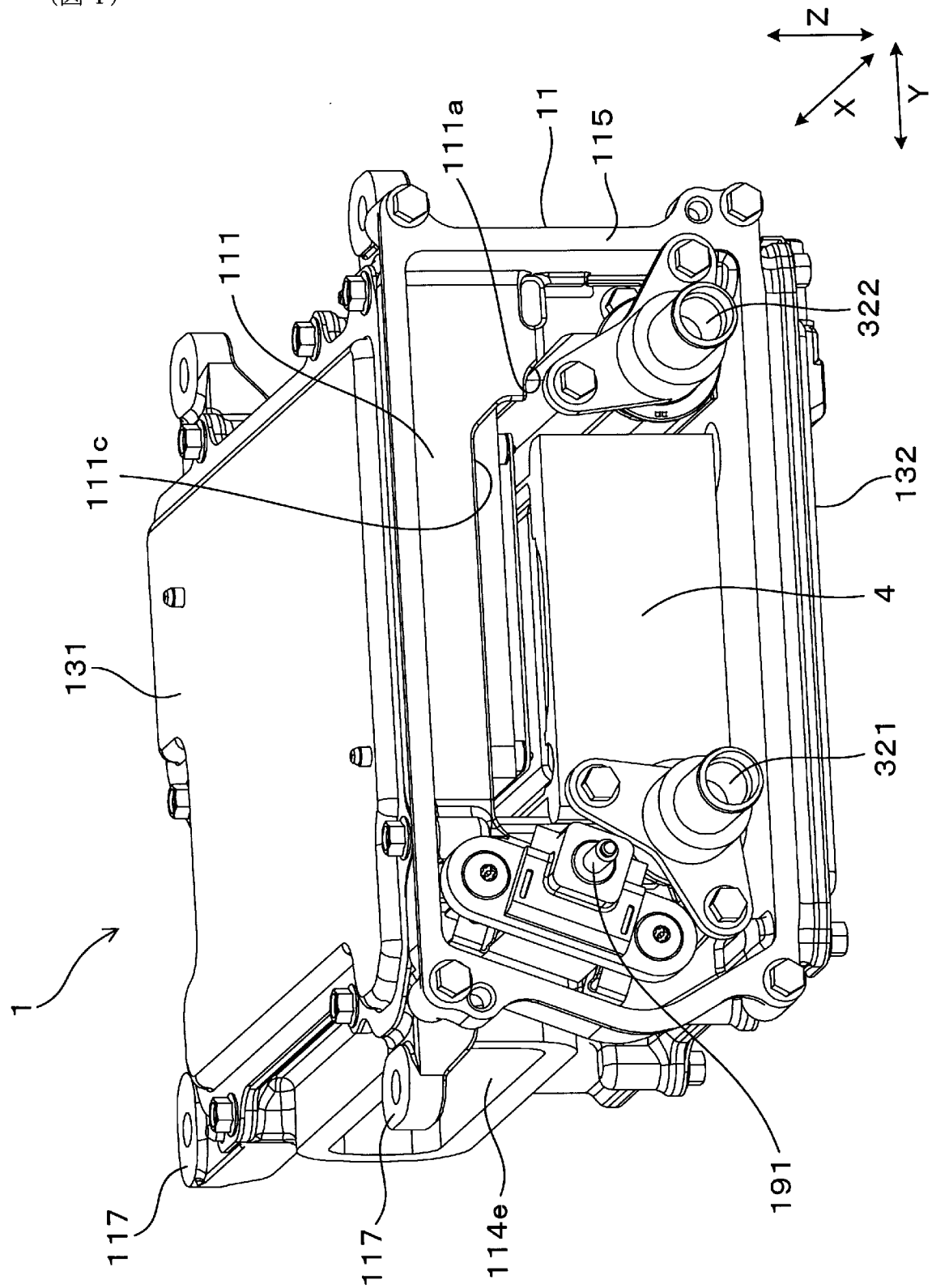
[図3]

(図3)



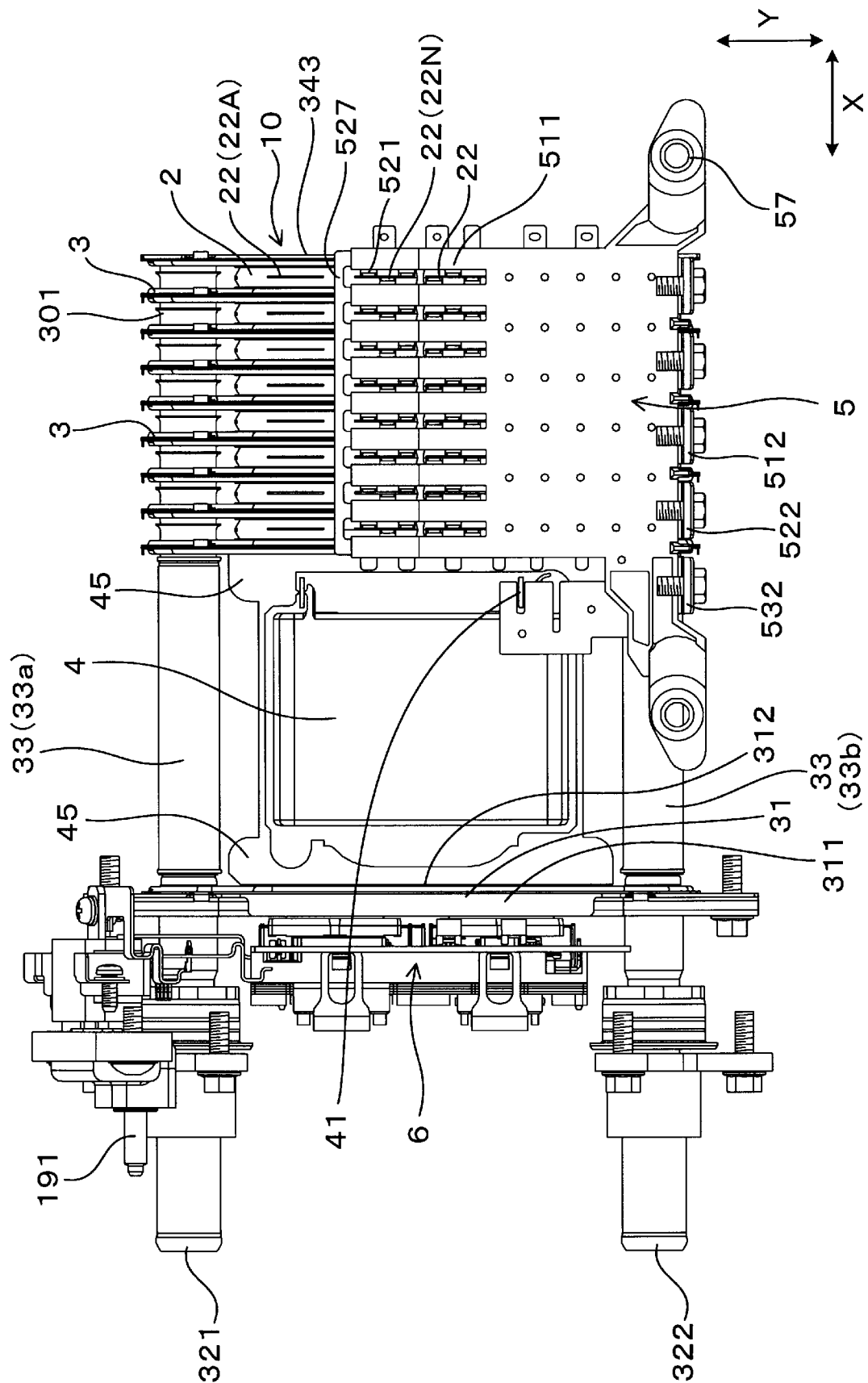
[図4]

(図4)



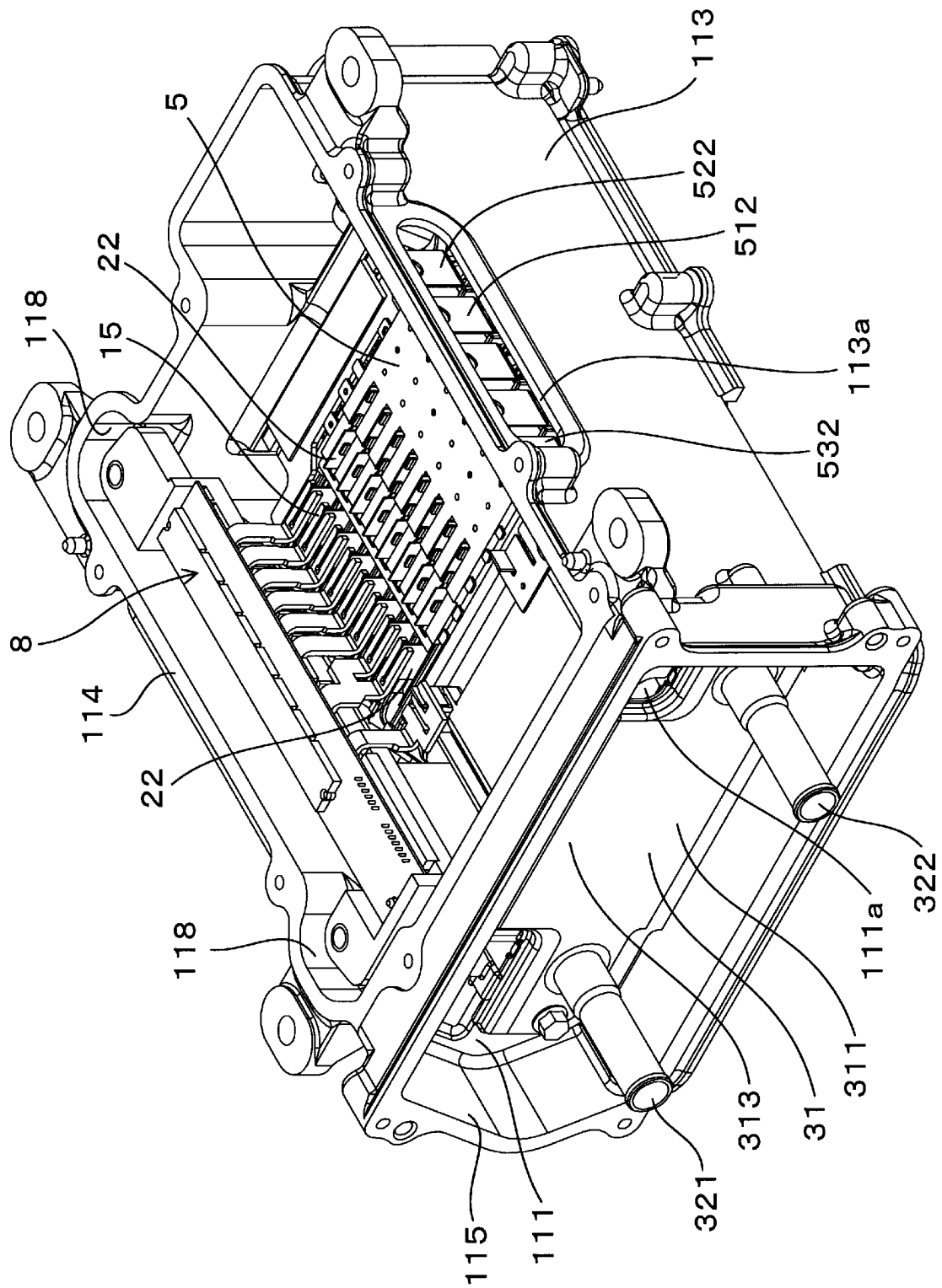
[図5]

(図5)



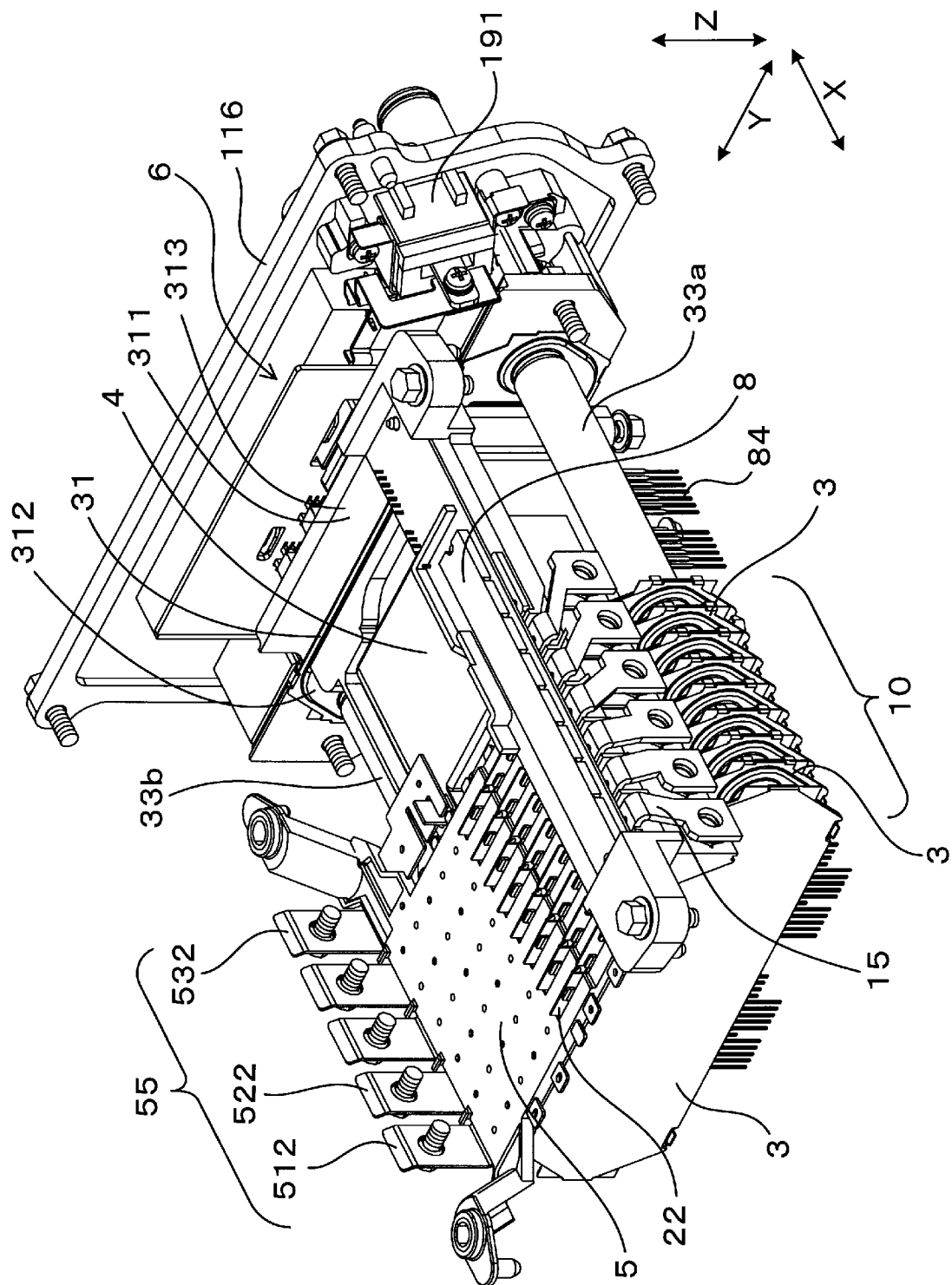
[図6]

(図6)



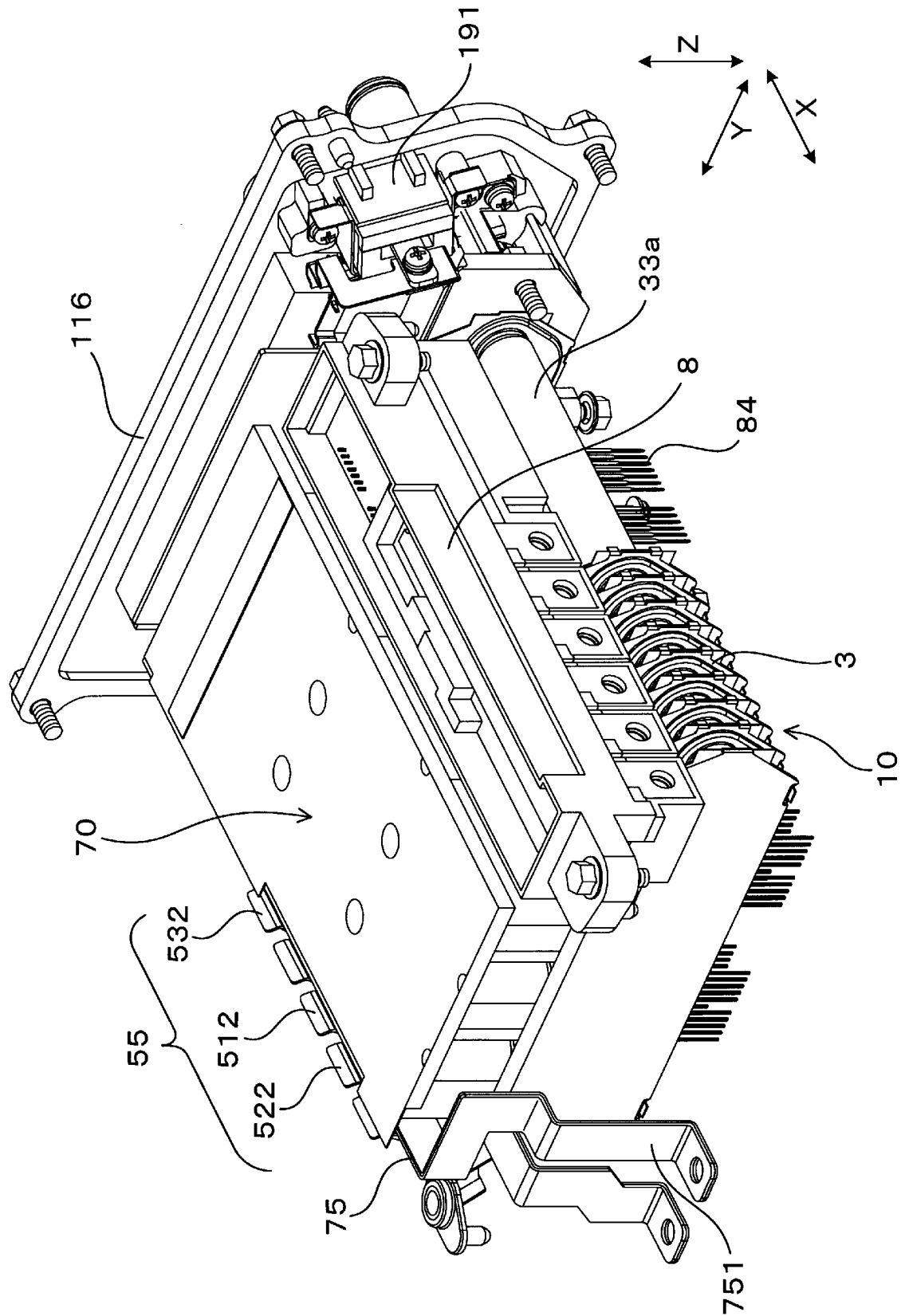
[図7]

(图 7)



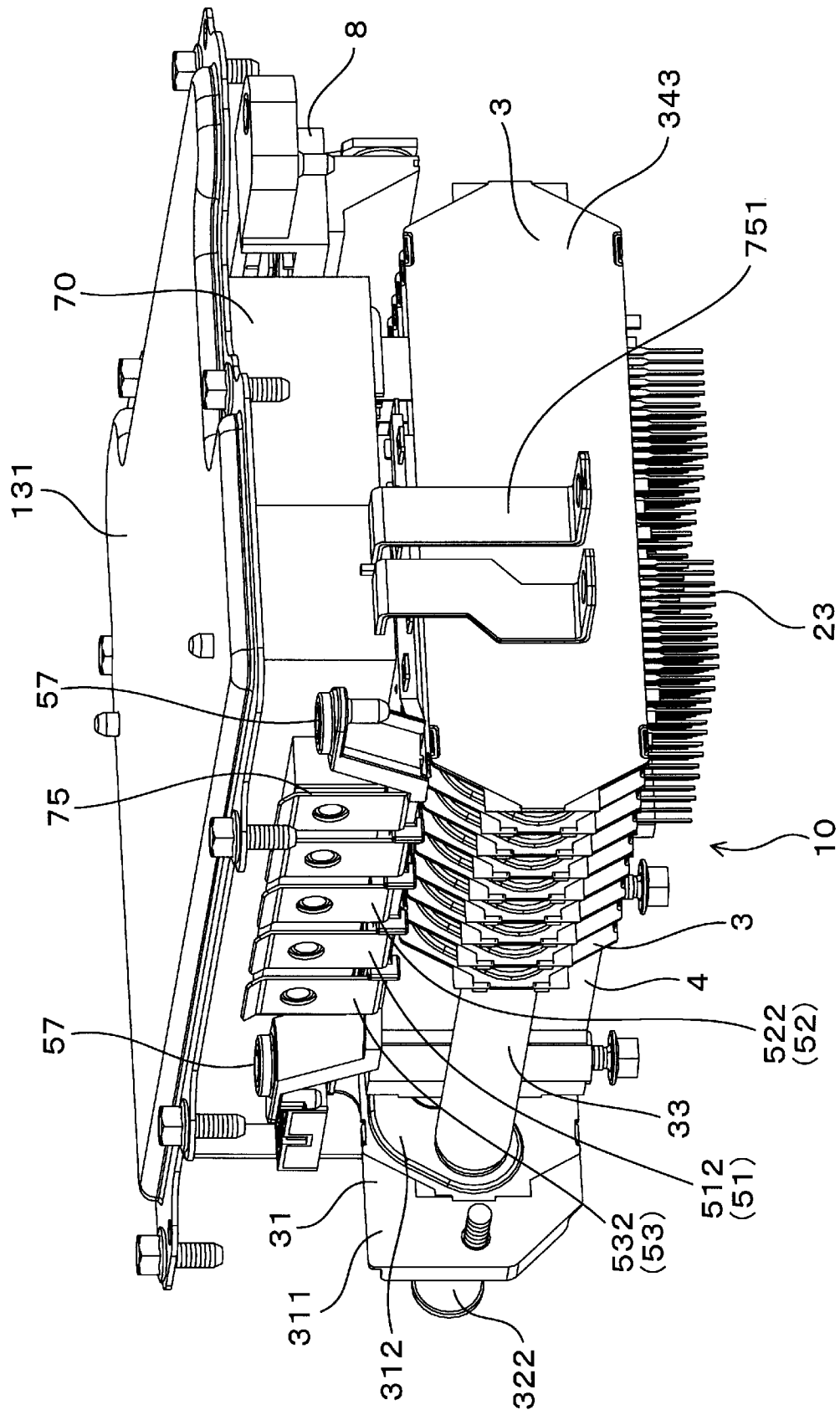
[図8]

(図8)



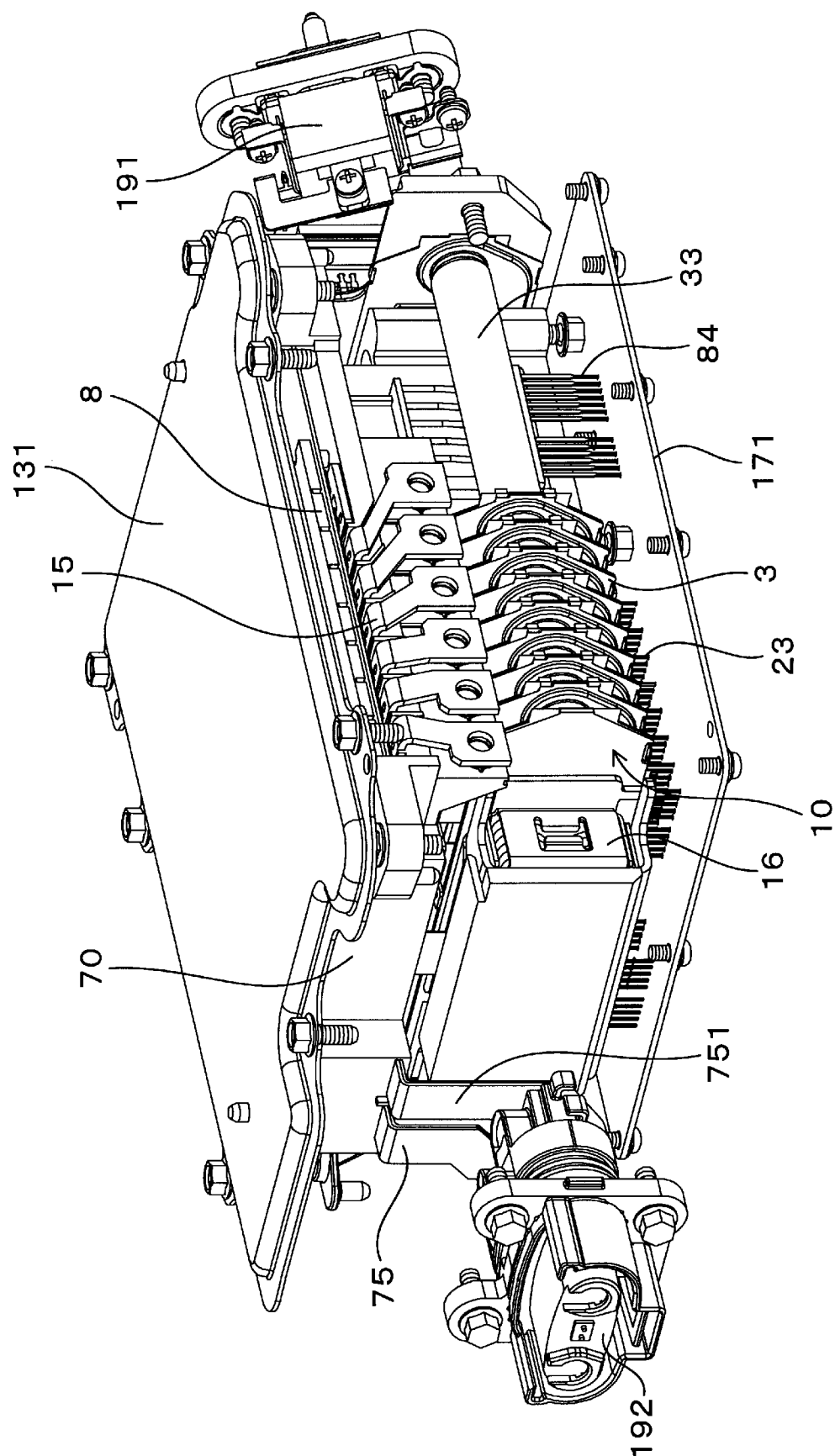
[図9]

(図 9)



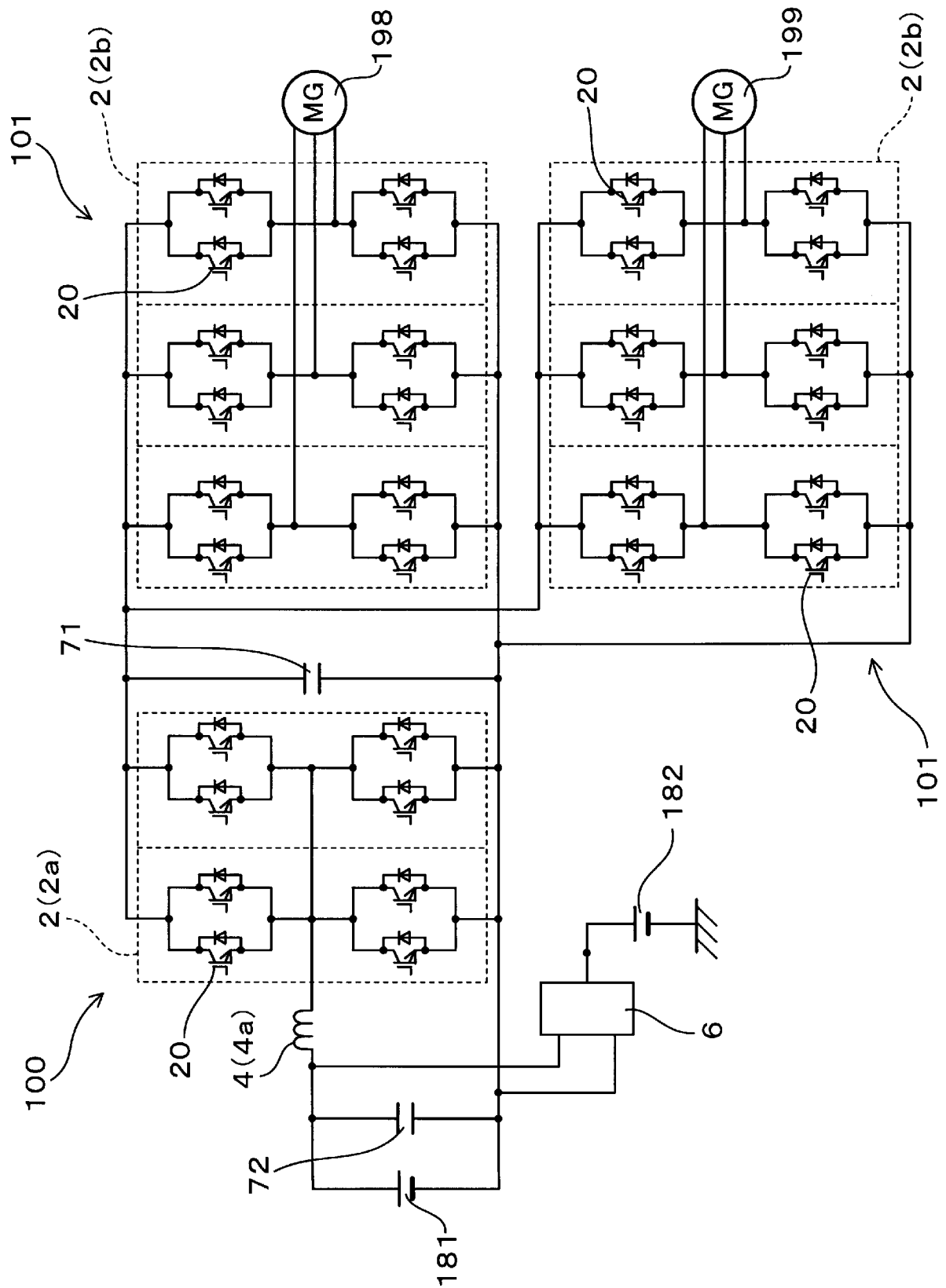
[図10]

(図10)



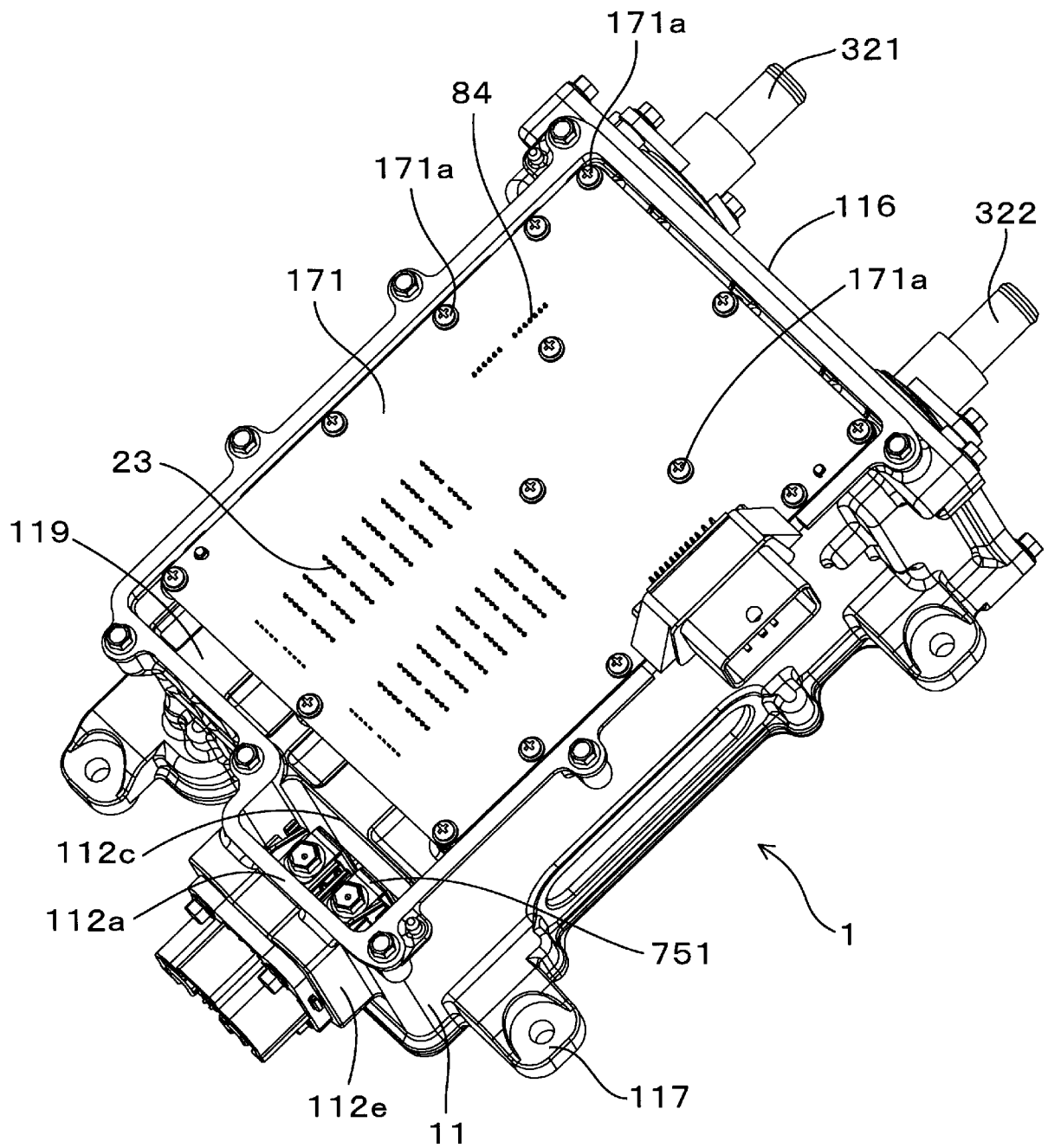
[図11]

(図 11)



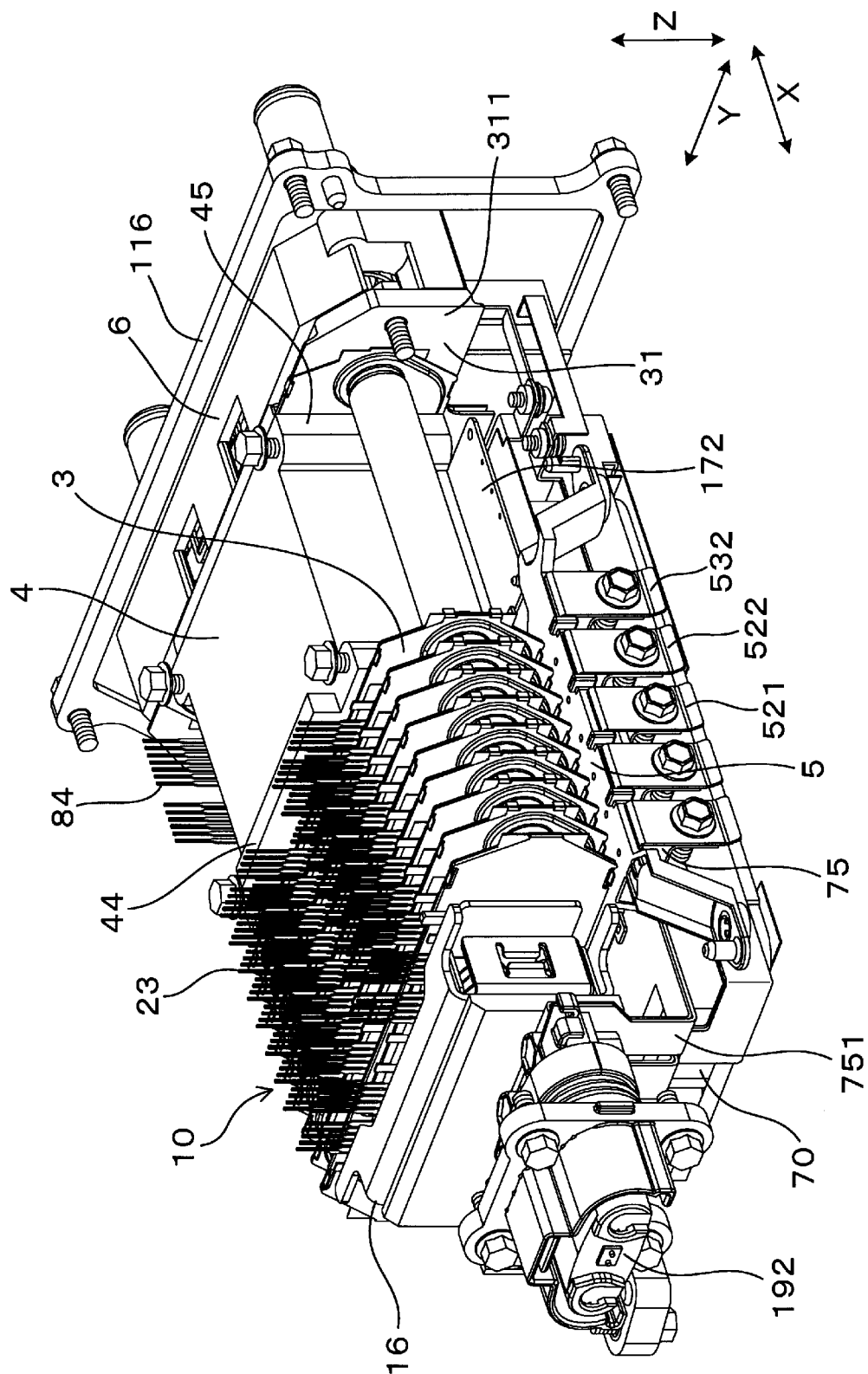
[図12]

(図12)



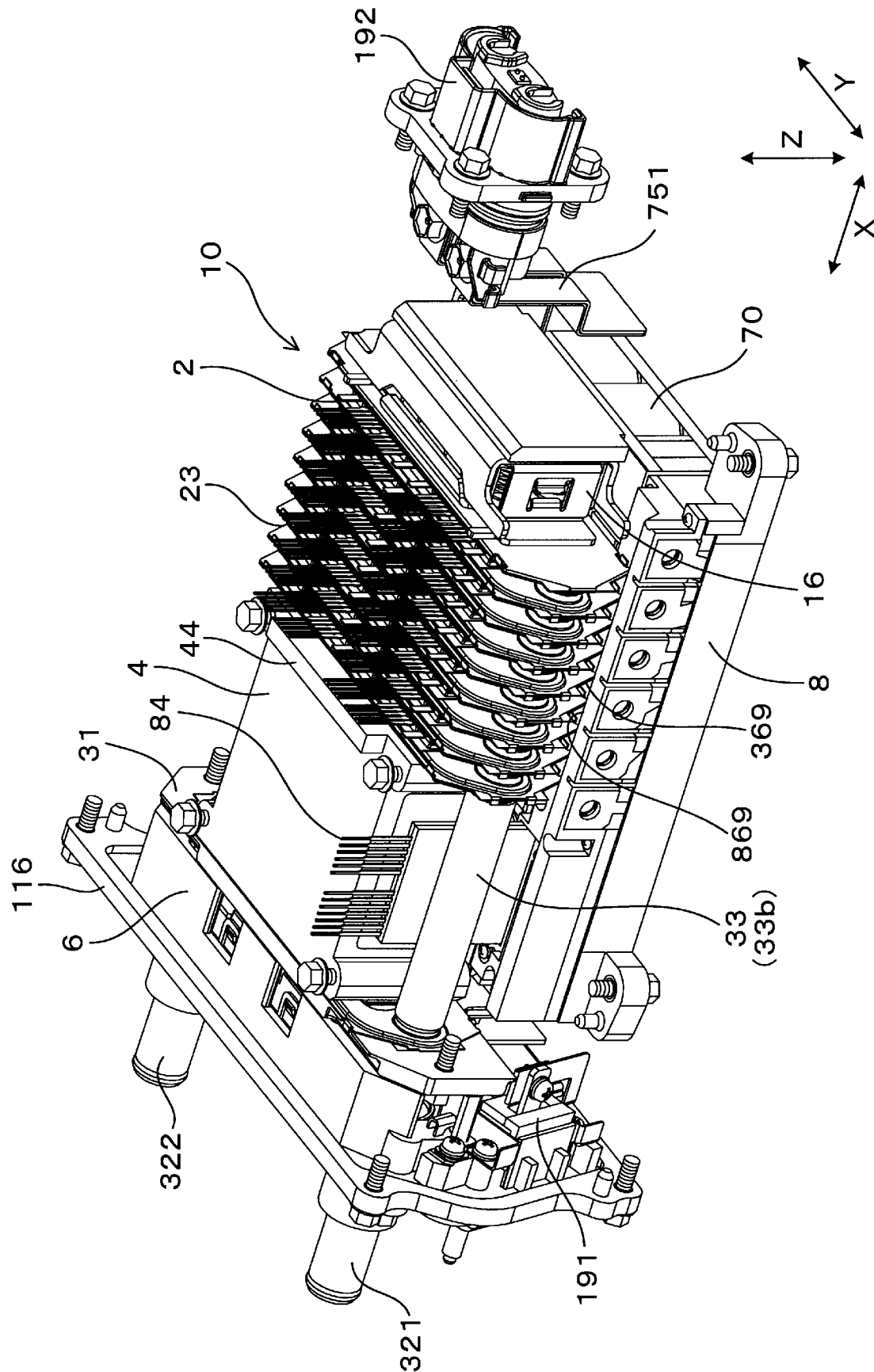
[図13]

(図13)



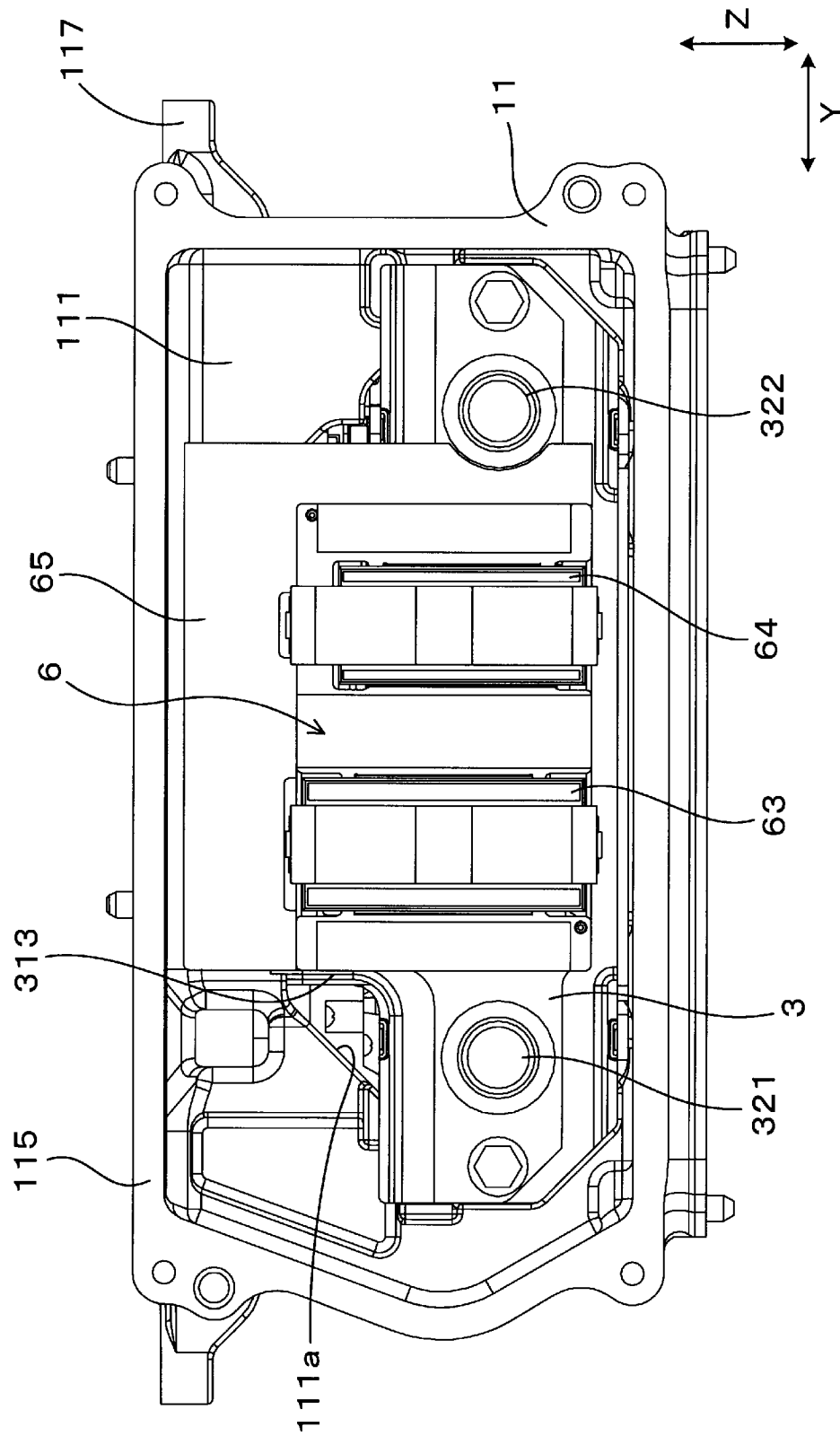
[図14]

(図14)



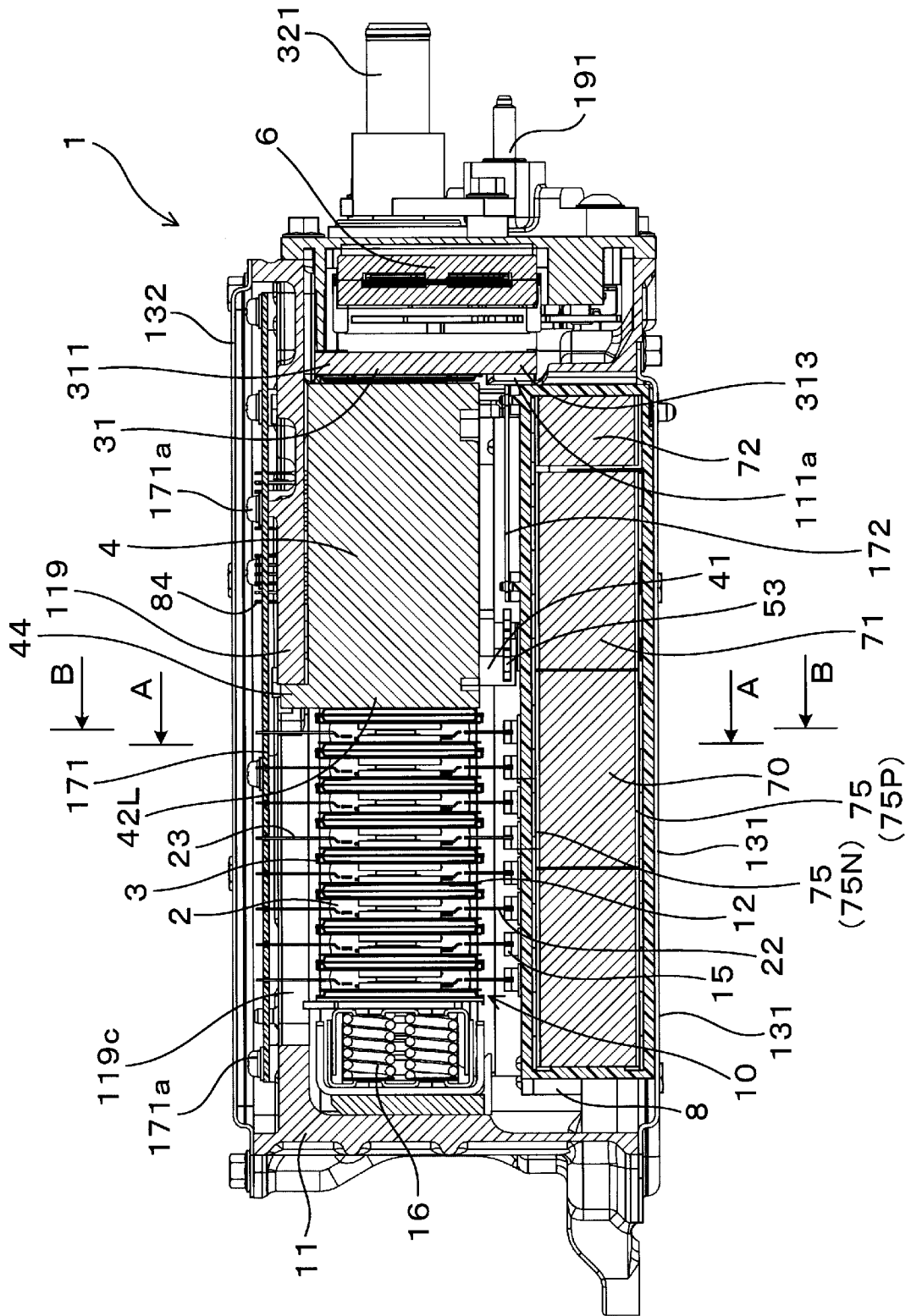
[図15]

(図 15)



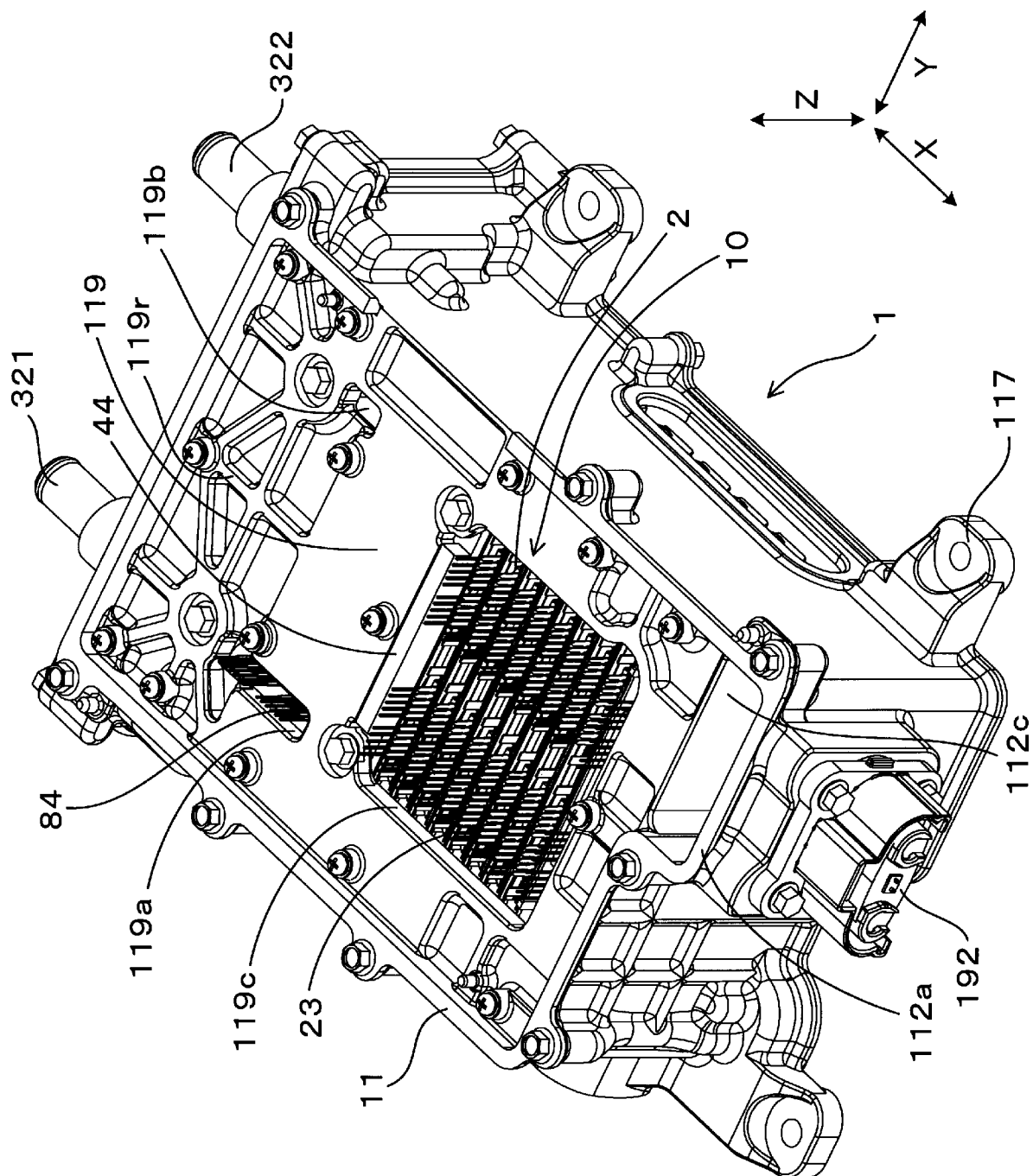
[図16]

(図 16)



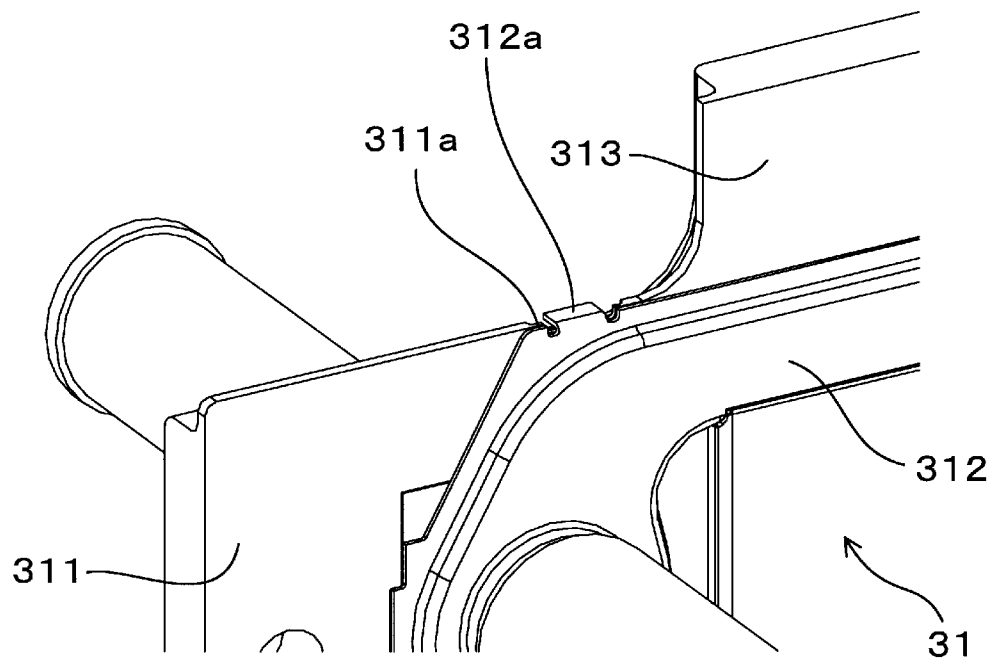
[図19]

(図19)



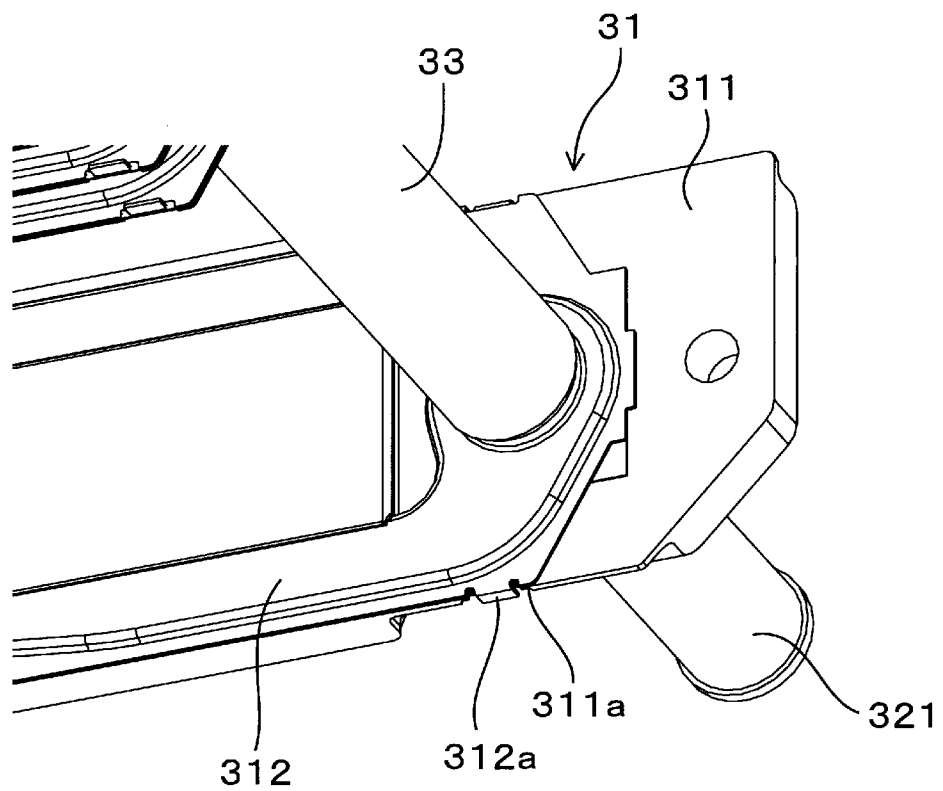
[図20]

(図20)



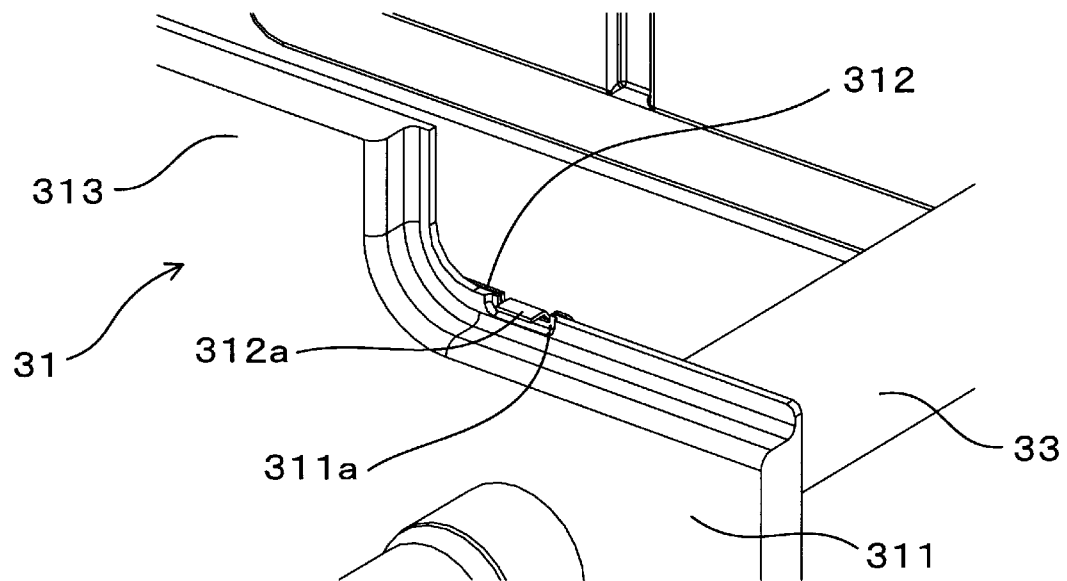
[図21]

(図21)



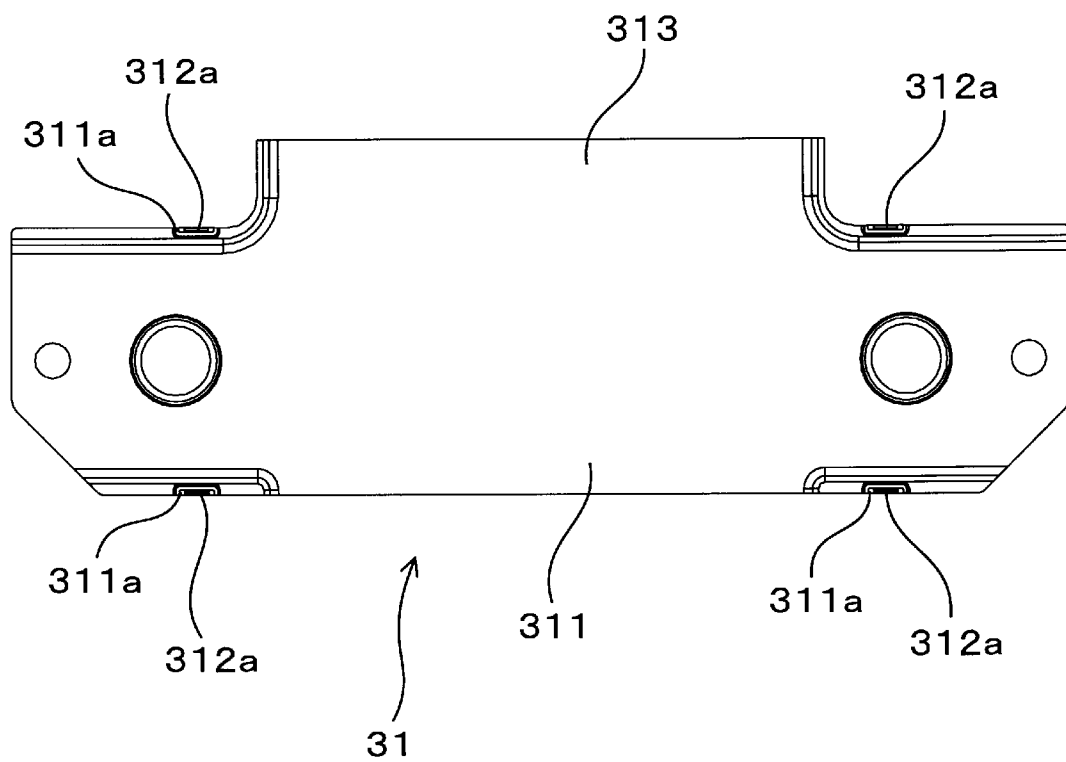
[図22]

(図 2 2)



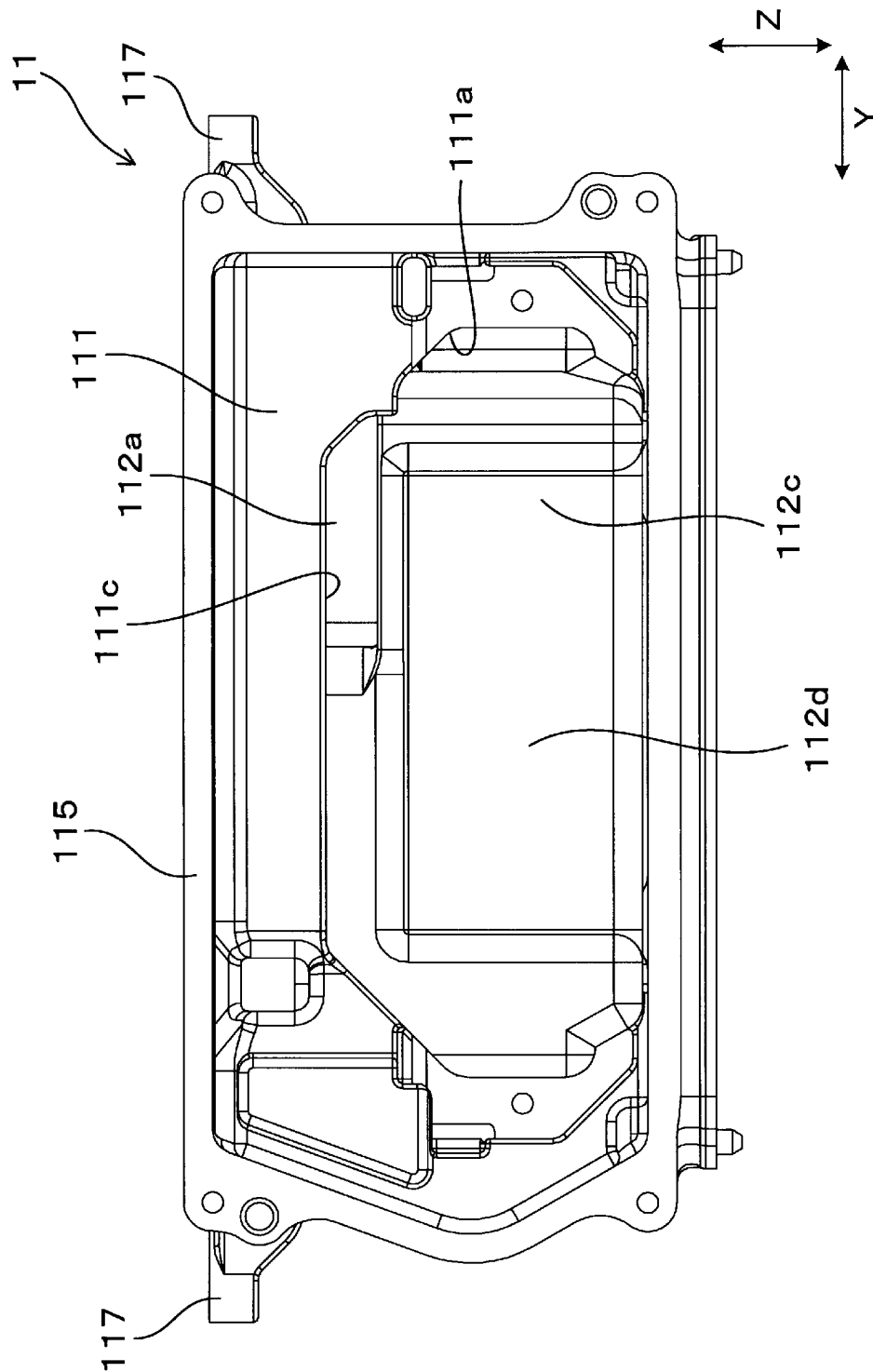
[図23]

(図 2 3)



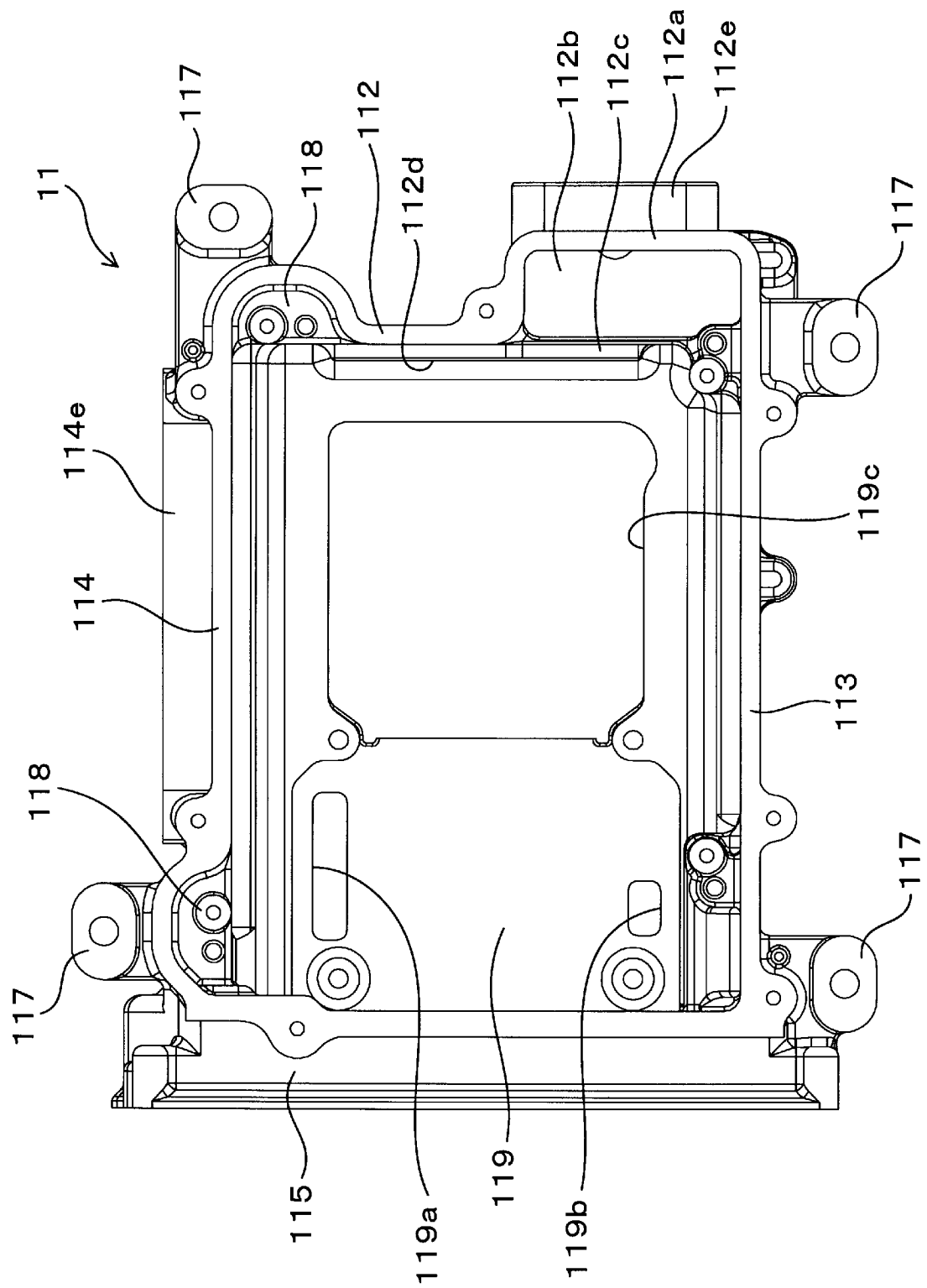
[図24]

(図 24)



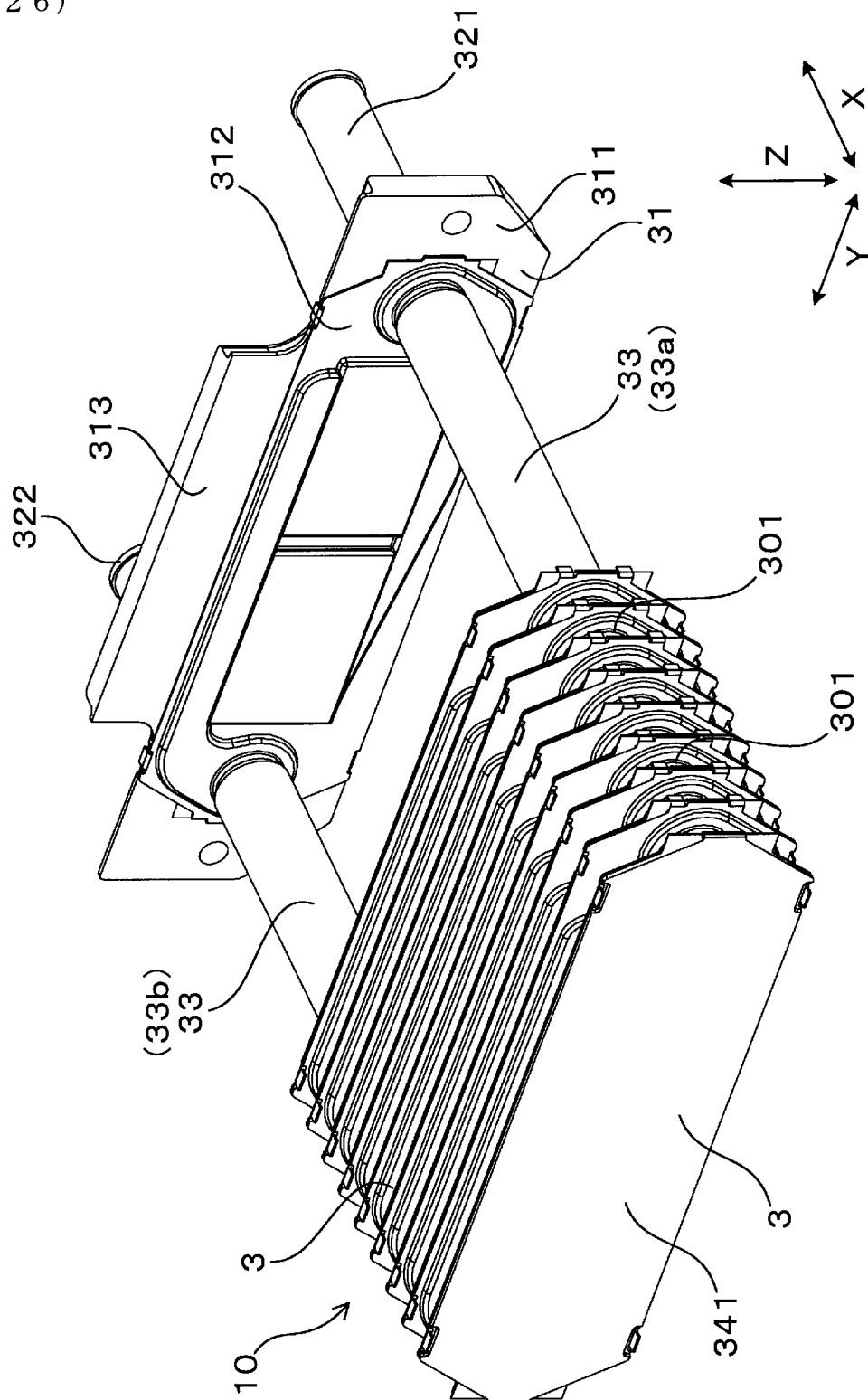
[図25]

(図 25)



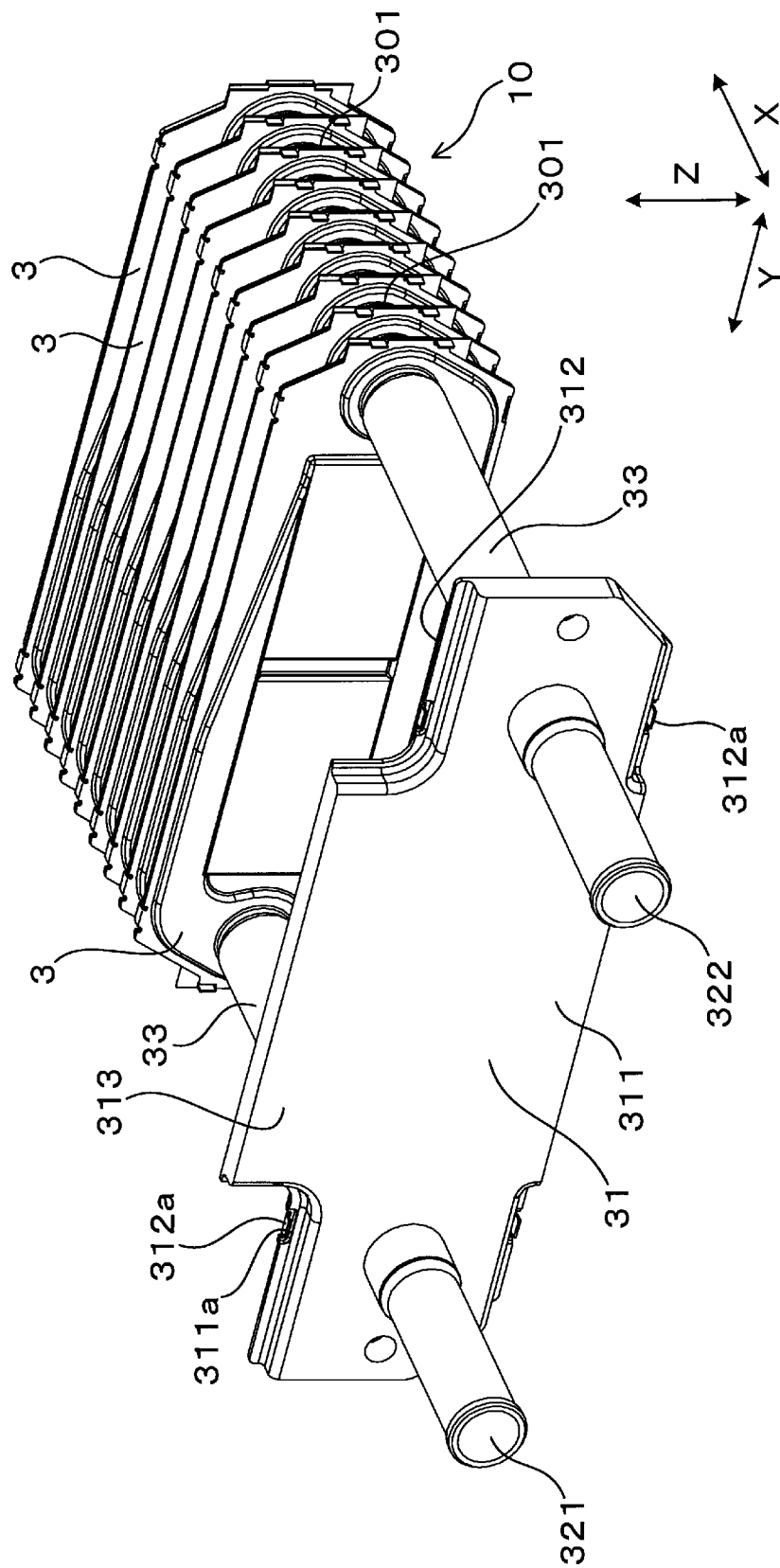
[図26]

(図 26)



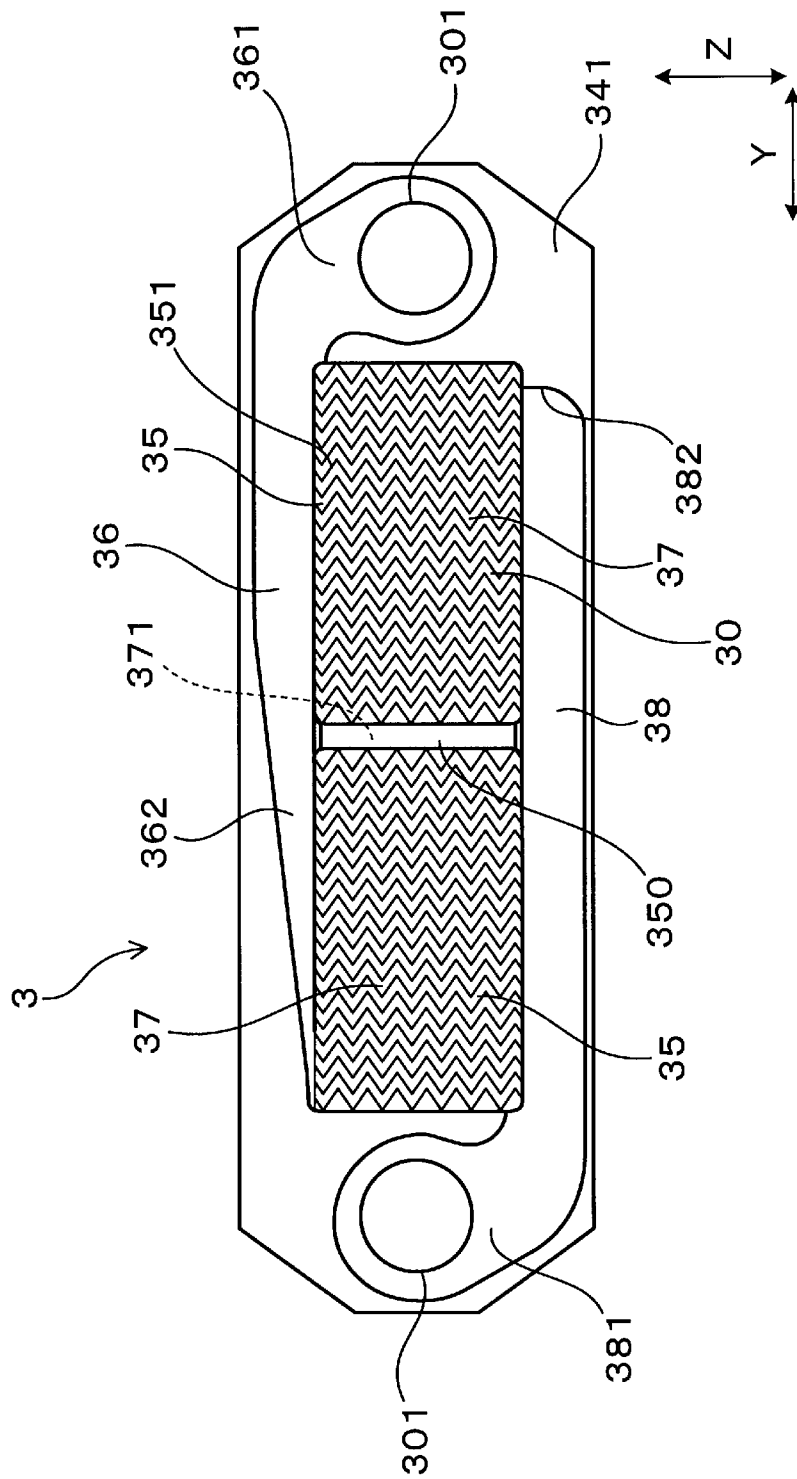
[図27]

(図 27)



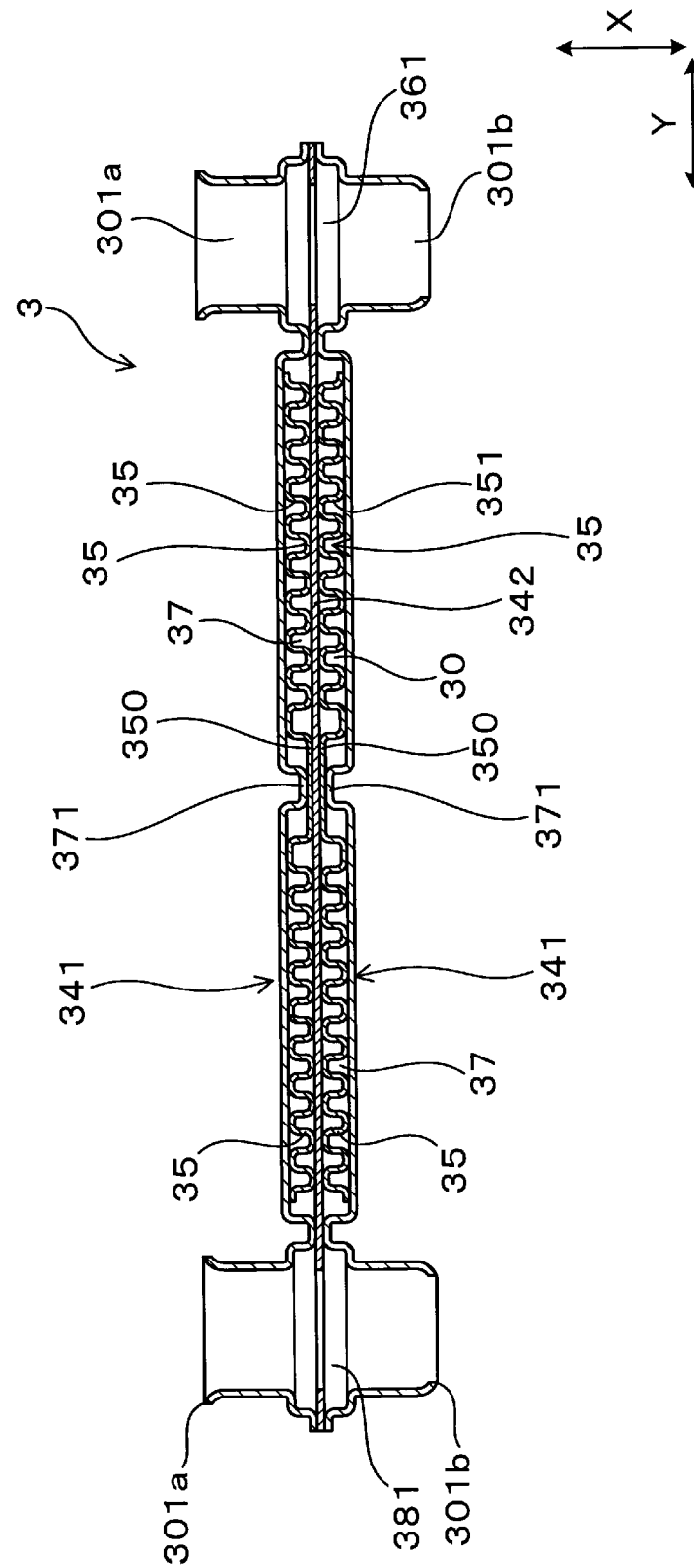
[図28]

(図 28)



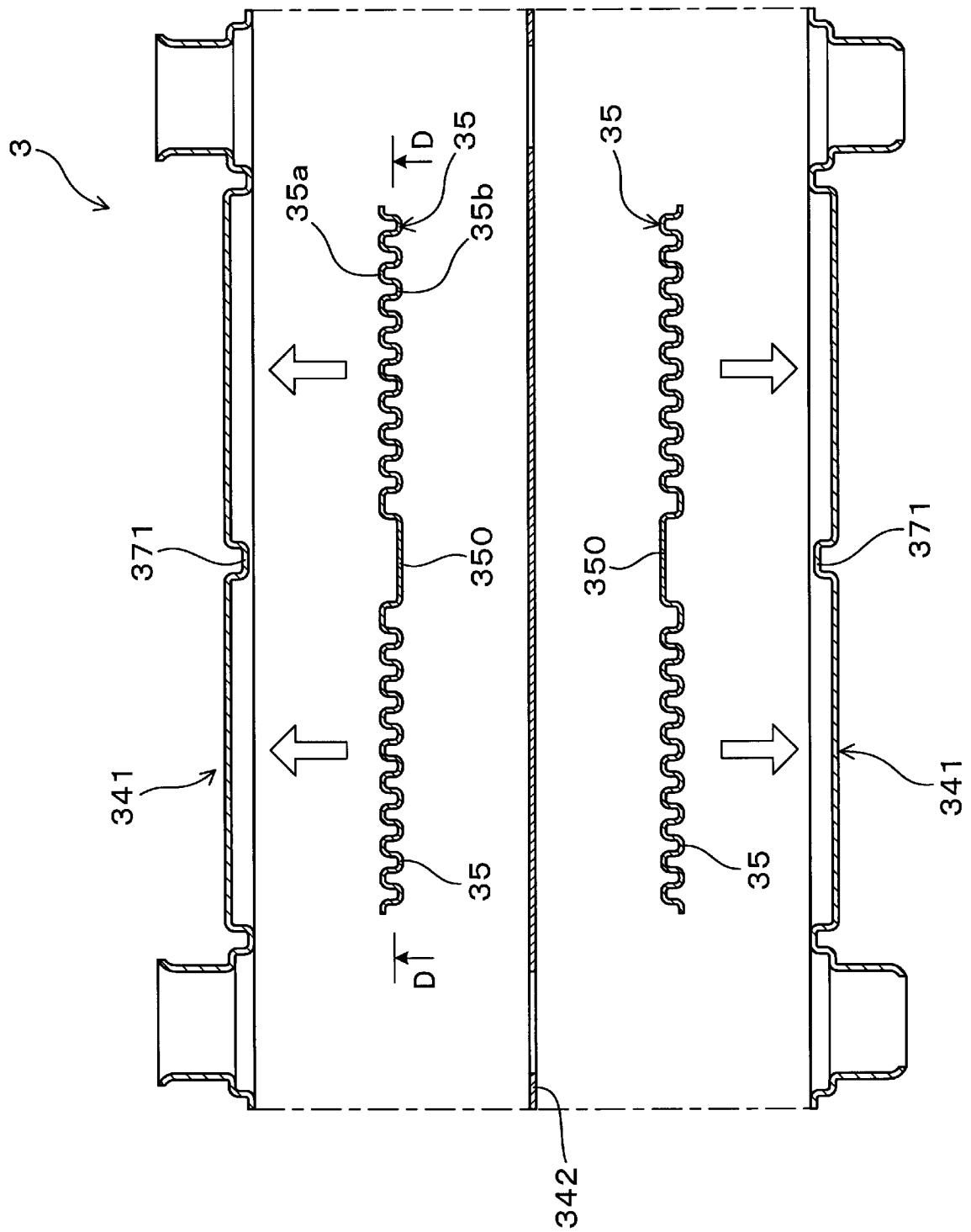
[図30]

(図30)



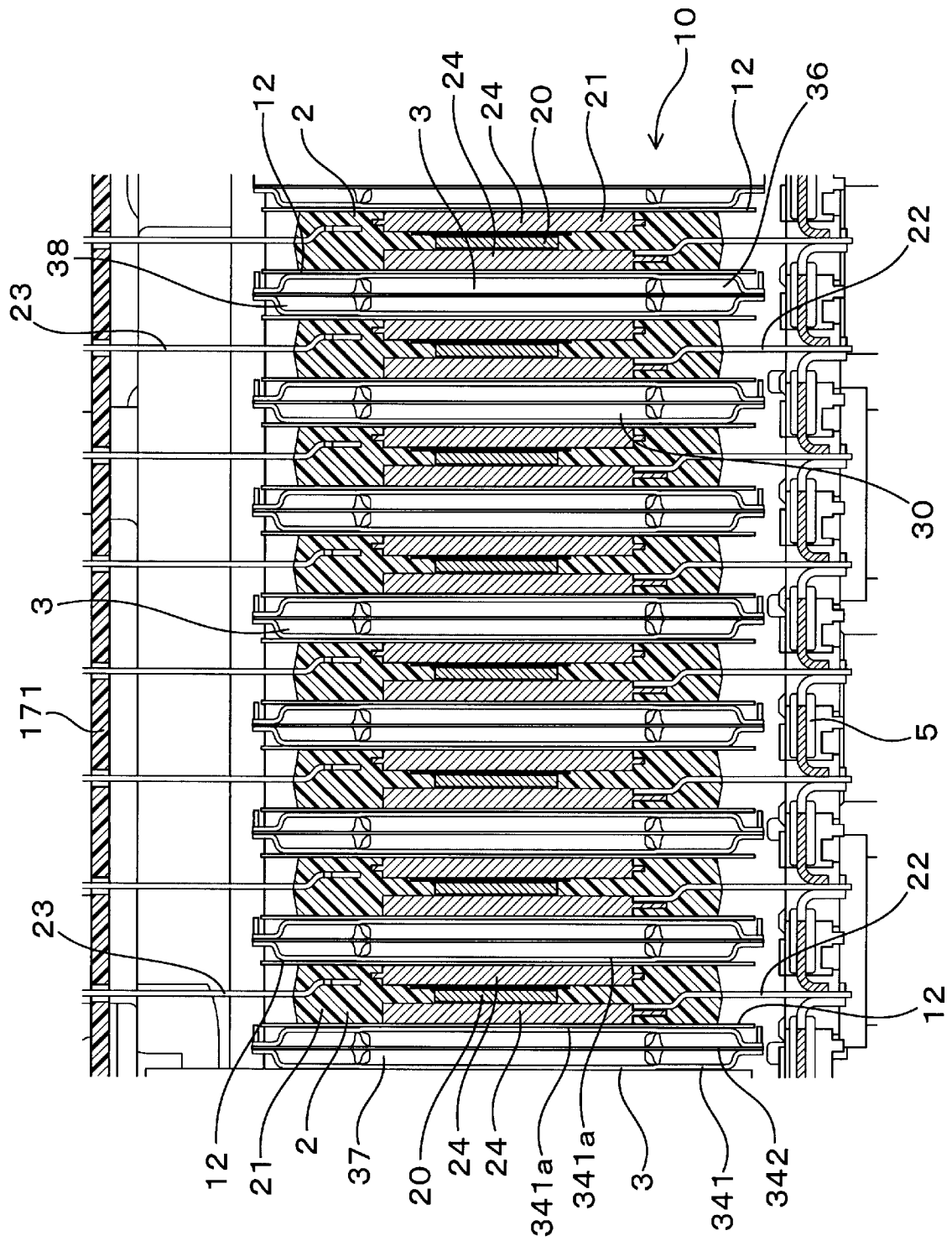
[図31]

(図31)



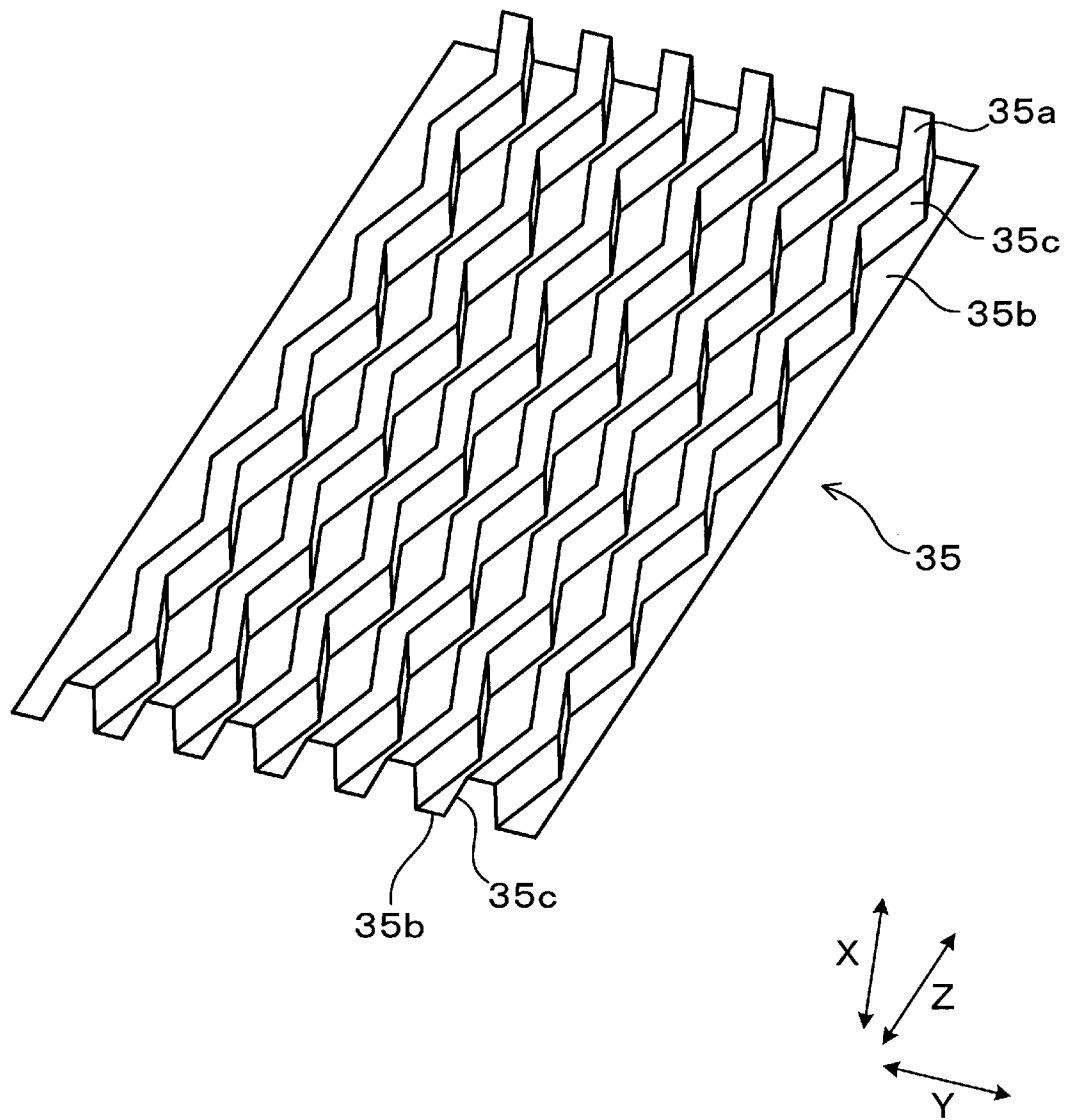
[図32]

(図32)



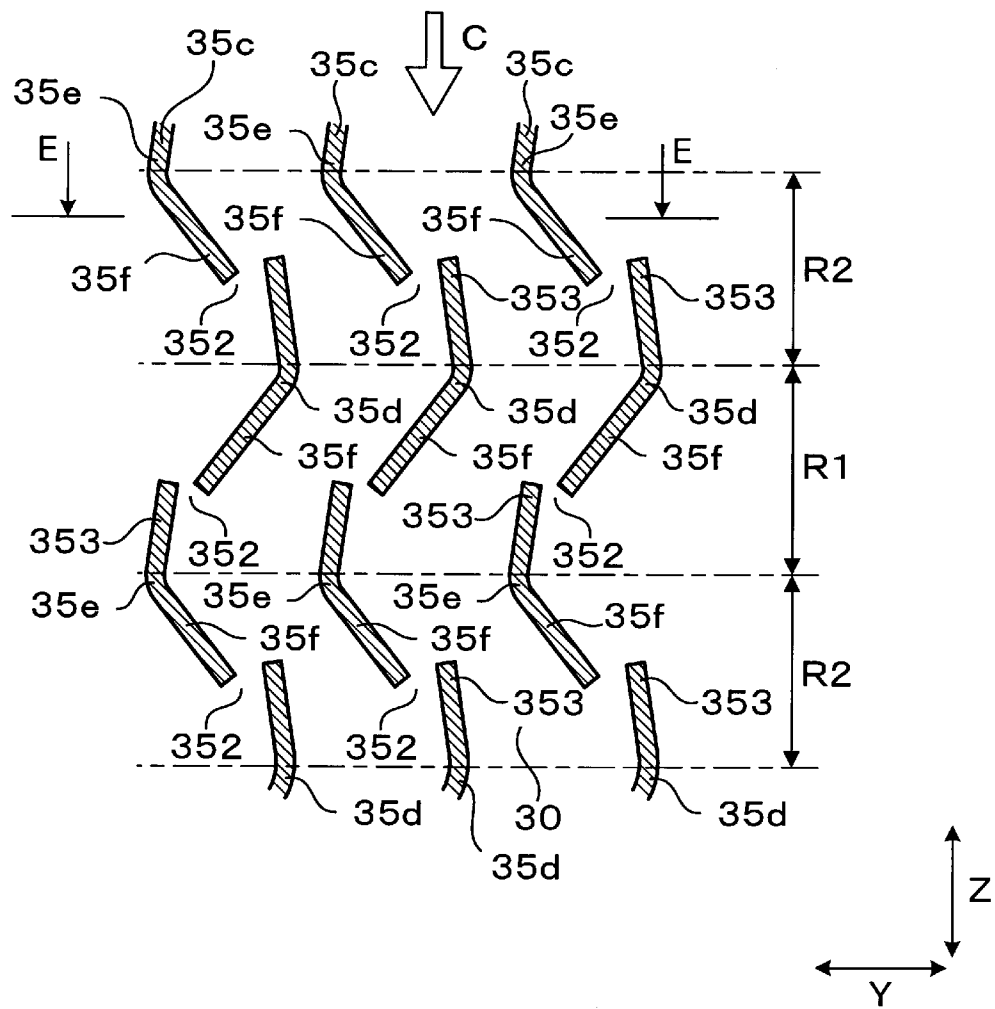
[図33]

(図 33)

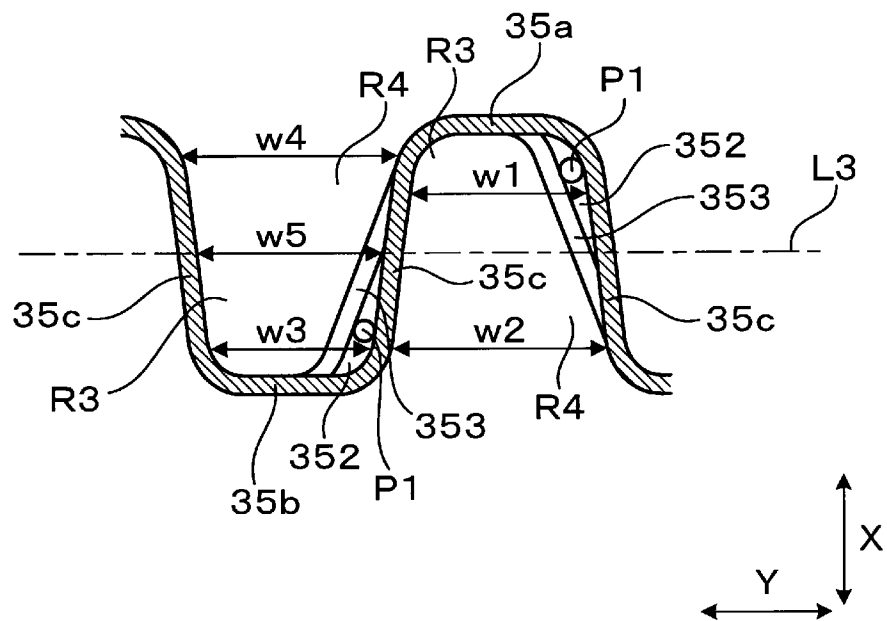
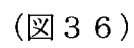


[図34]

(図34)

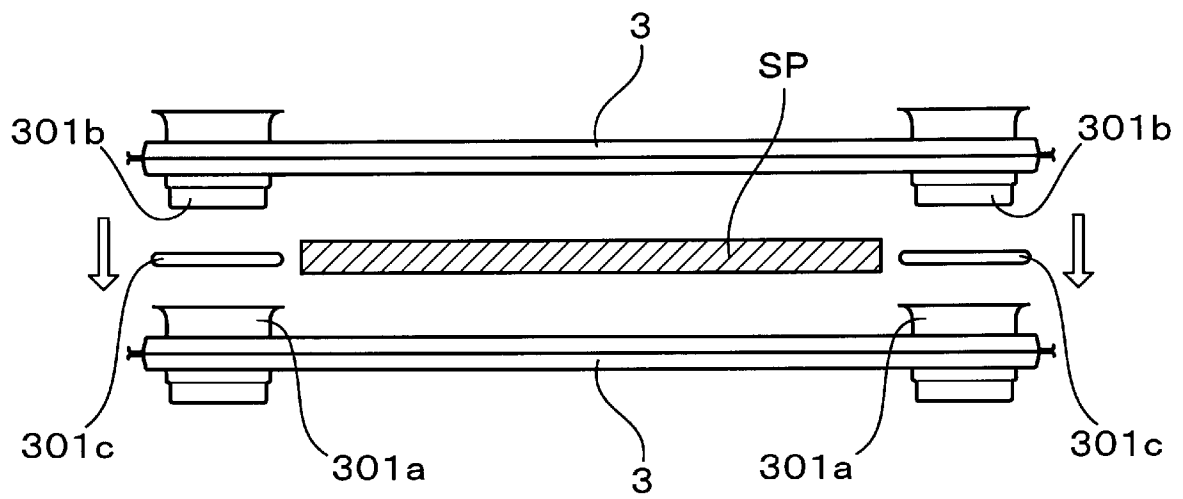


(図 3 5)



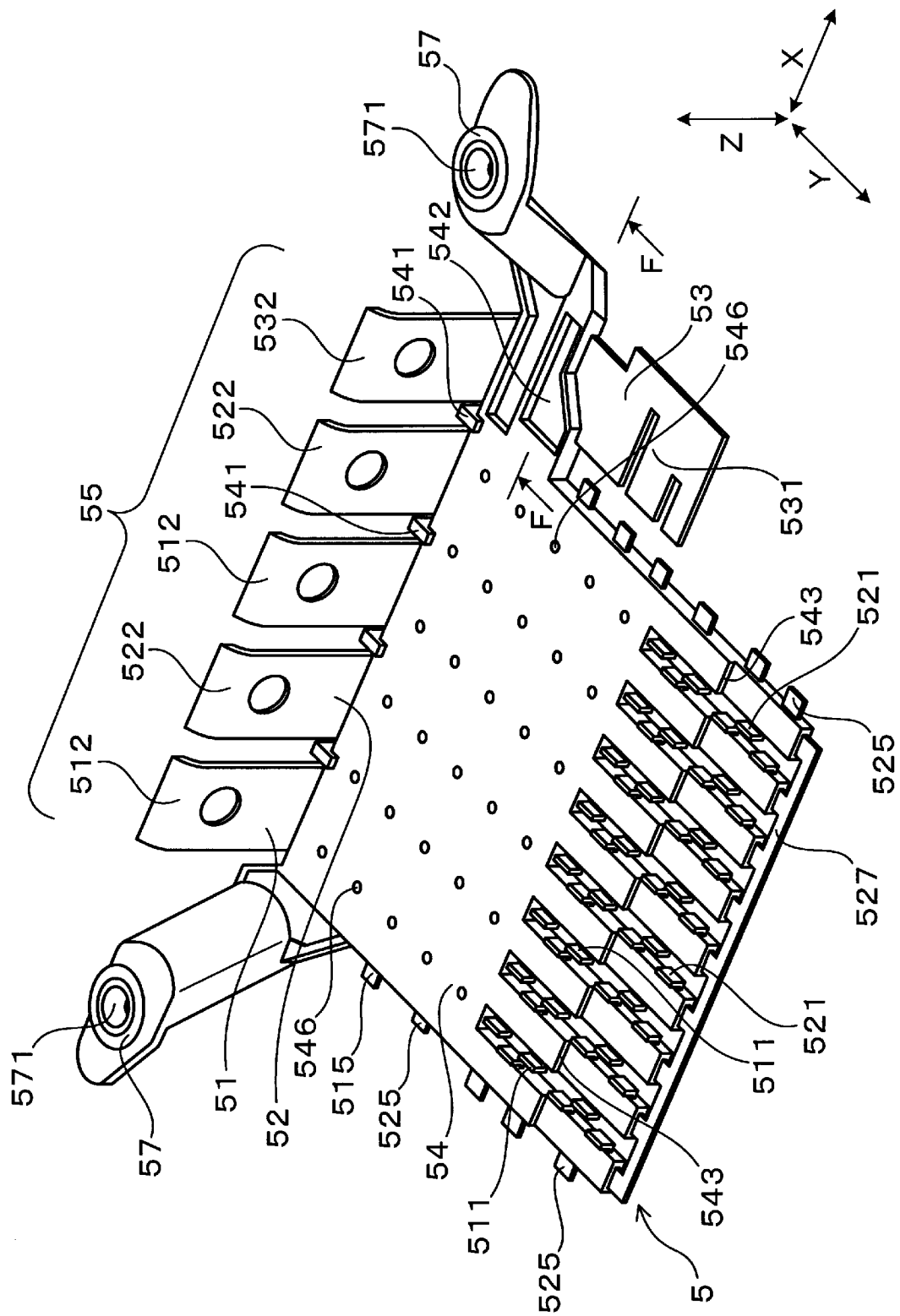
[図37]

(図 37)



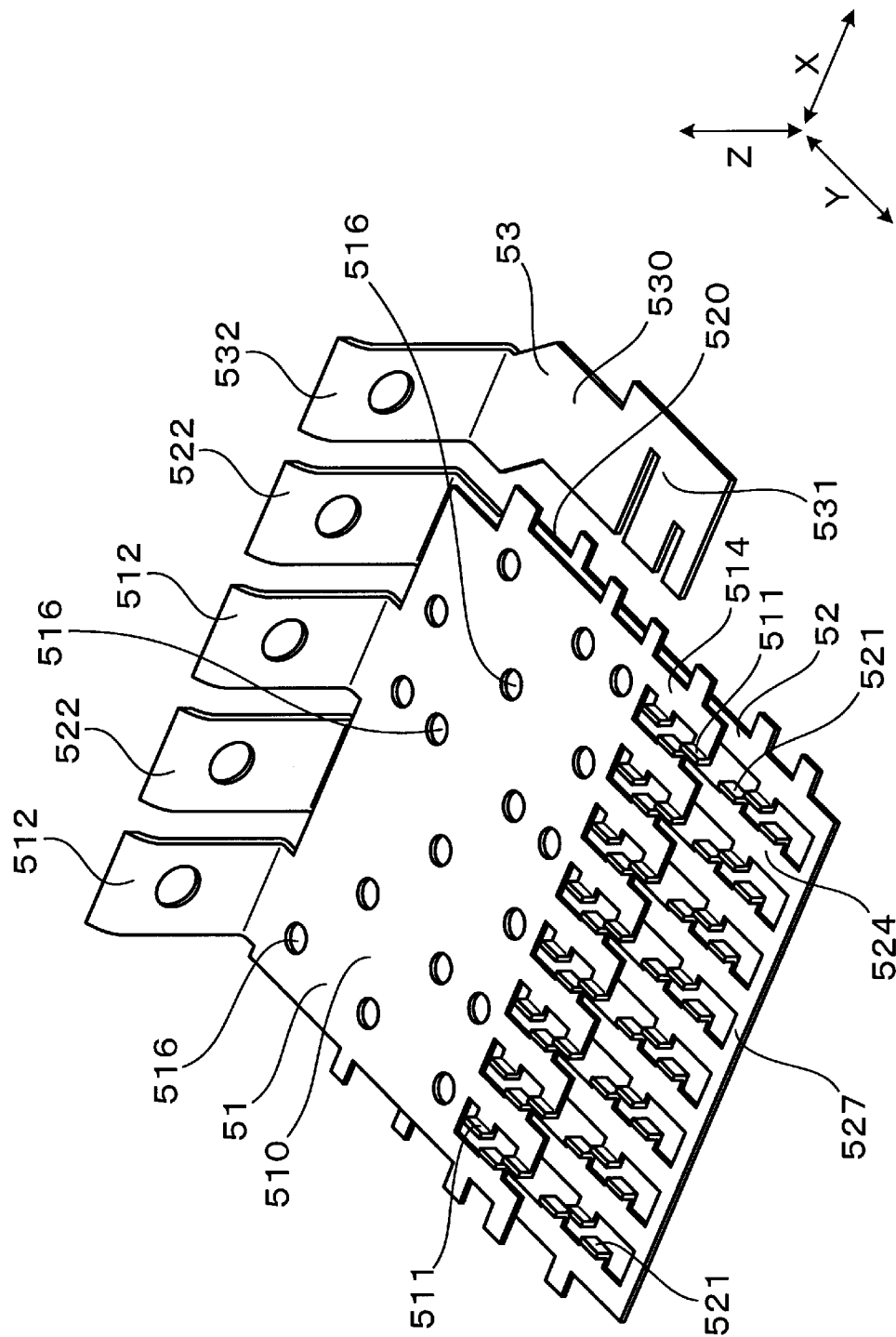
[図38]

(図 38)



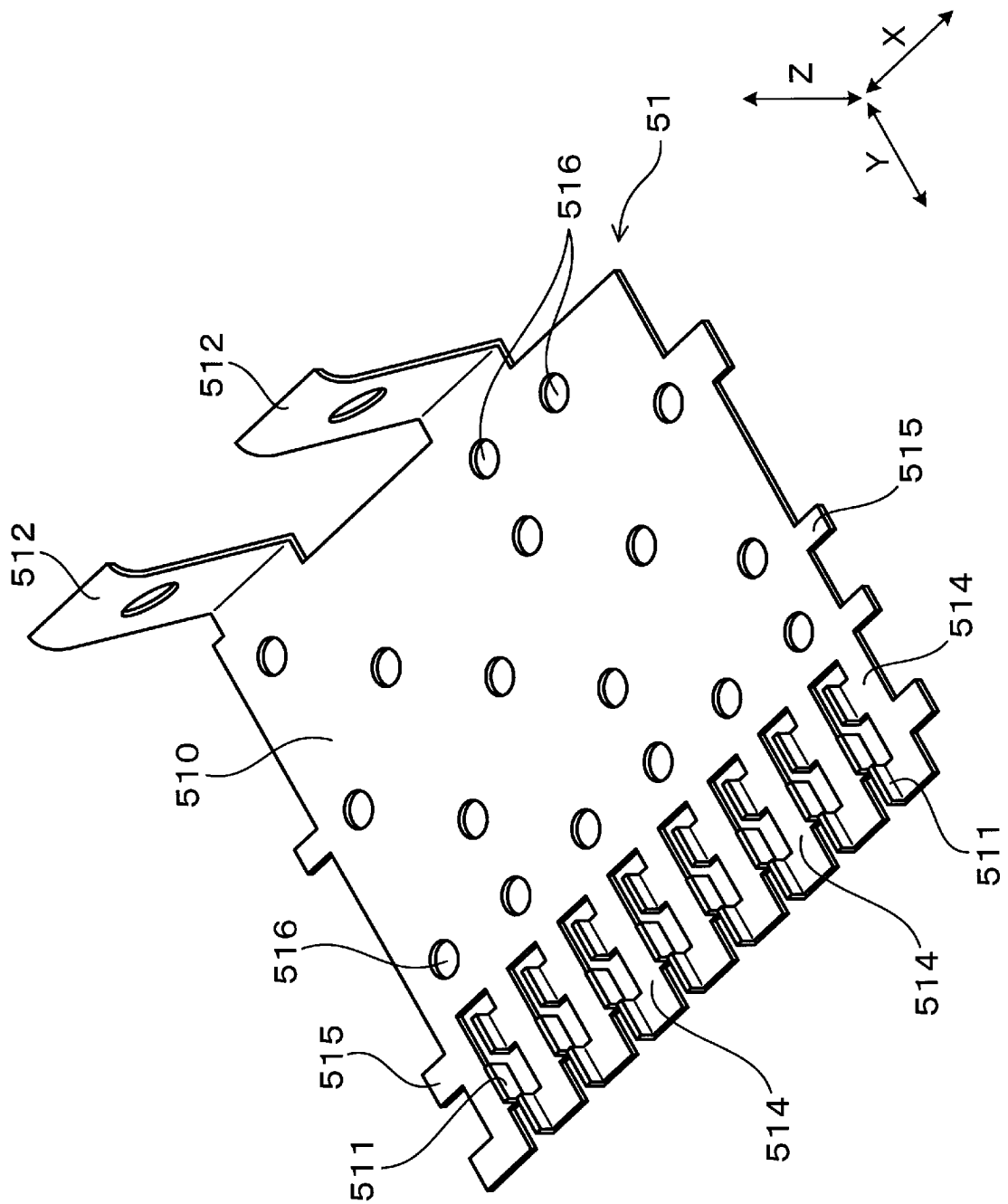
[図39]

(図 39)



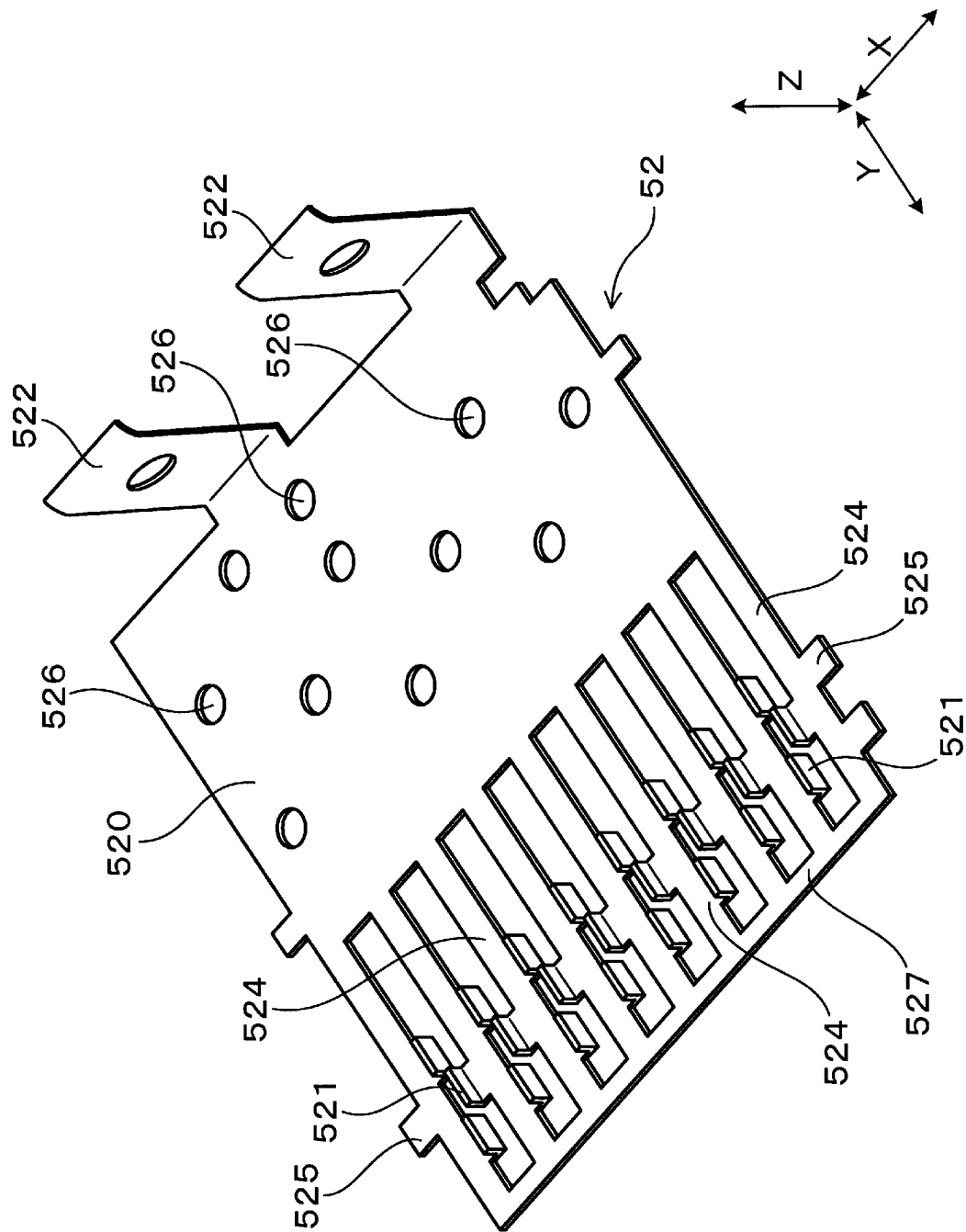
[図40]

(図40)



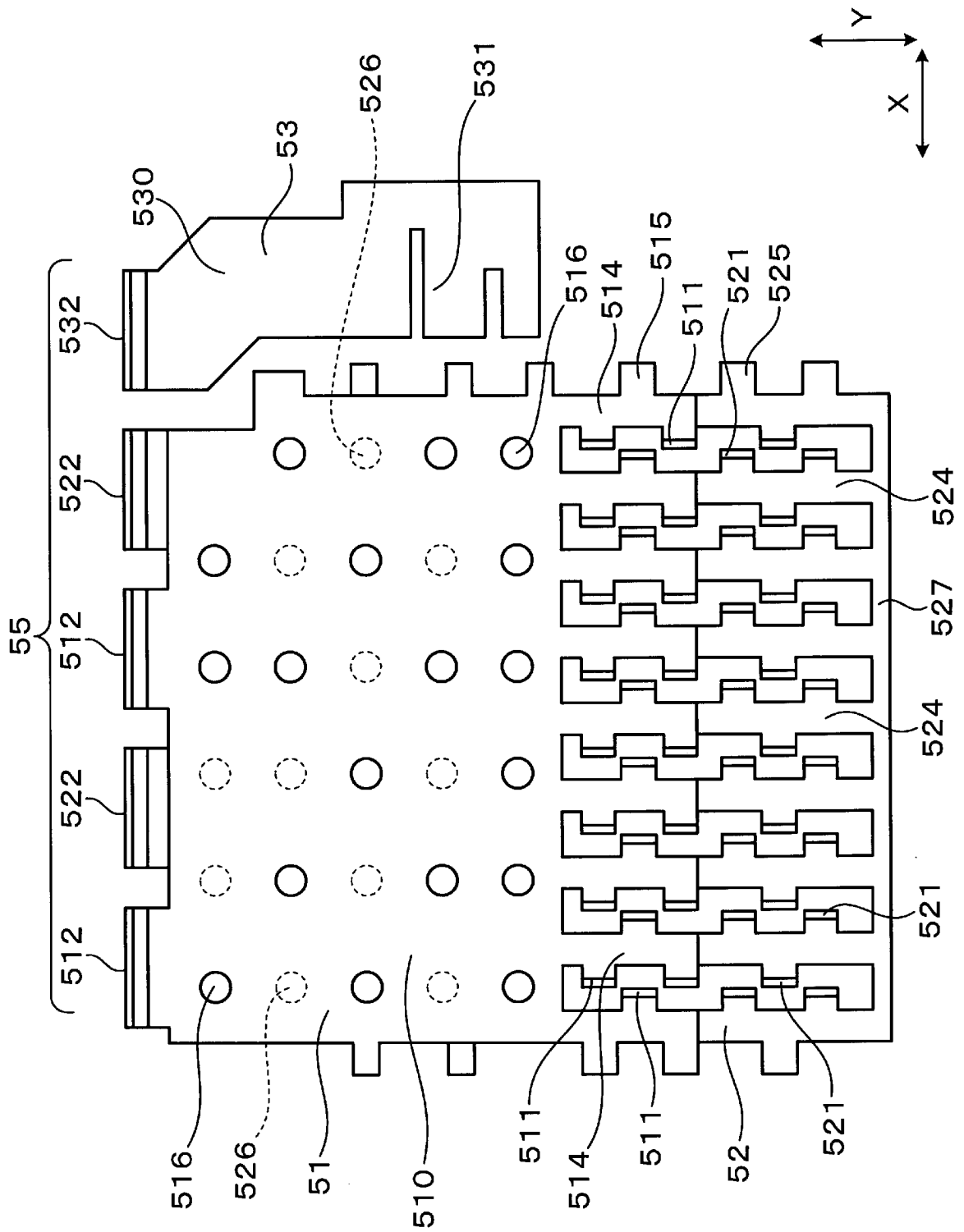
[図41]

(図41)



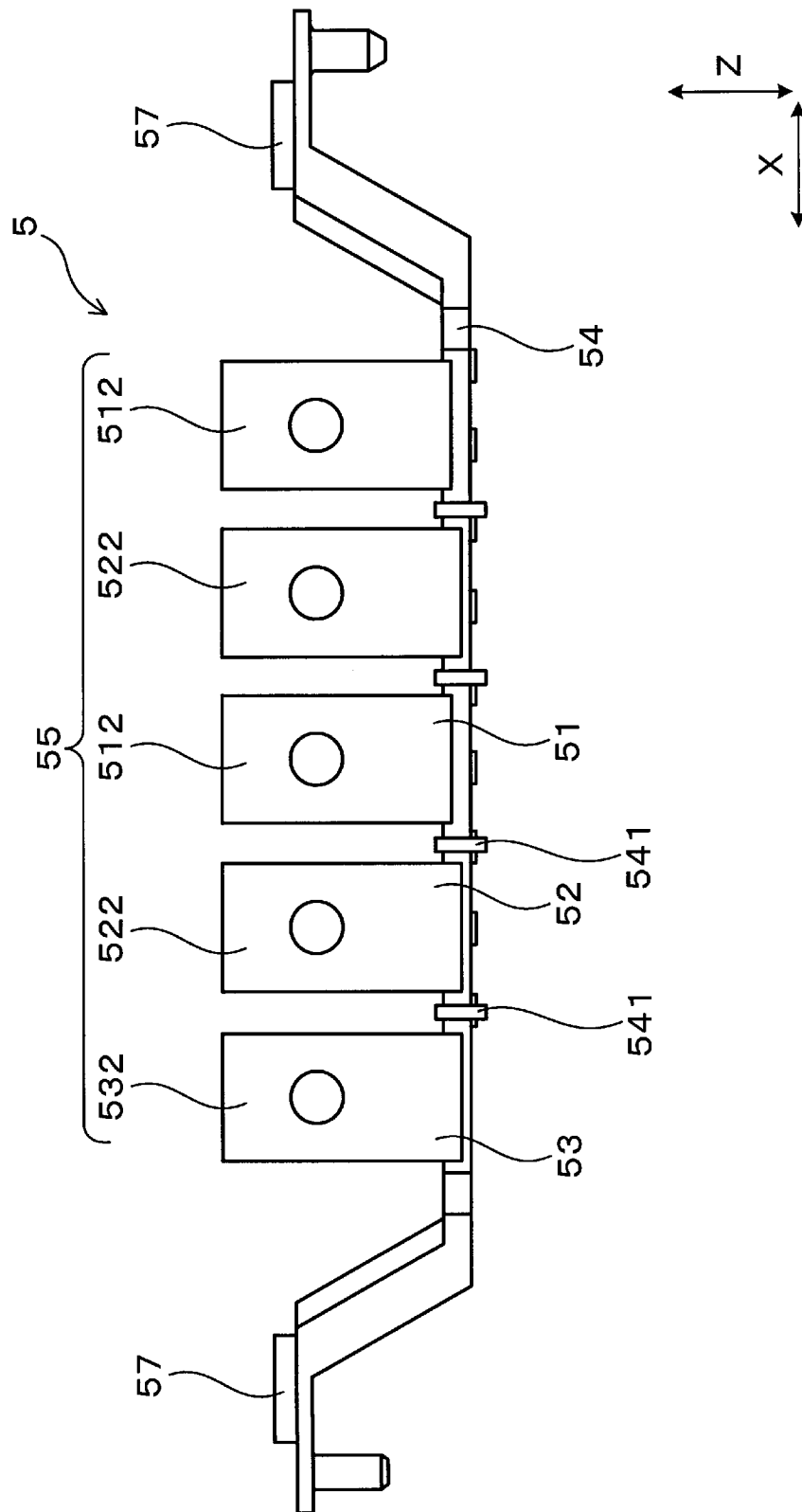
[図42]

(図42)



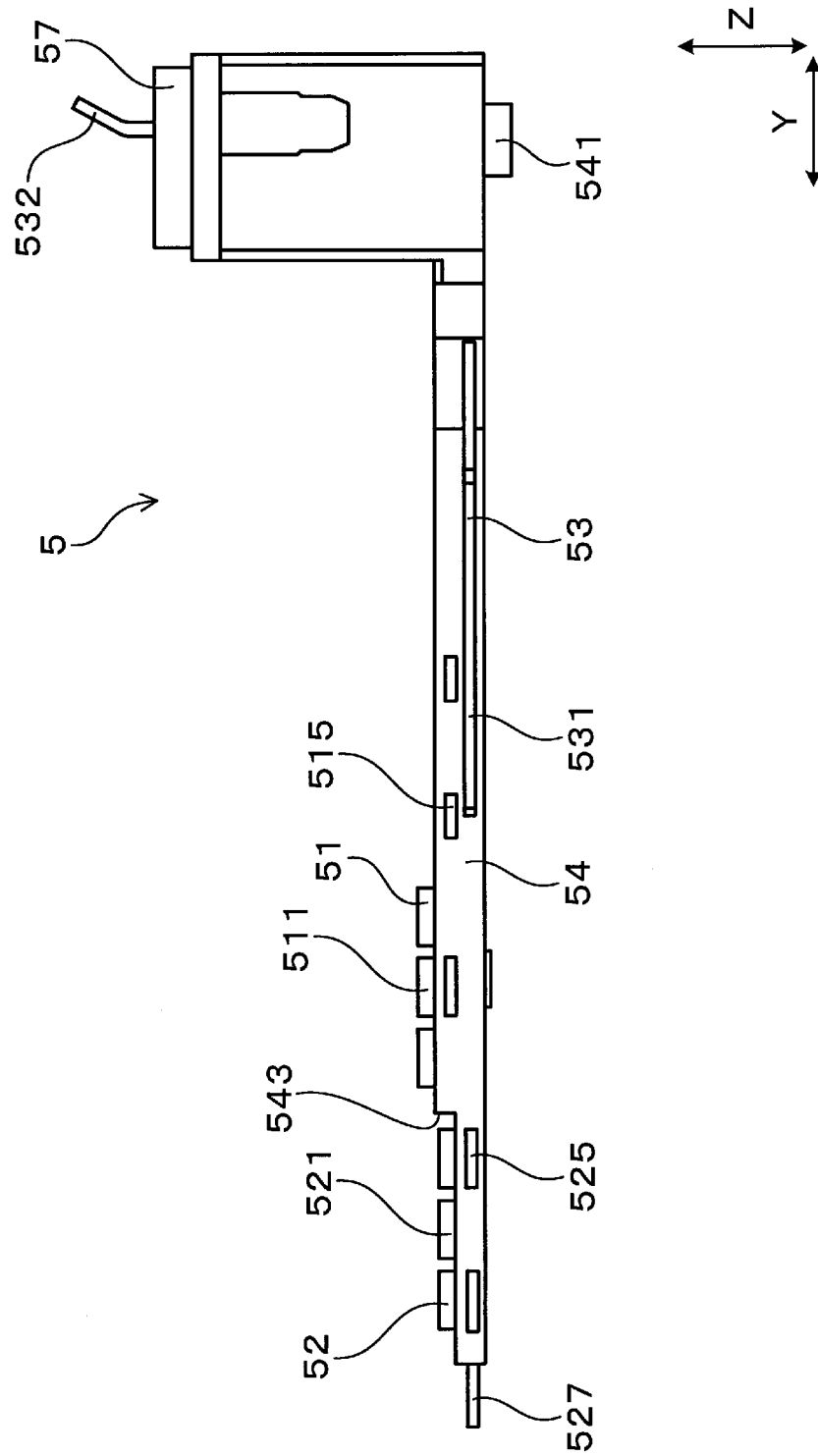
[図44]

(図44)



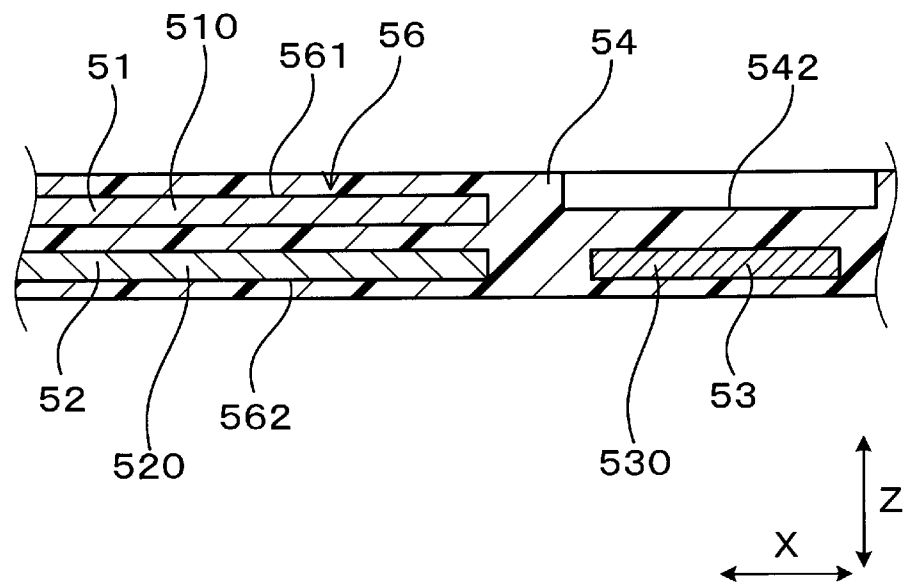
[図45]

(図45)



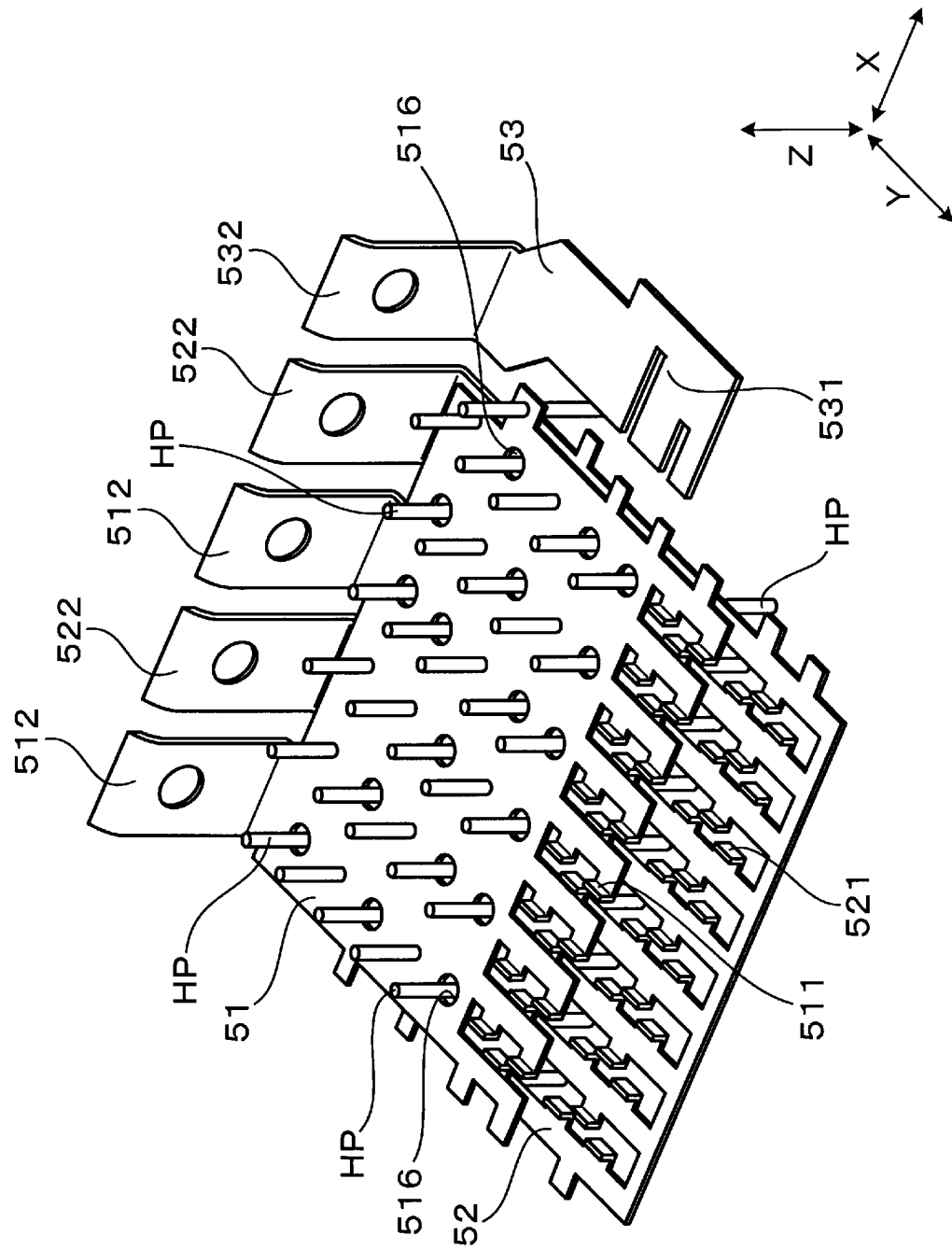
[図46]

(図 46)



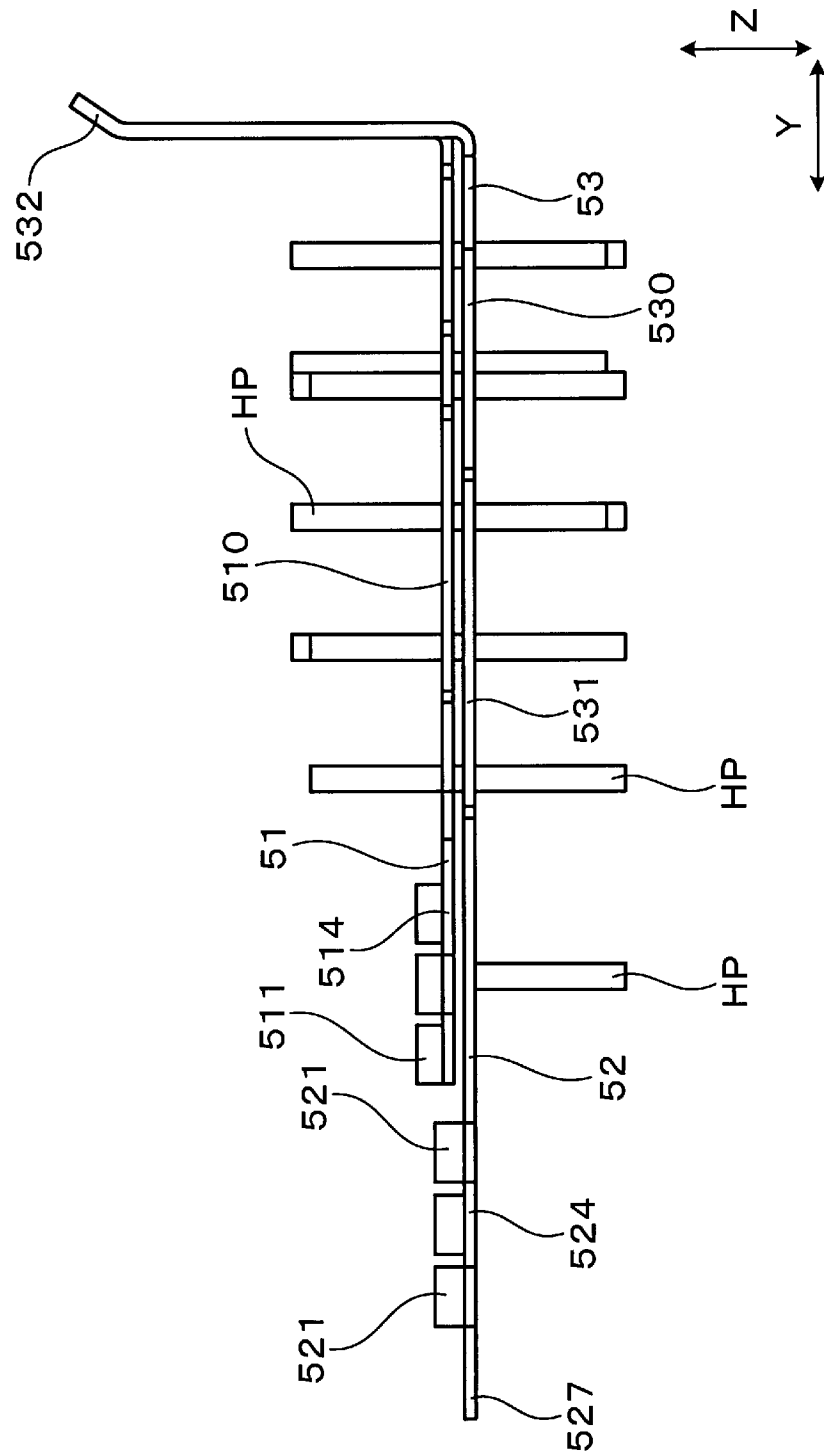
[図47]

(図47)



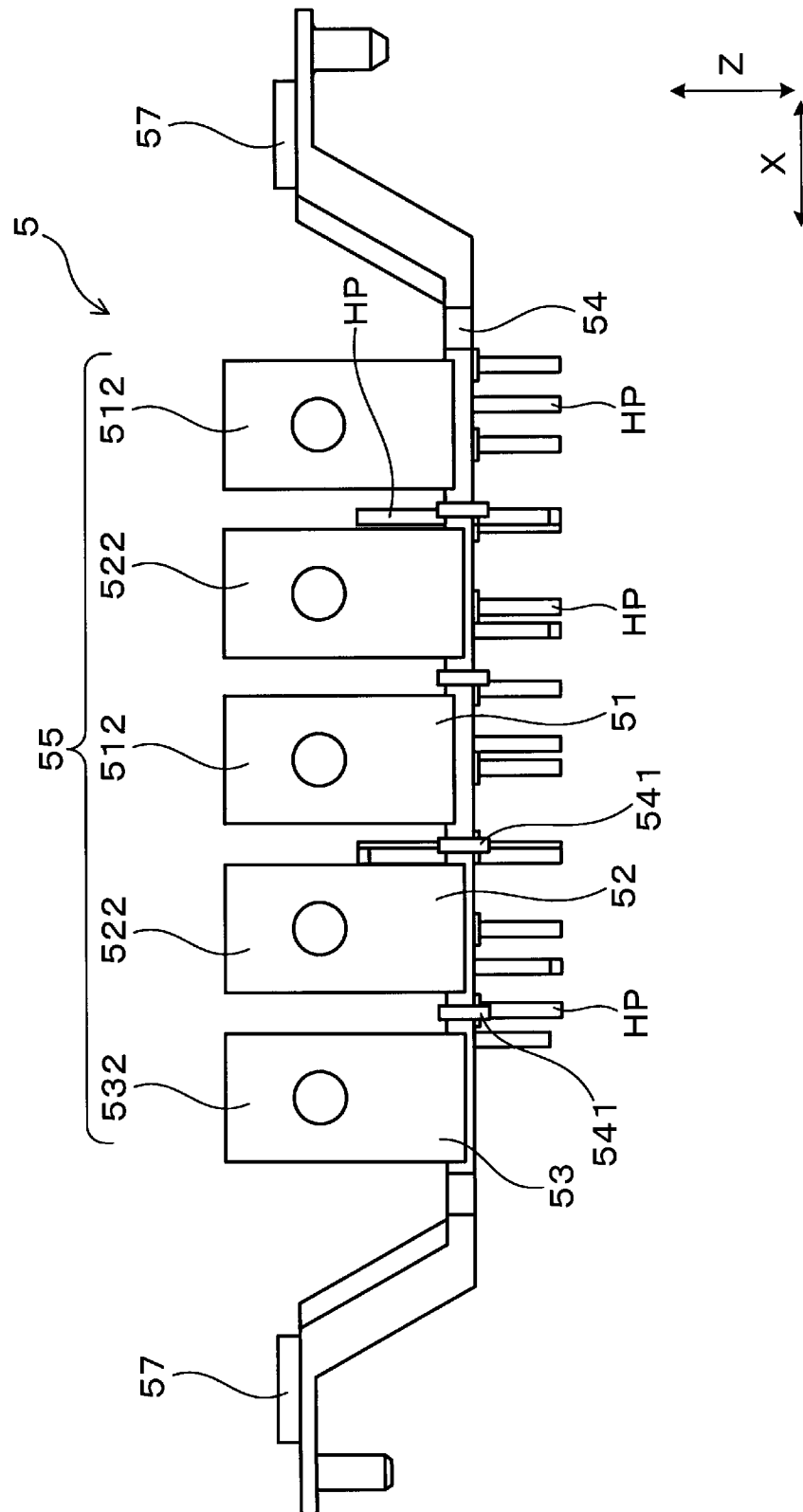
[図48]

(図 48)



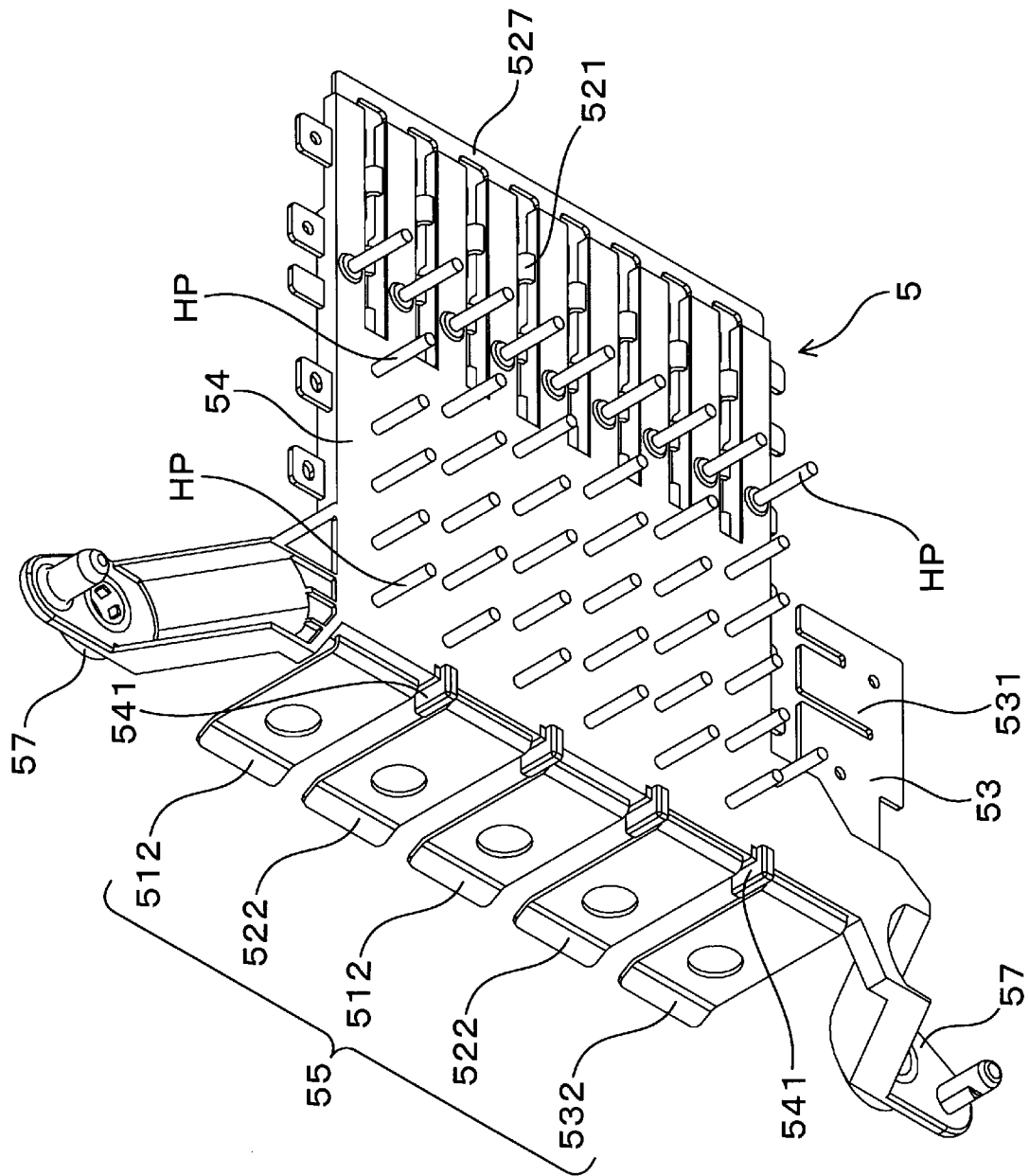
[図49]

(図49)



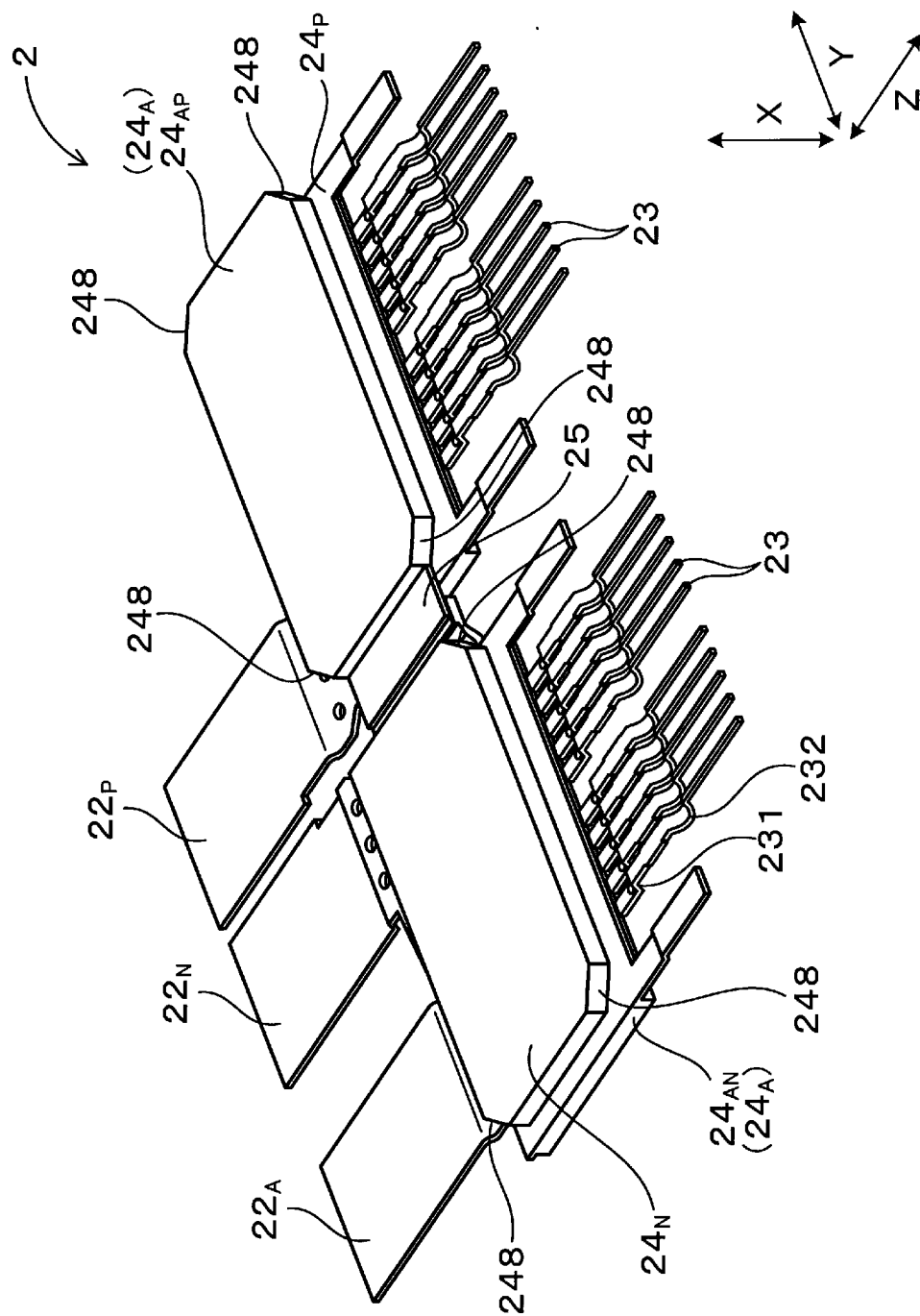
[図50]

(図50)



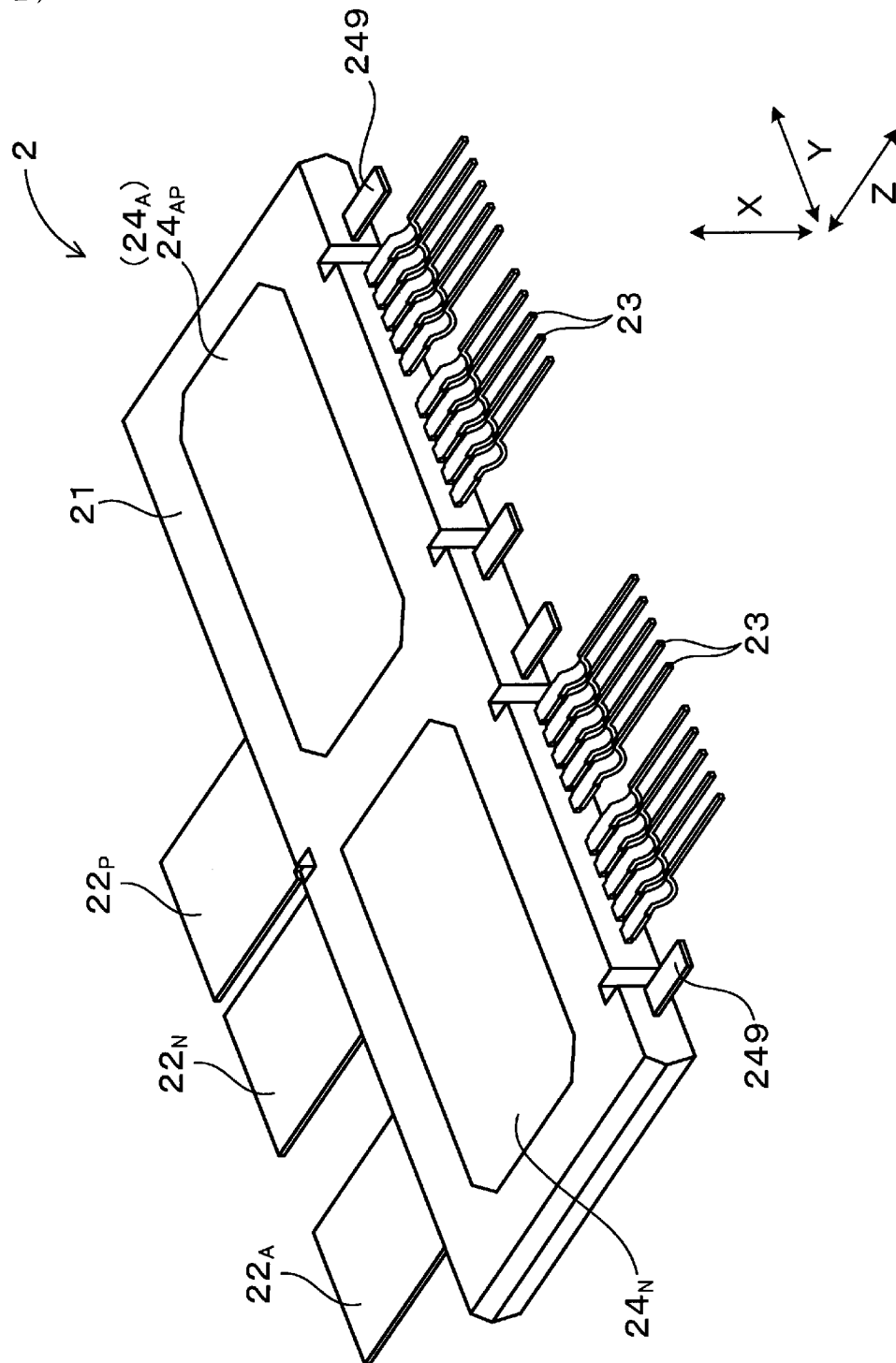
[図51]

(図 5 1)



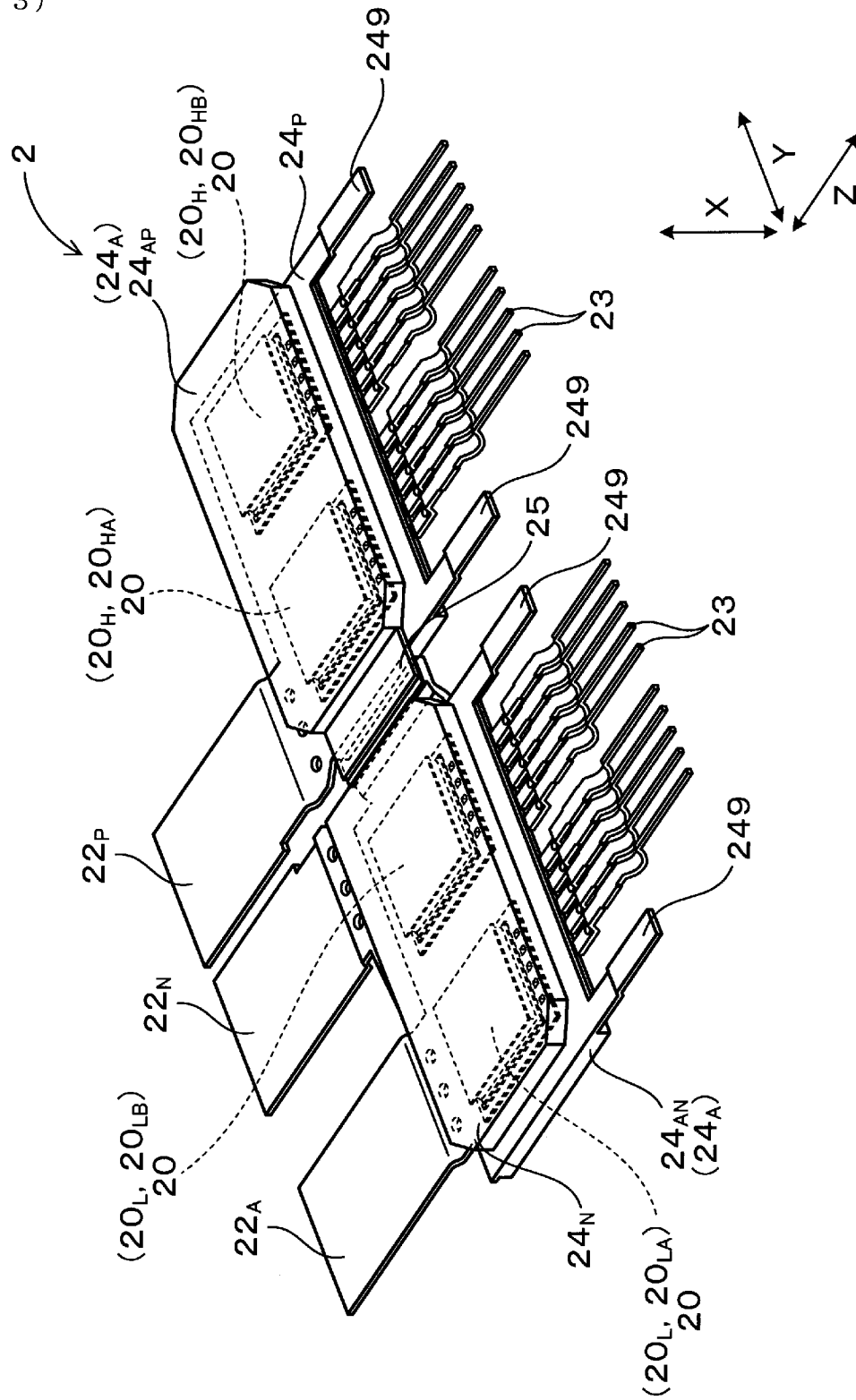
[図52]

(図 5 2)

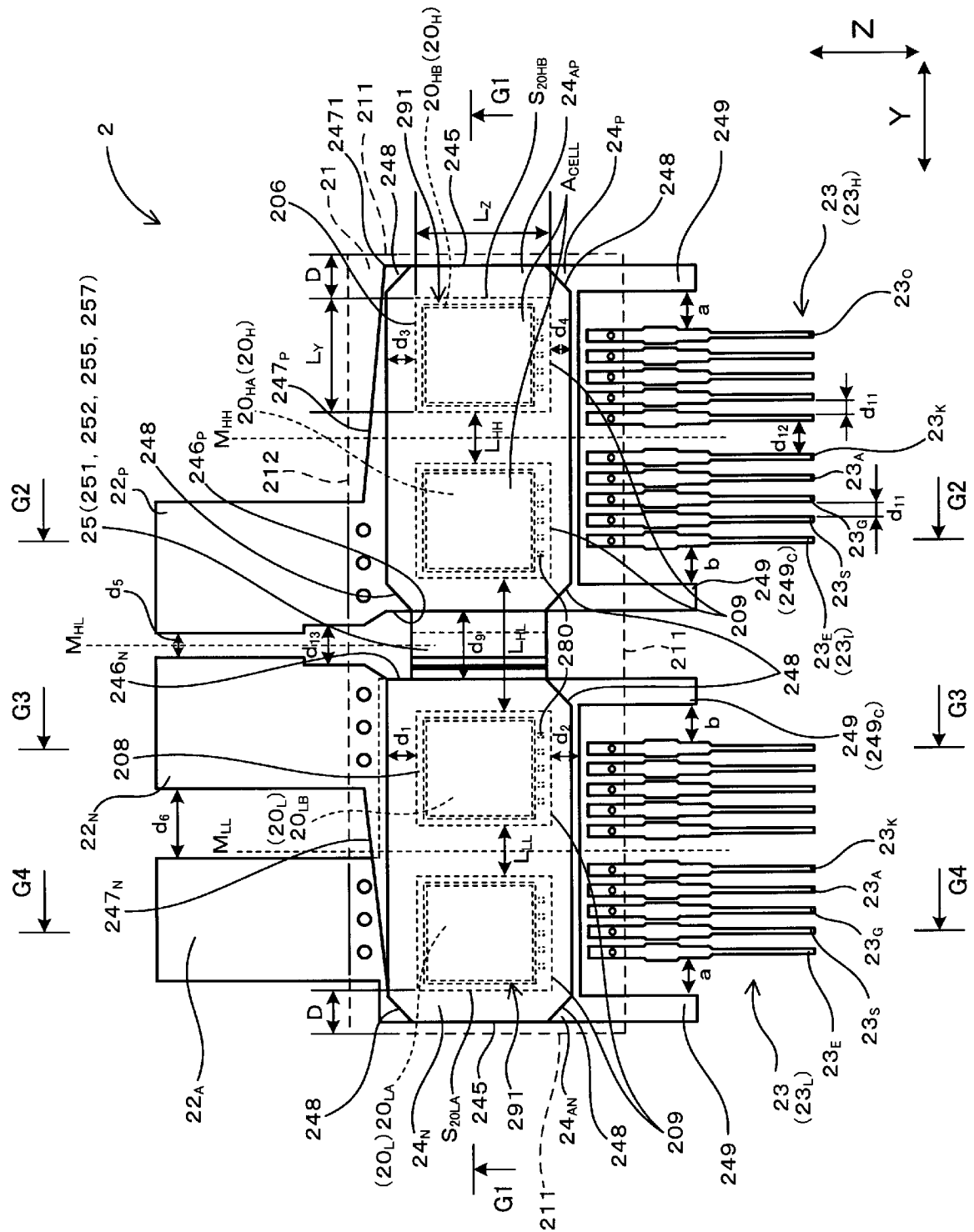


[図53]

(図 5 3)

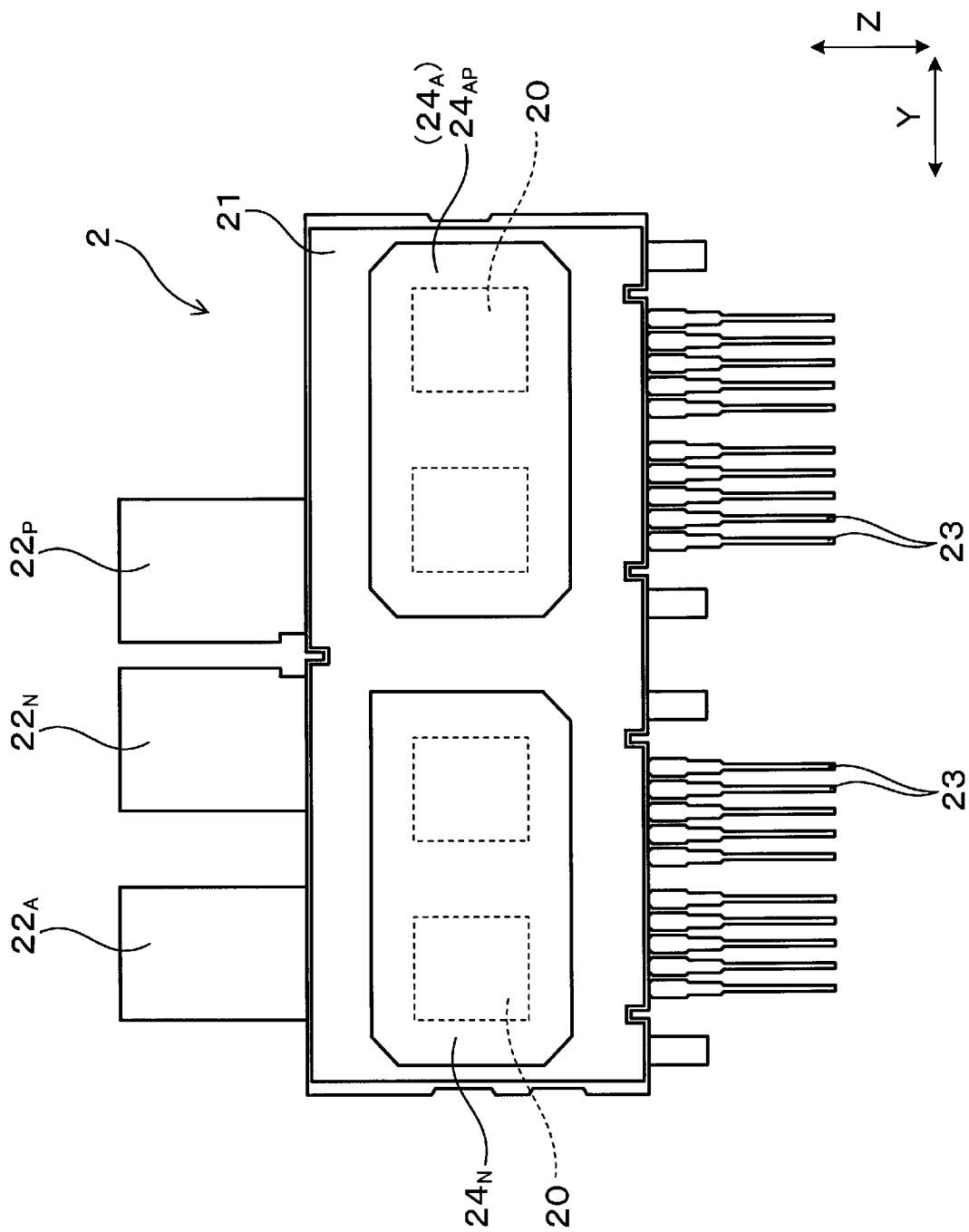


(图 5 5)



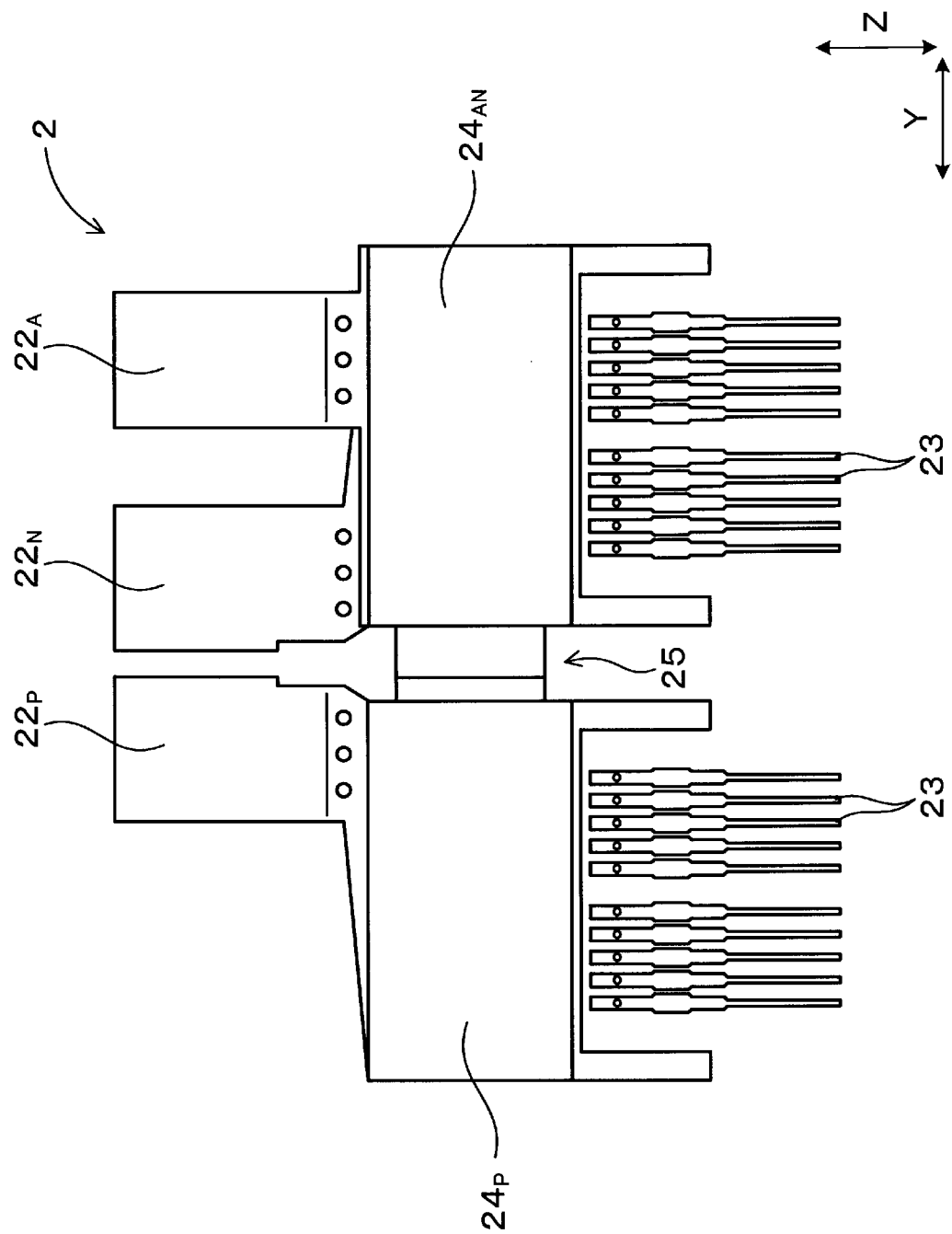
[図56]

(図 56)



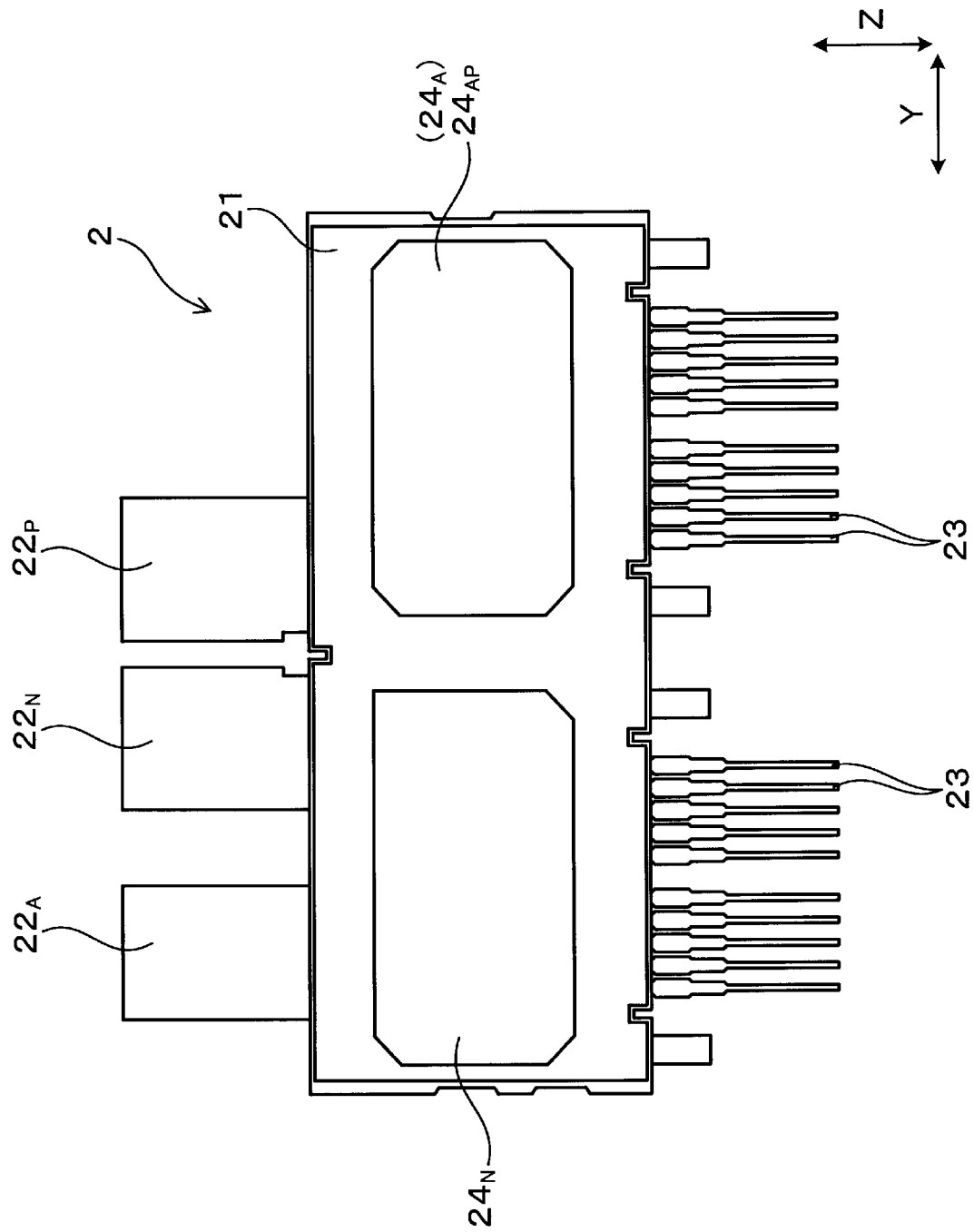
[図57]

(図 57)



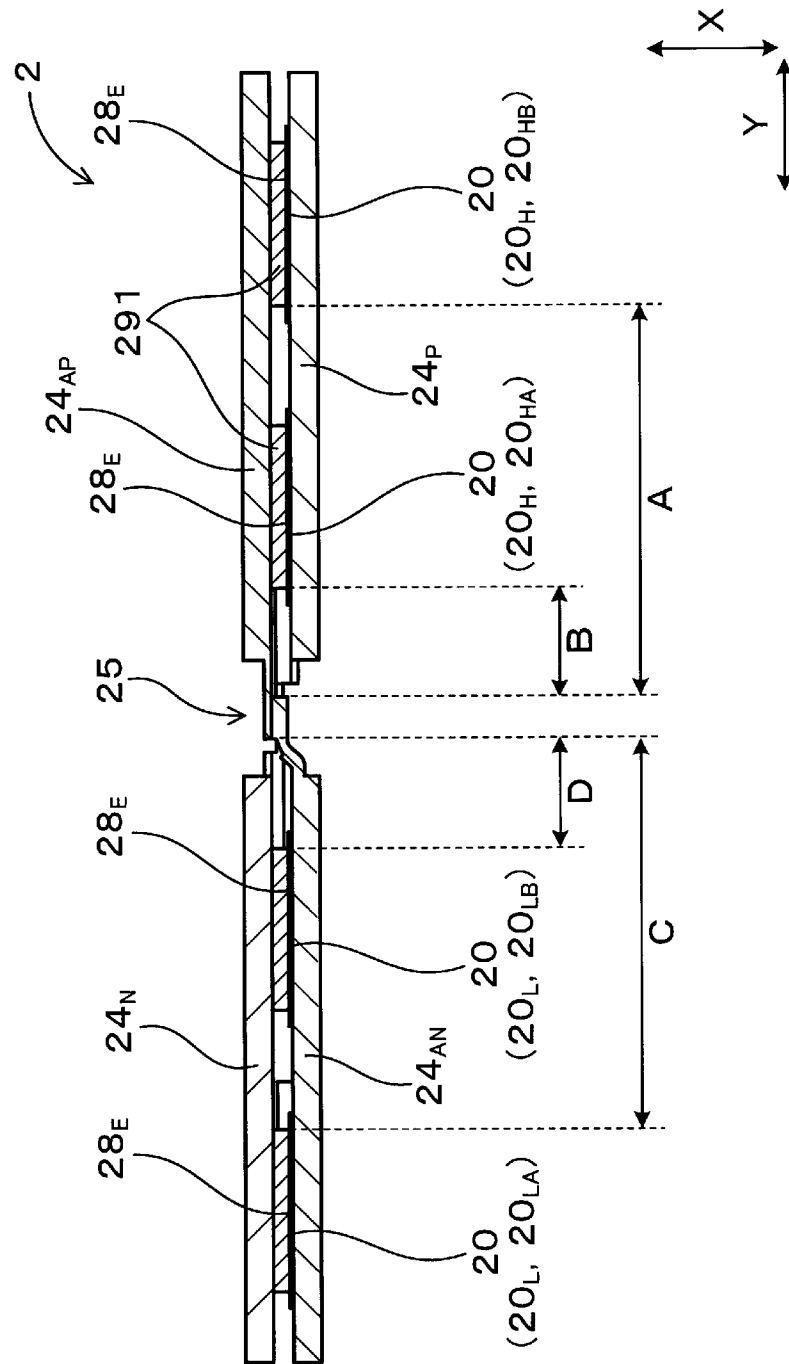
[図58]

(図 58)



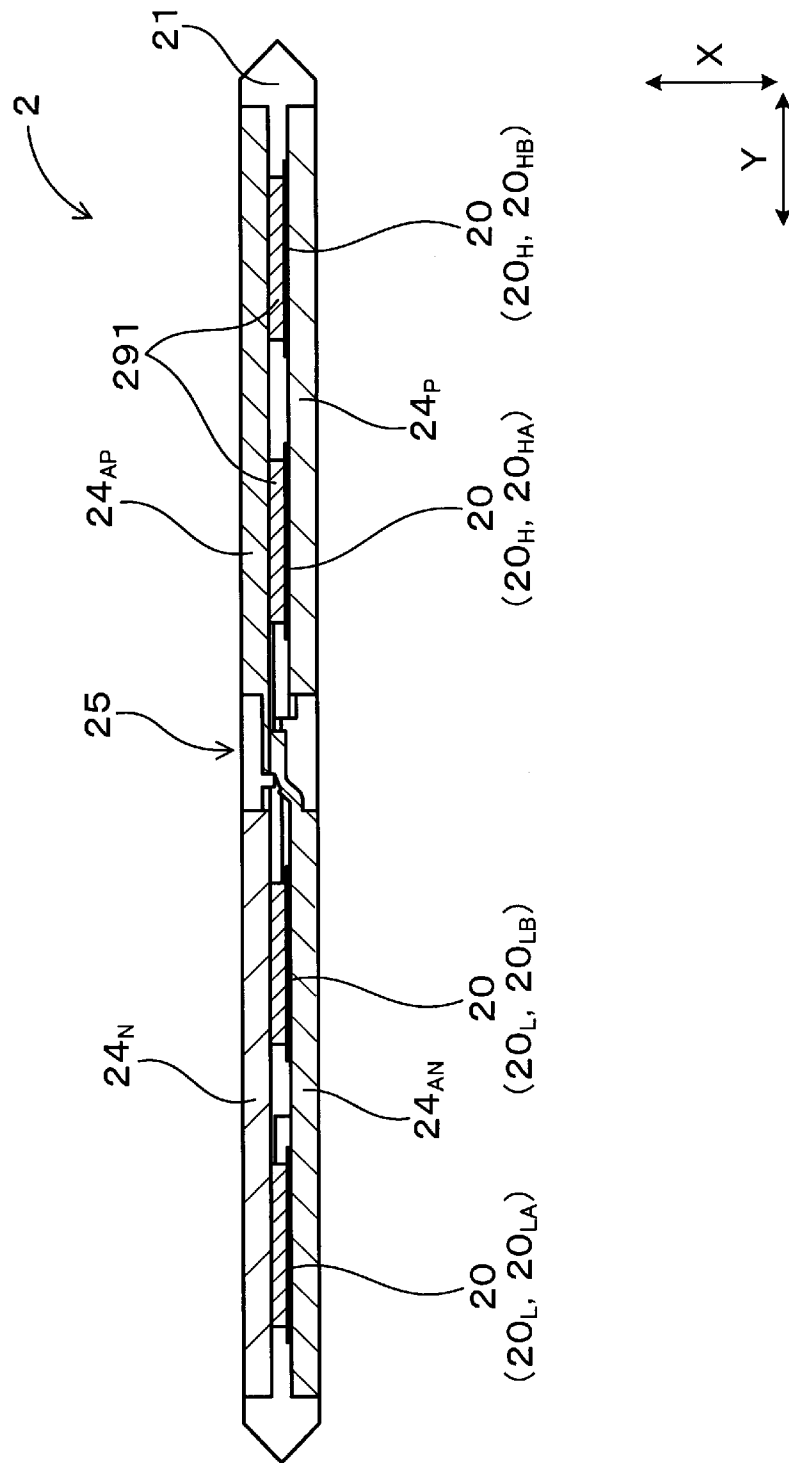
[図59]

(図 5 9)



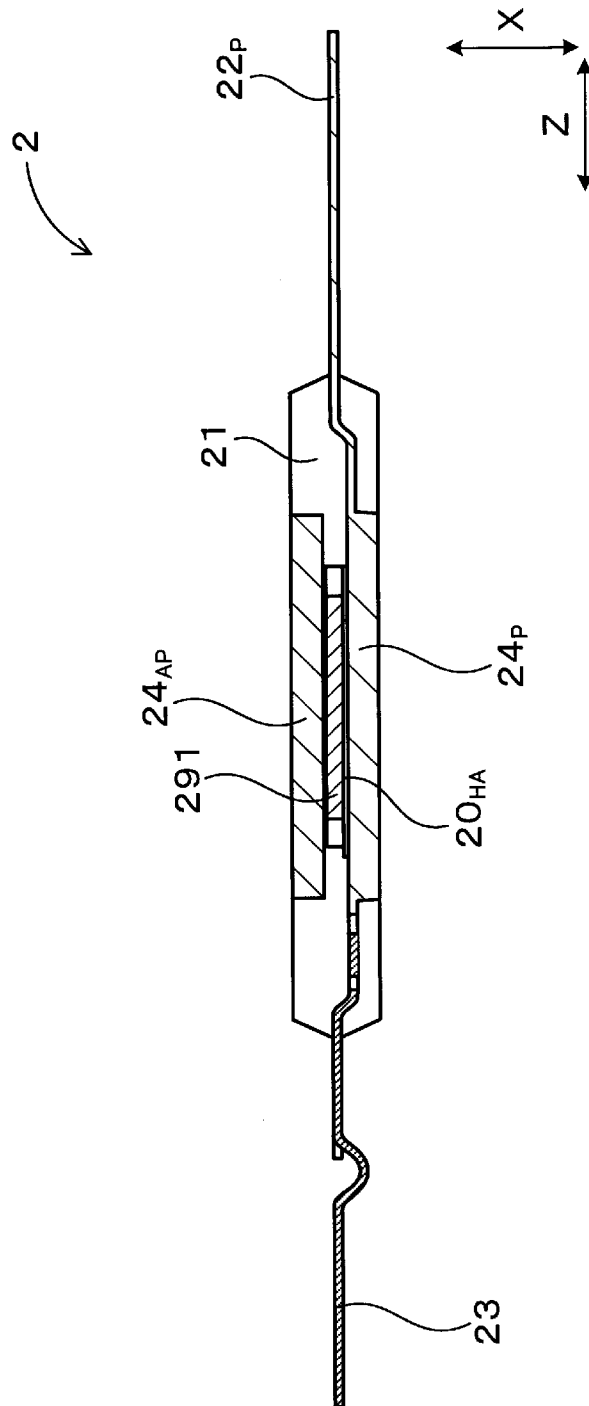
[図60]

(図60)

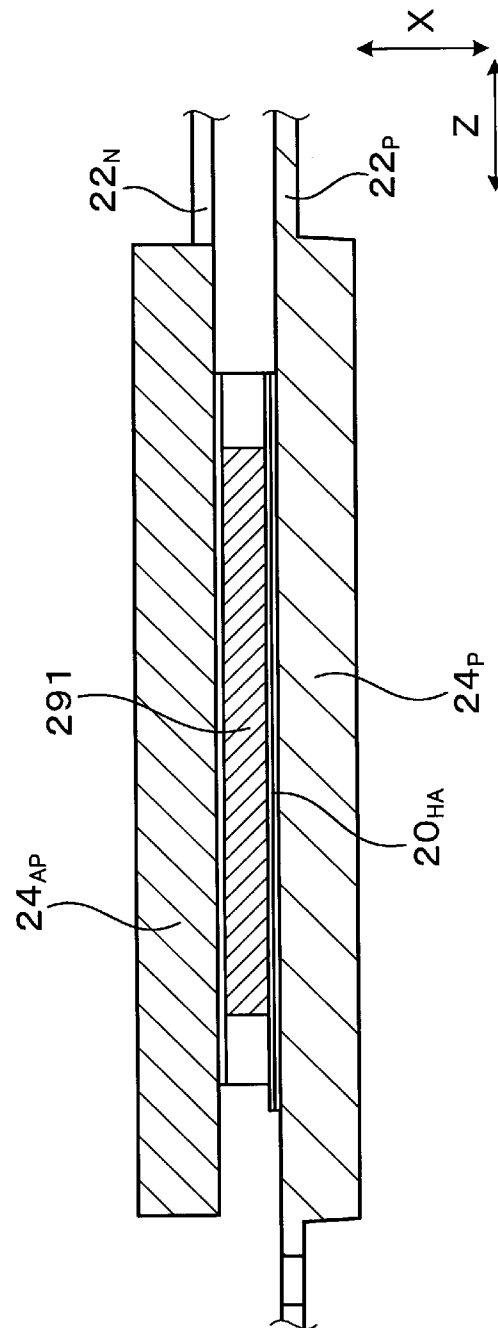


[図64]

(図 6 4)

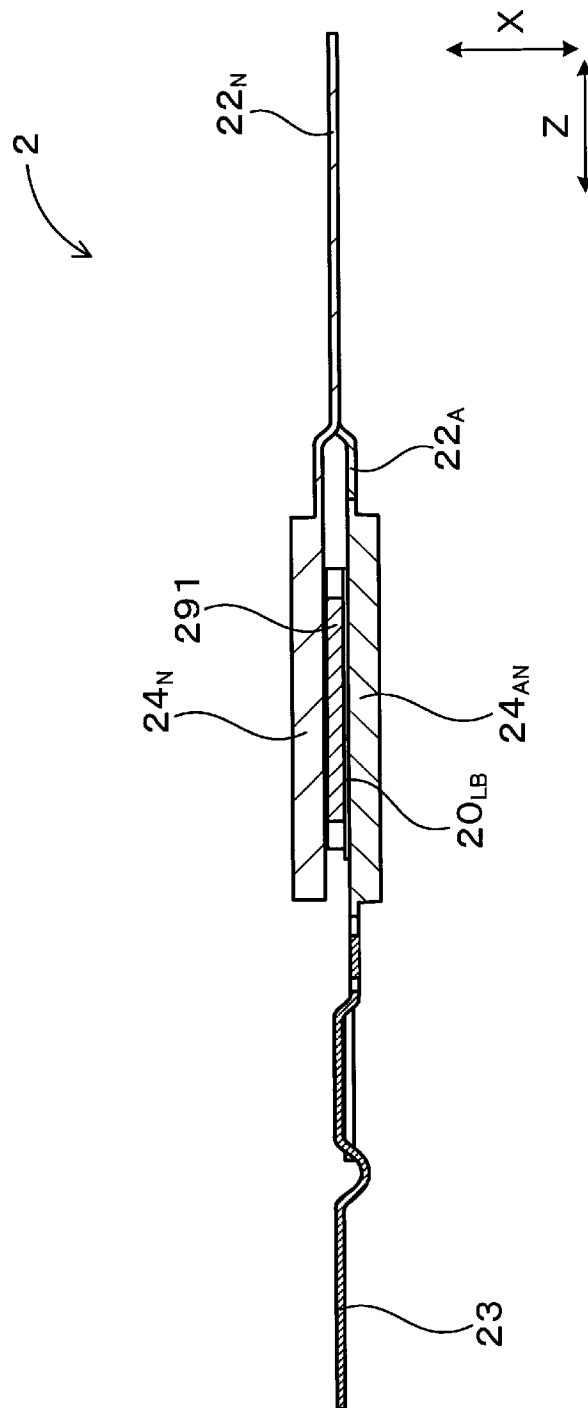


(図 6 5)



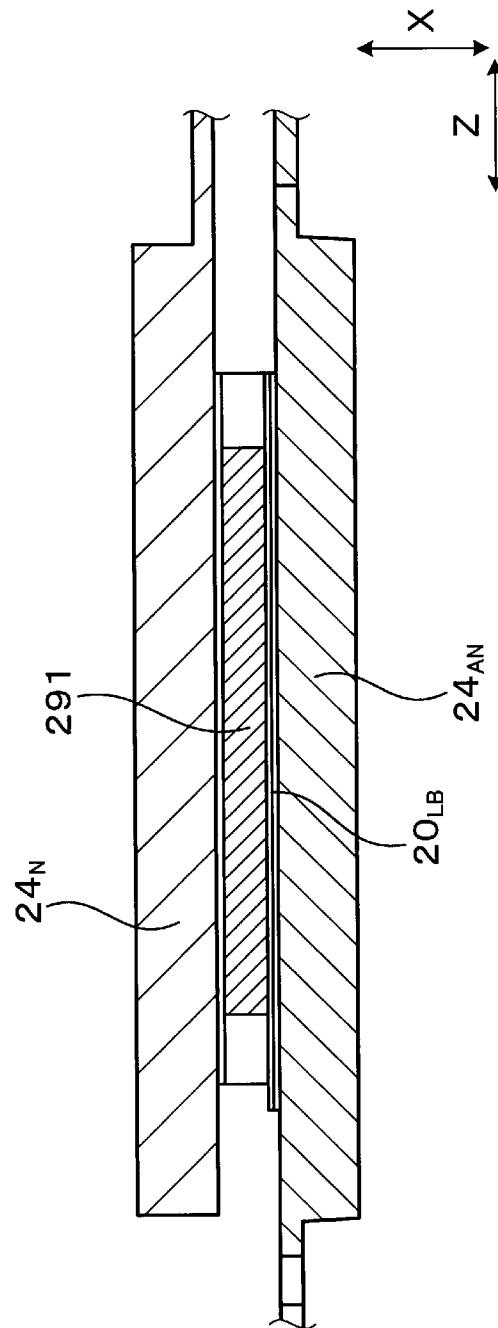
[図66]

(図 6 6)



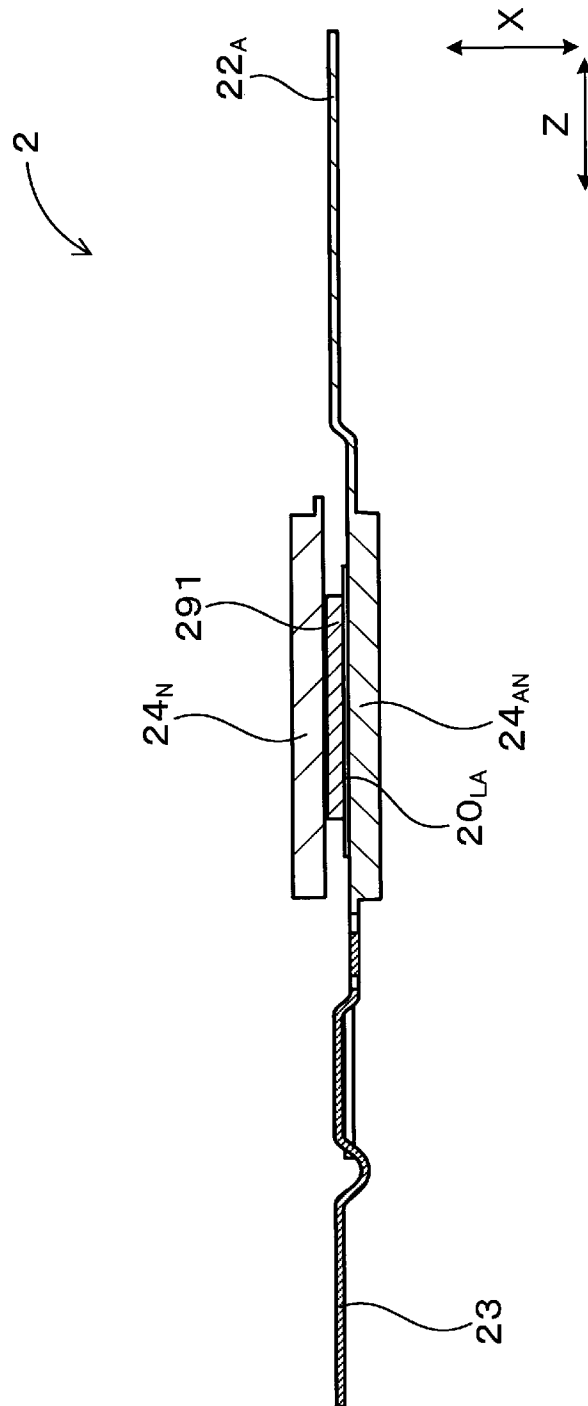
[図67]

(図 6 7)



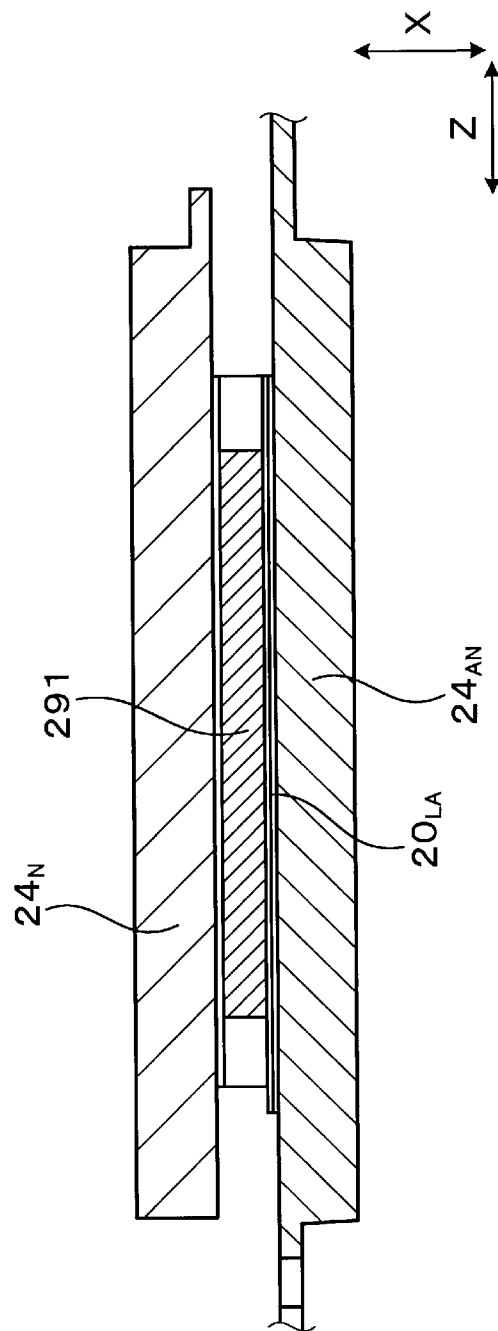
[図68]

(図 68)



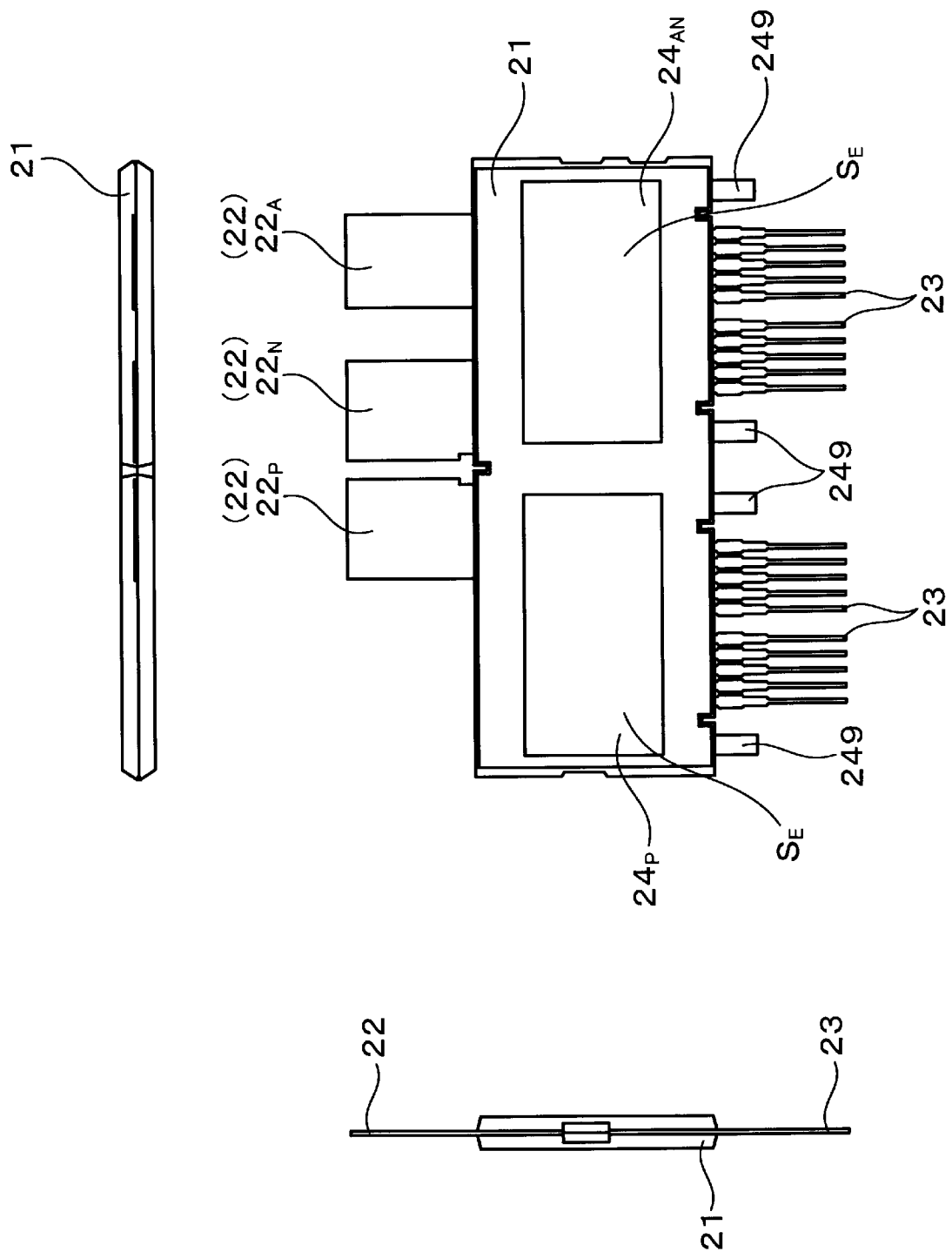
[図69]

(図 6 9)



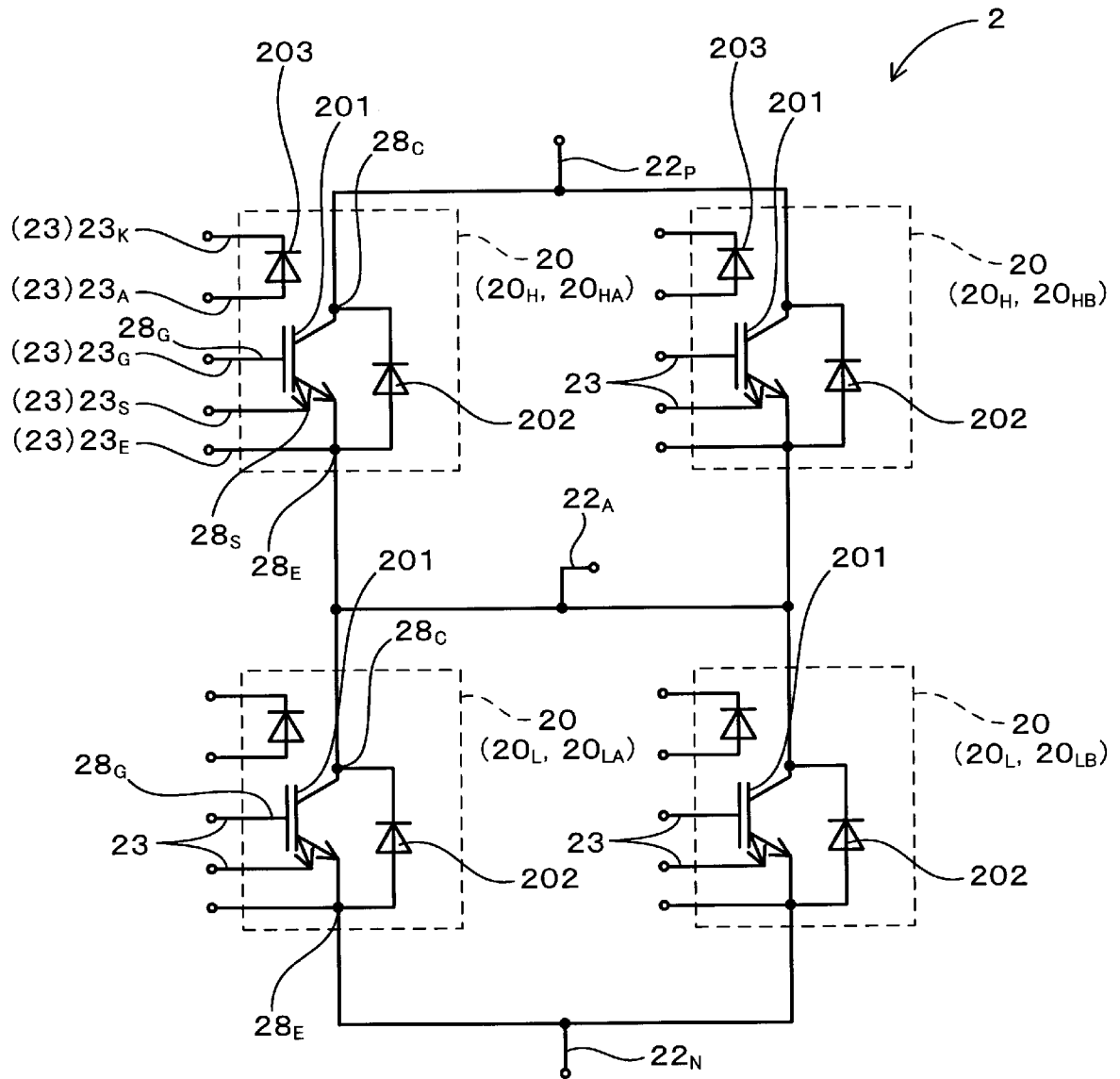
[図70]

(図 70)



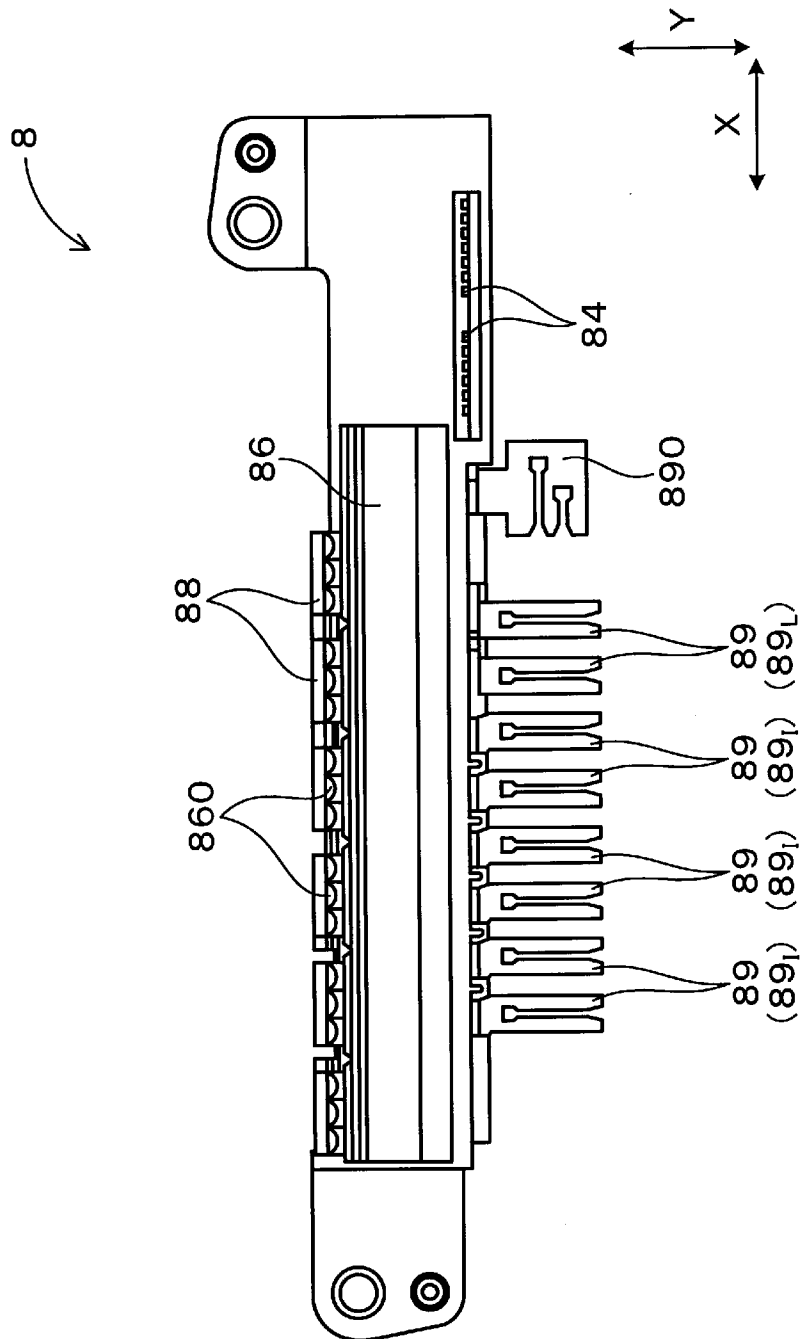
[図71]

(図 7 1)

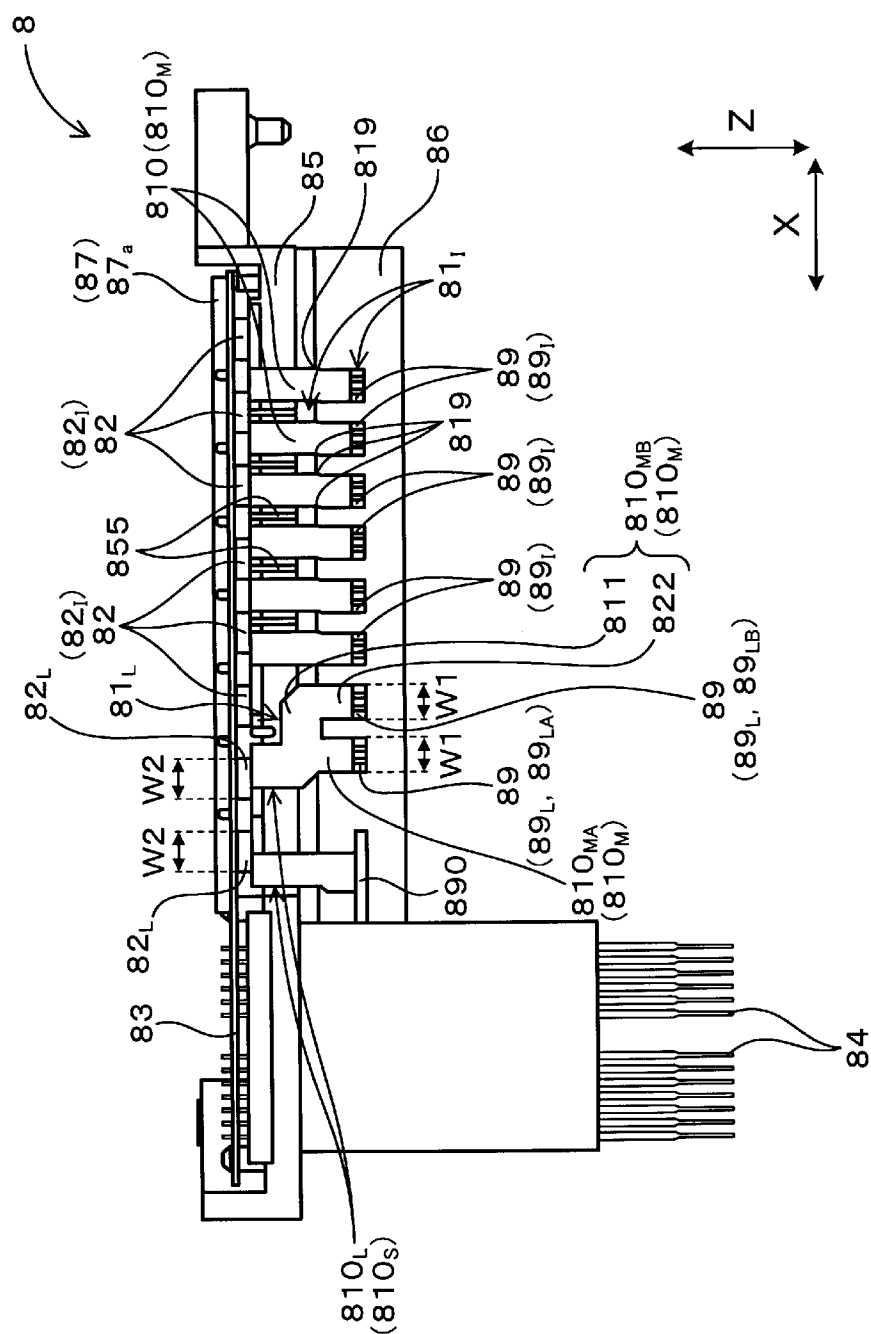


[図74]

(図 7 4)

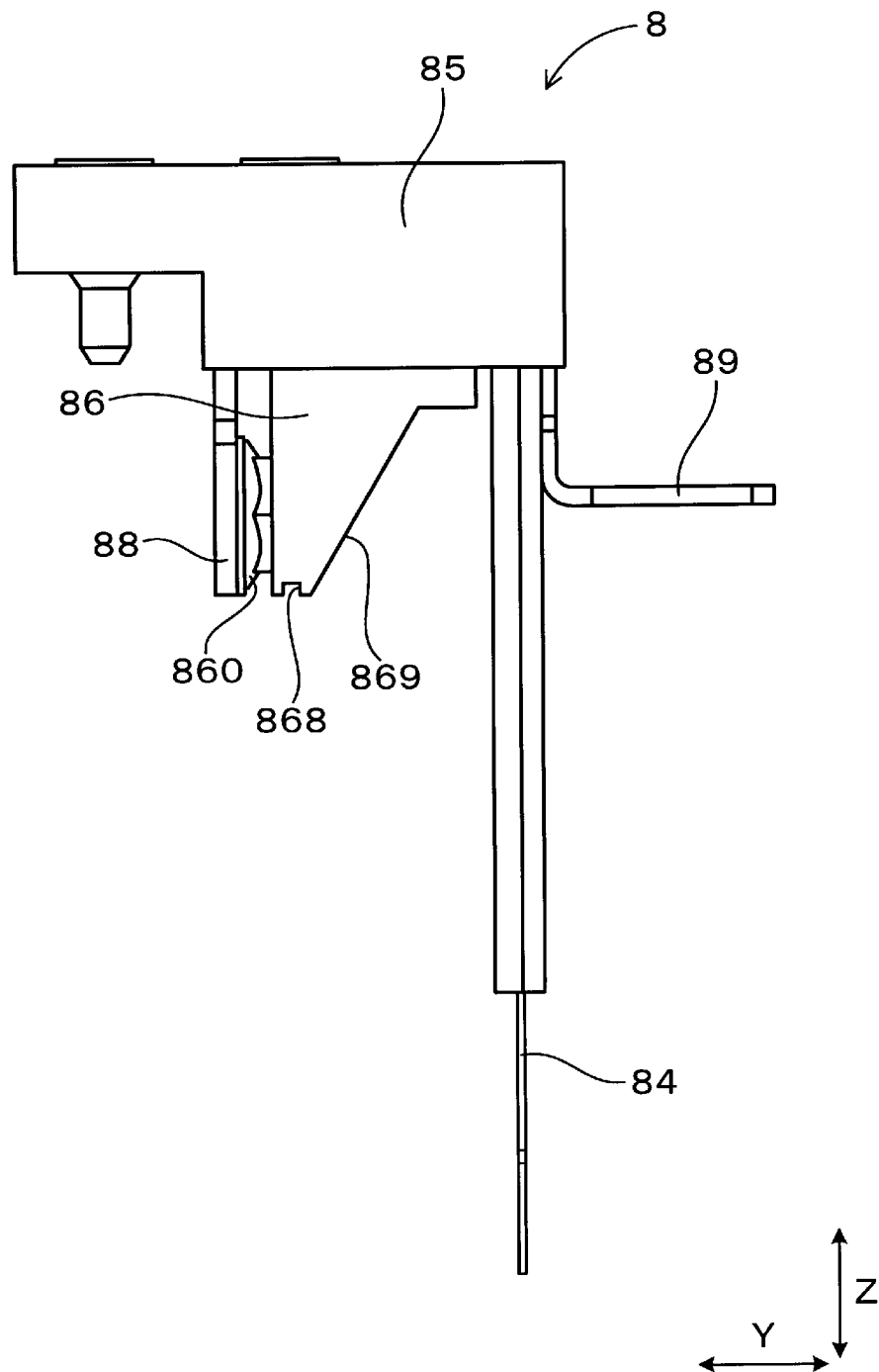


(图 7 5)



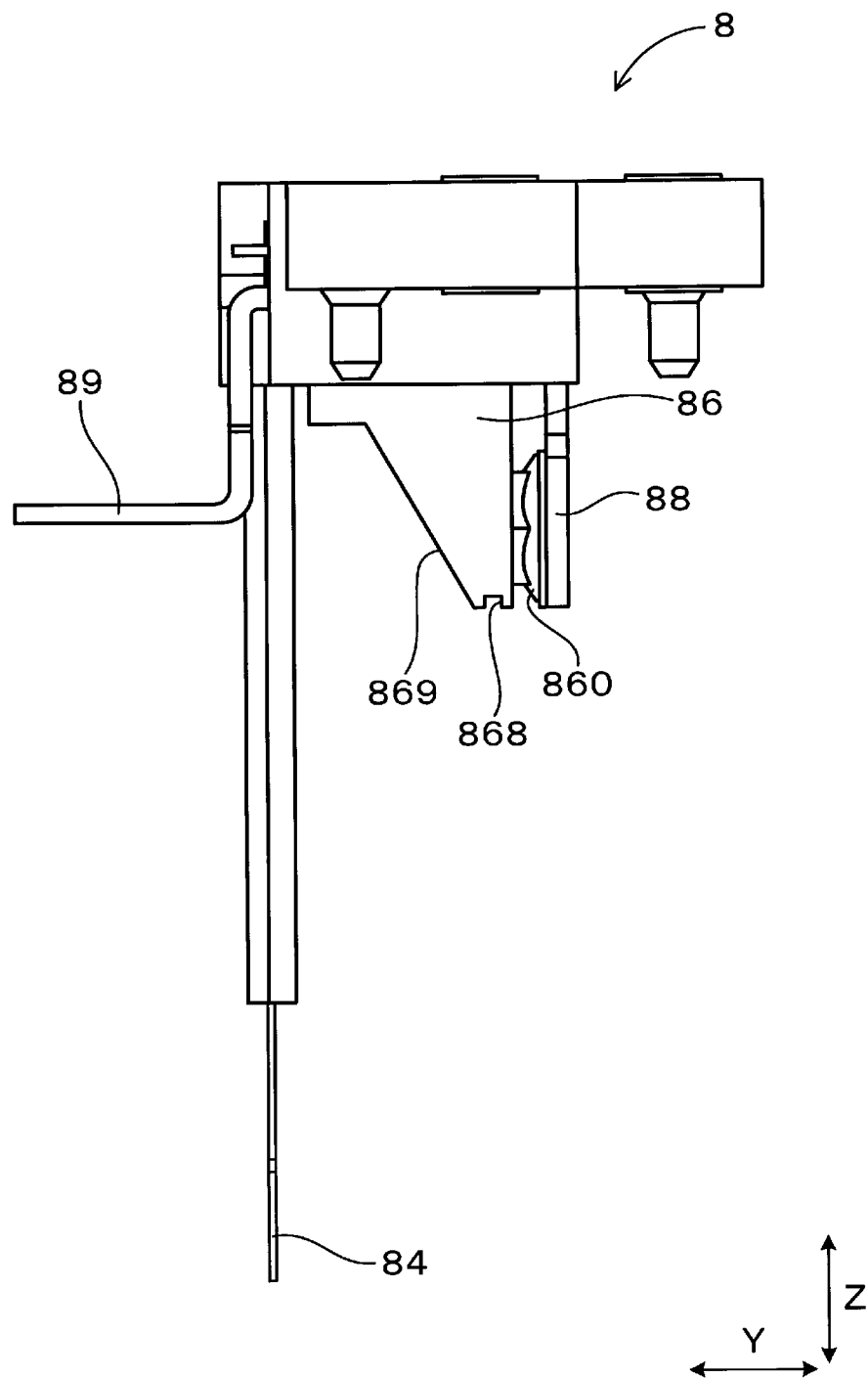
[図76]

(図 7 6)



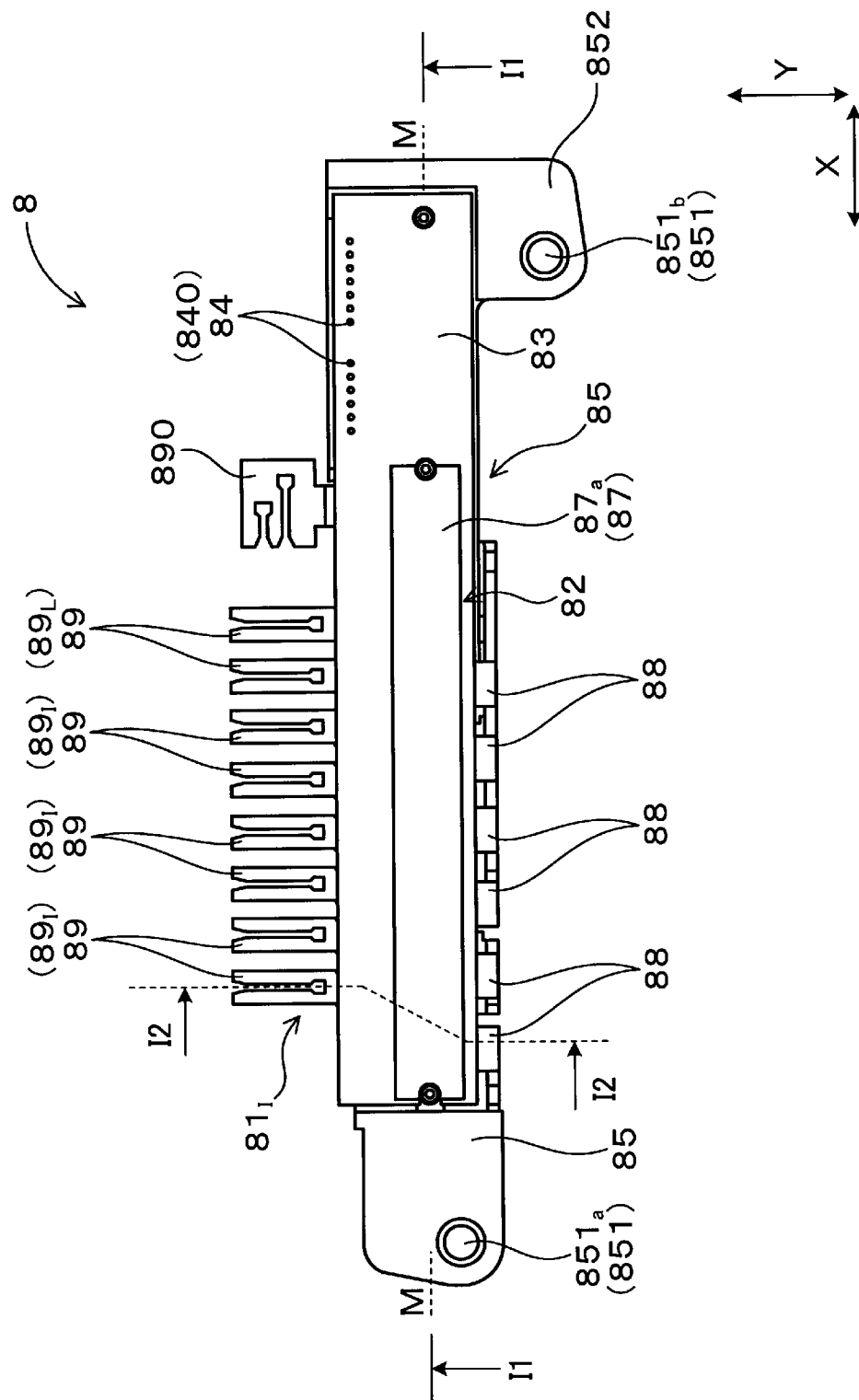
[図77]

(図 7 7)



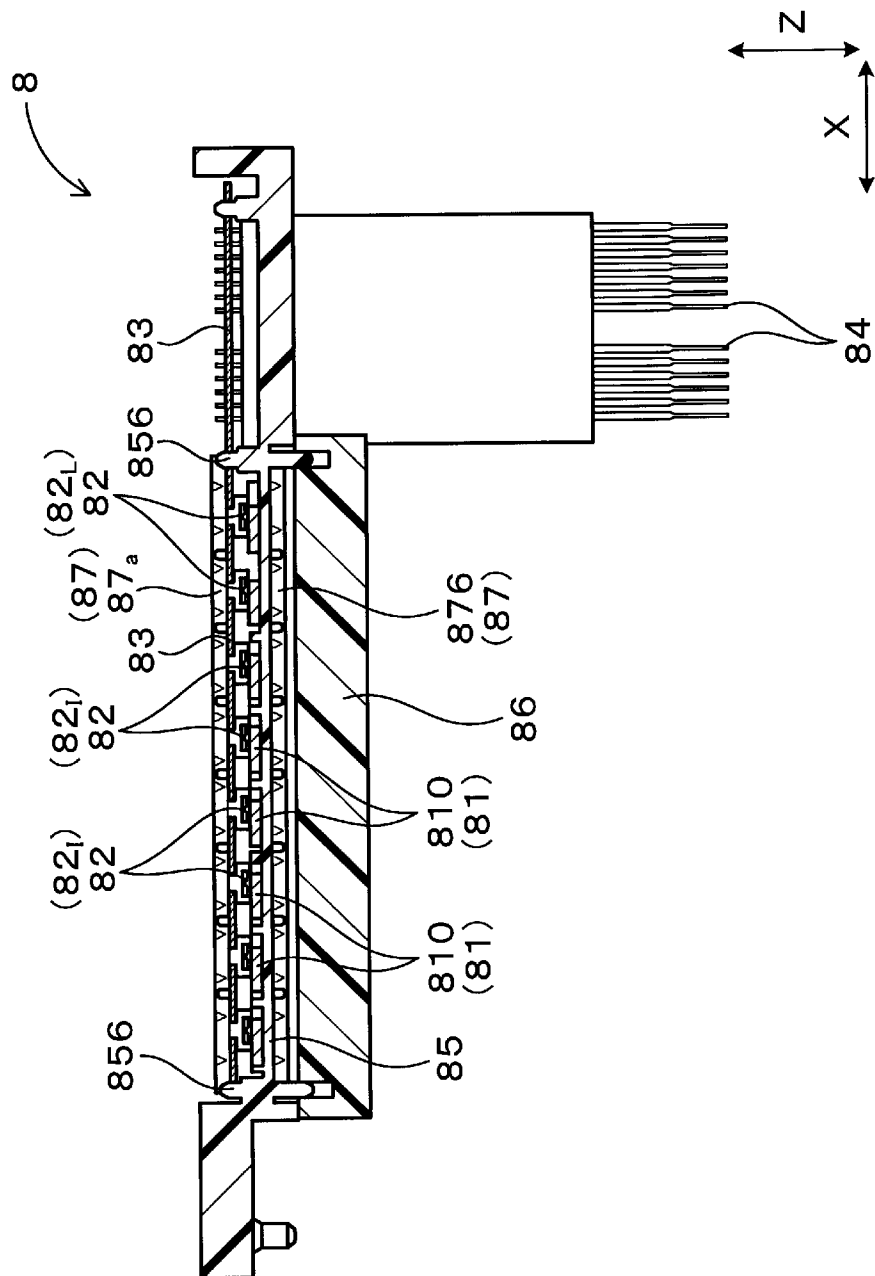
[図78]

(図78)



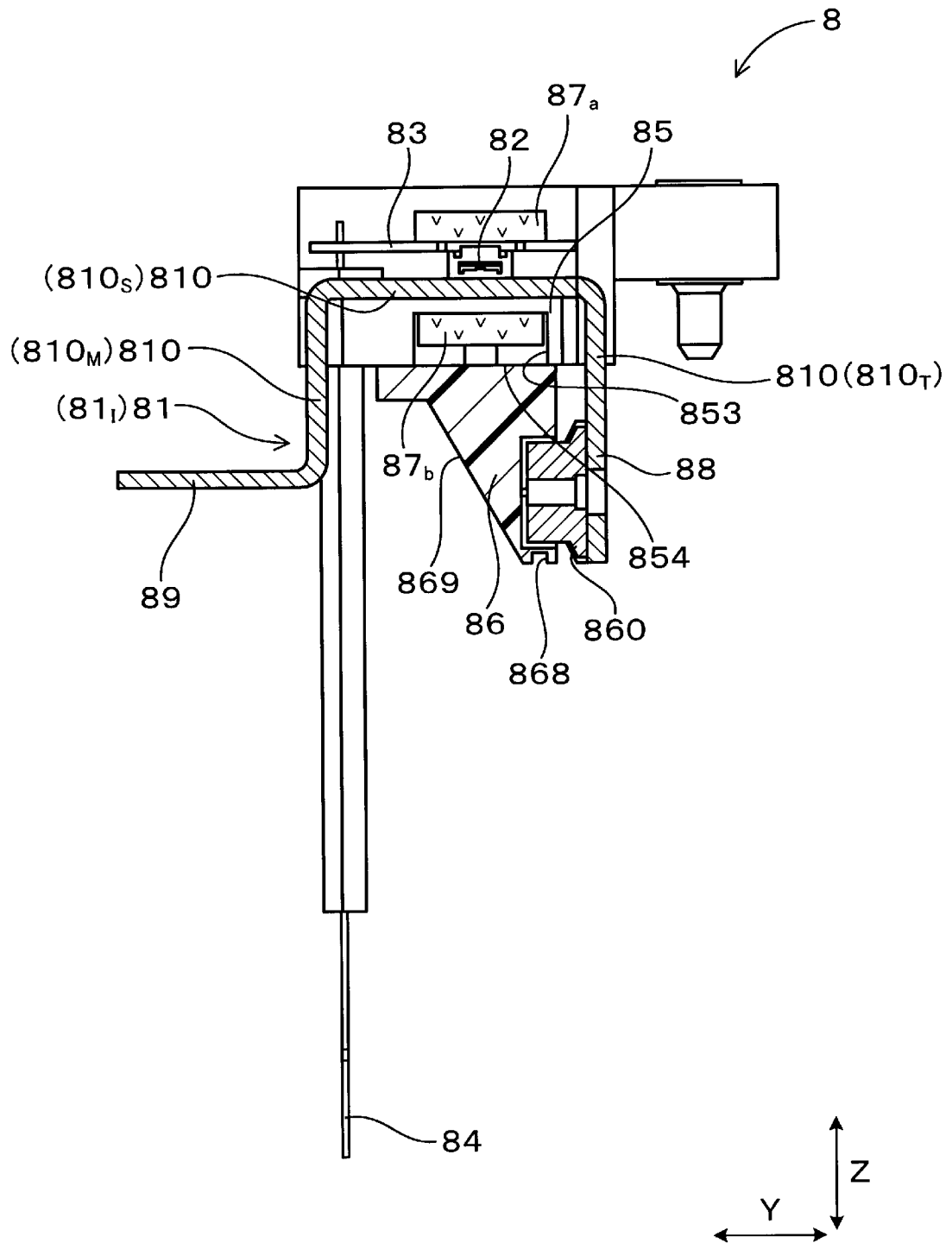
[図80]

(図 80)



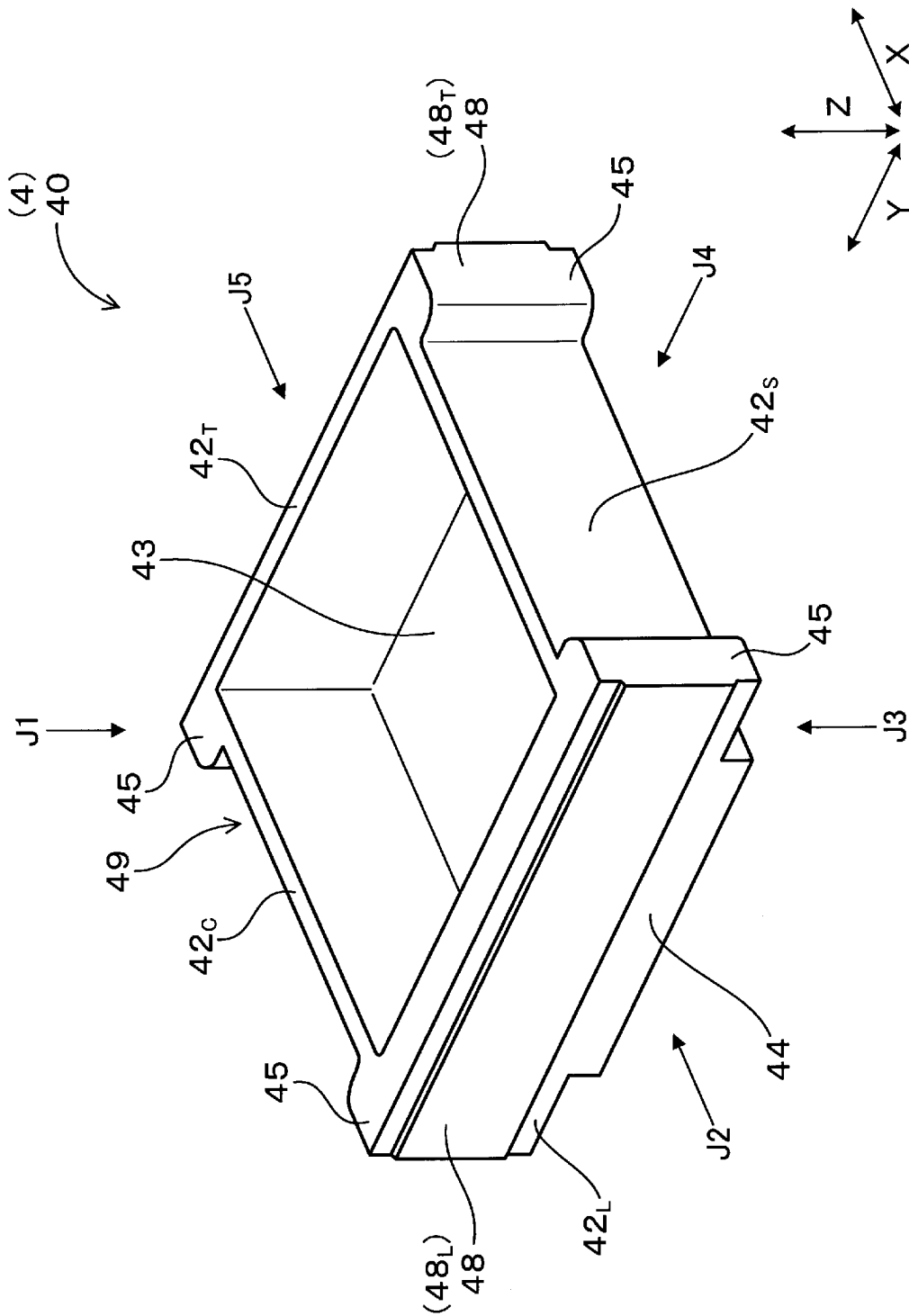
[図81]

(图 8 1)



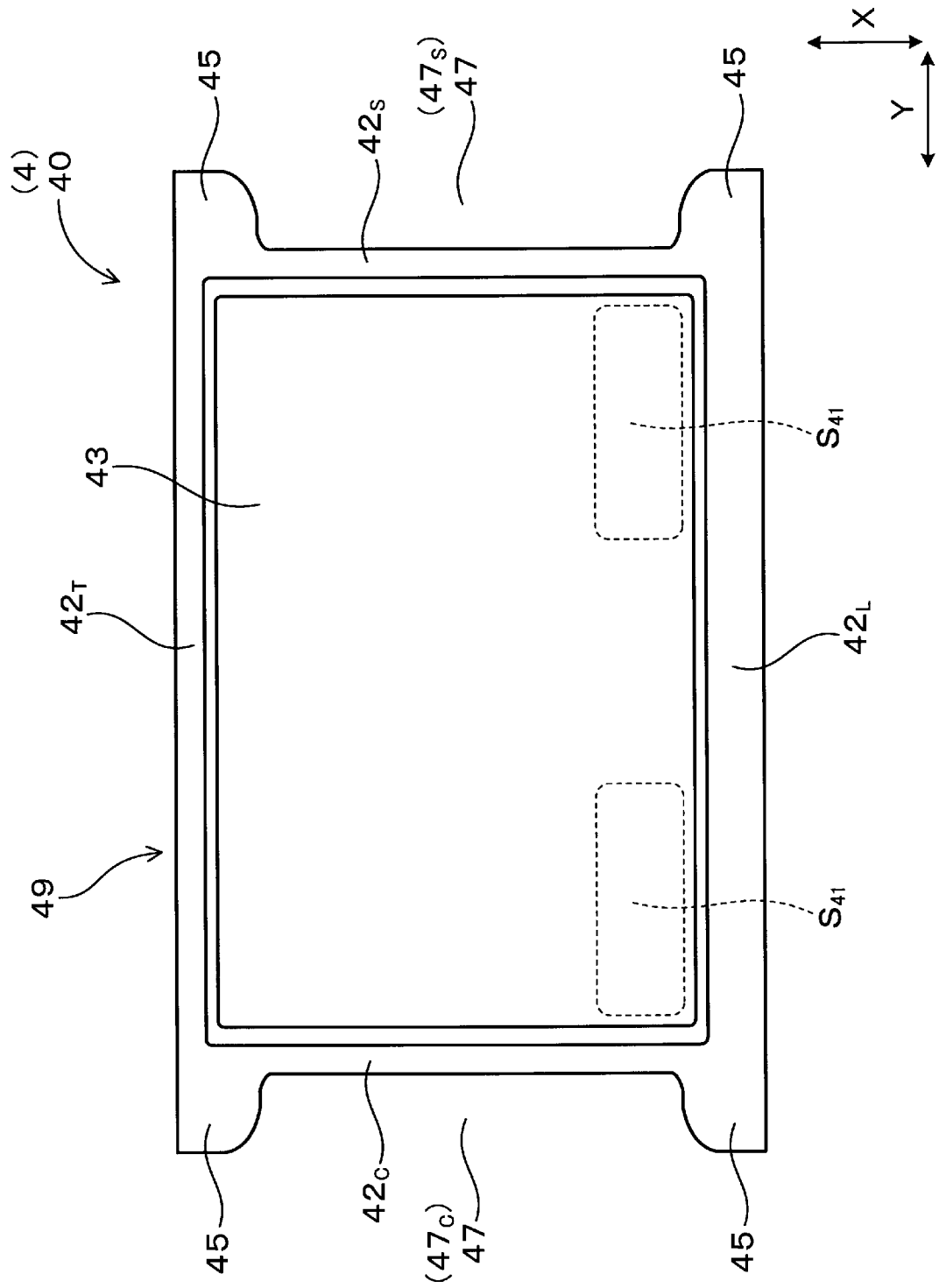
[図82]

(図82)



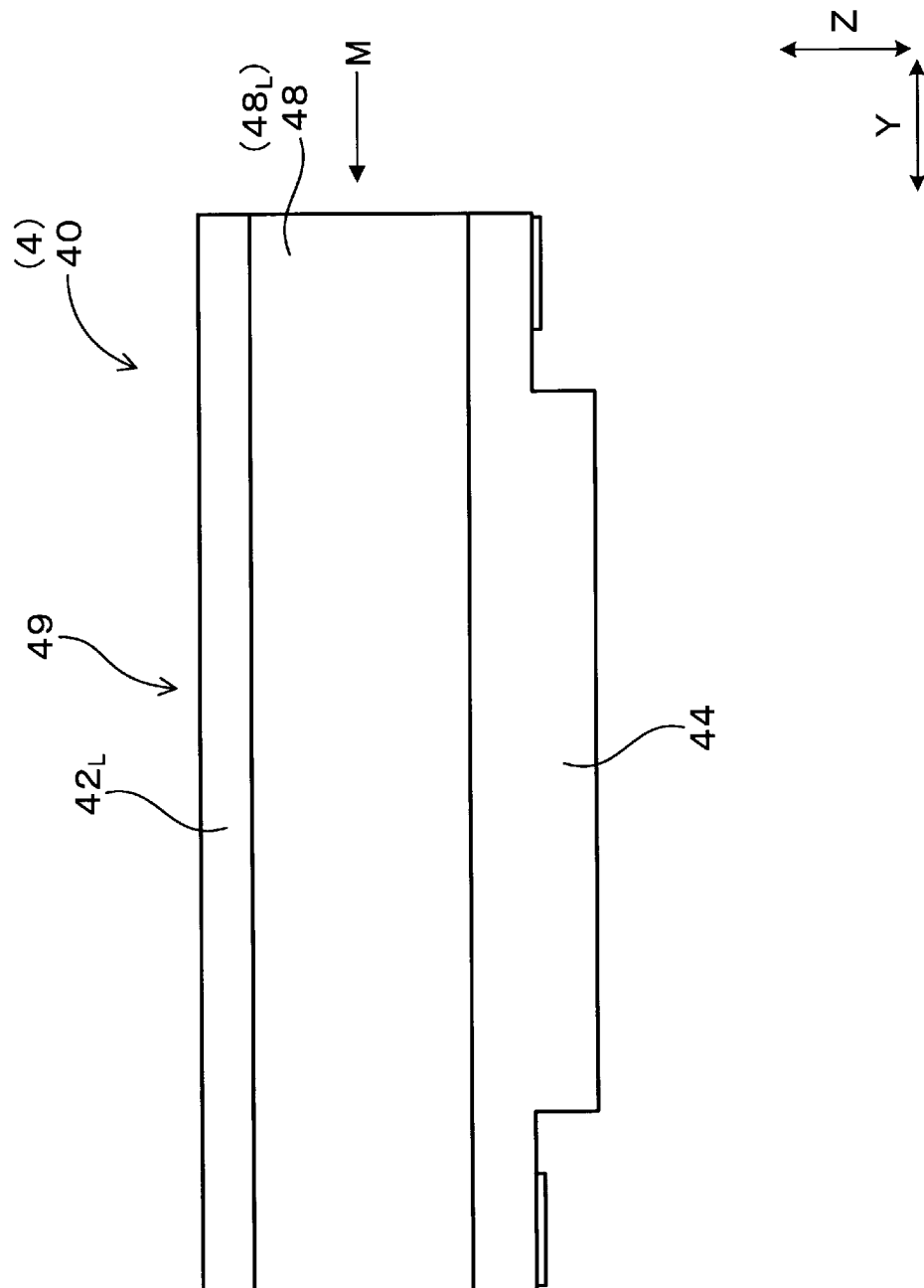
[図83]

(図 8 3)



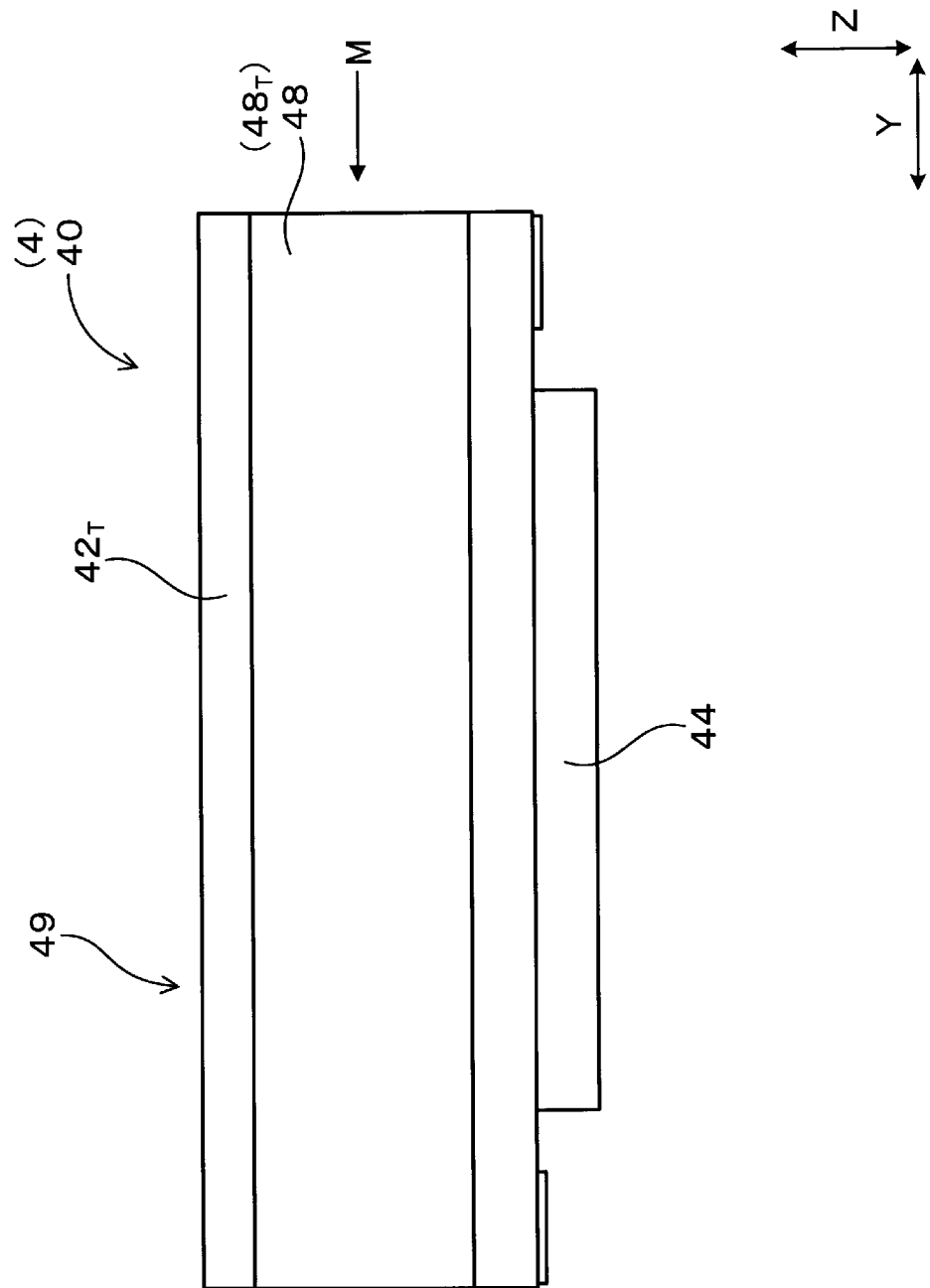
[図84]

(図 8 4)



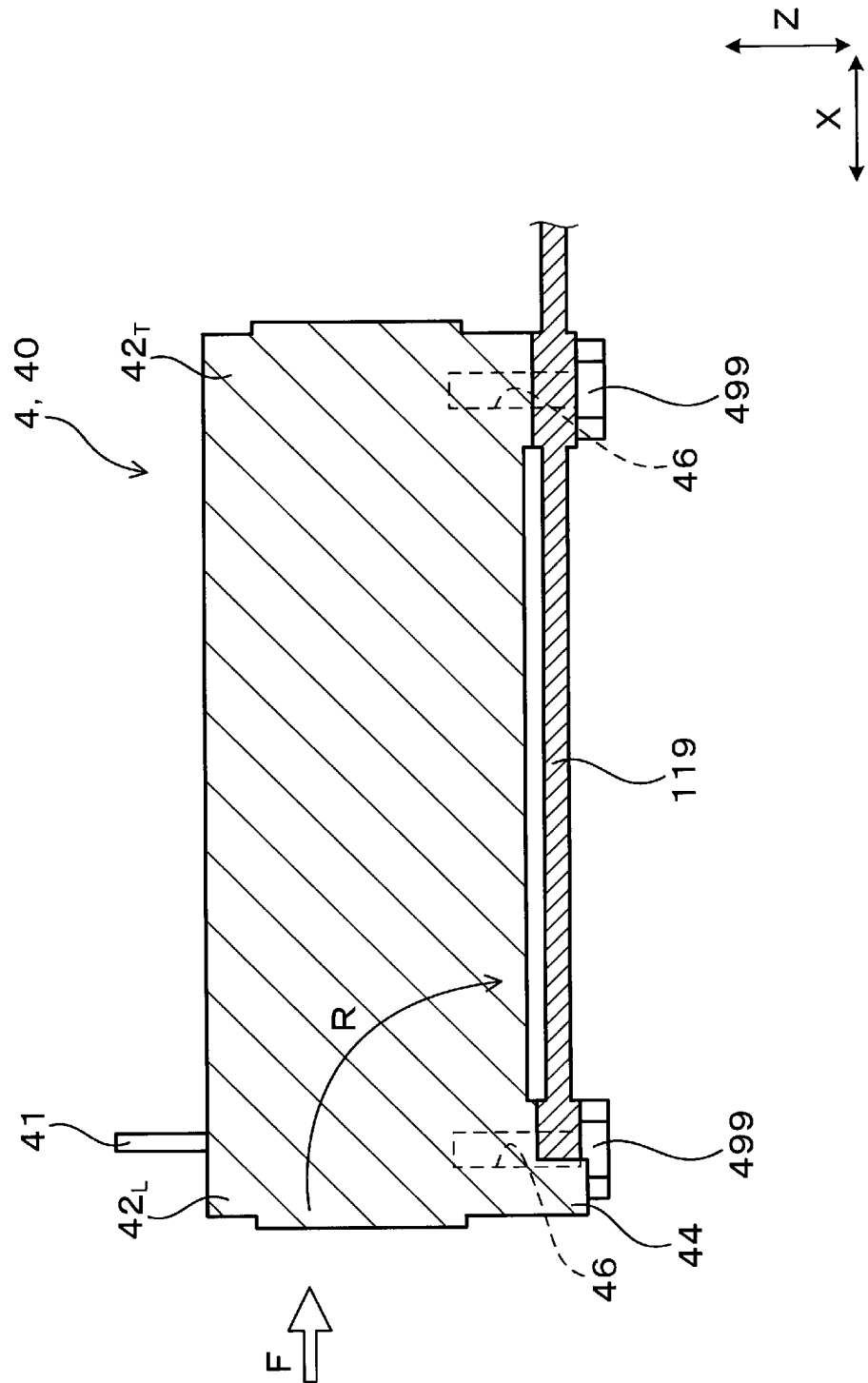
[図87]

(図 8 7)



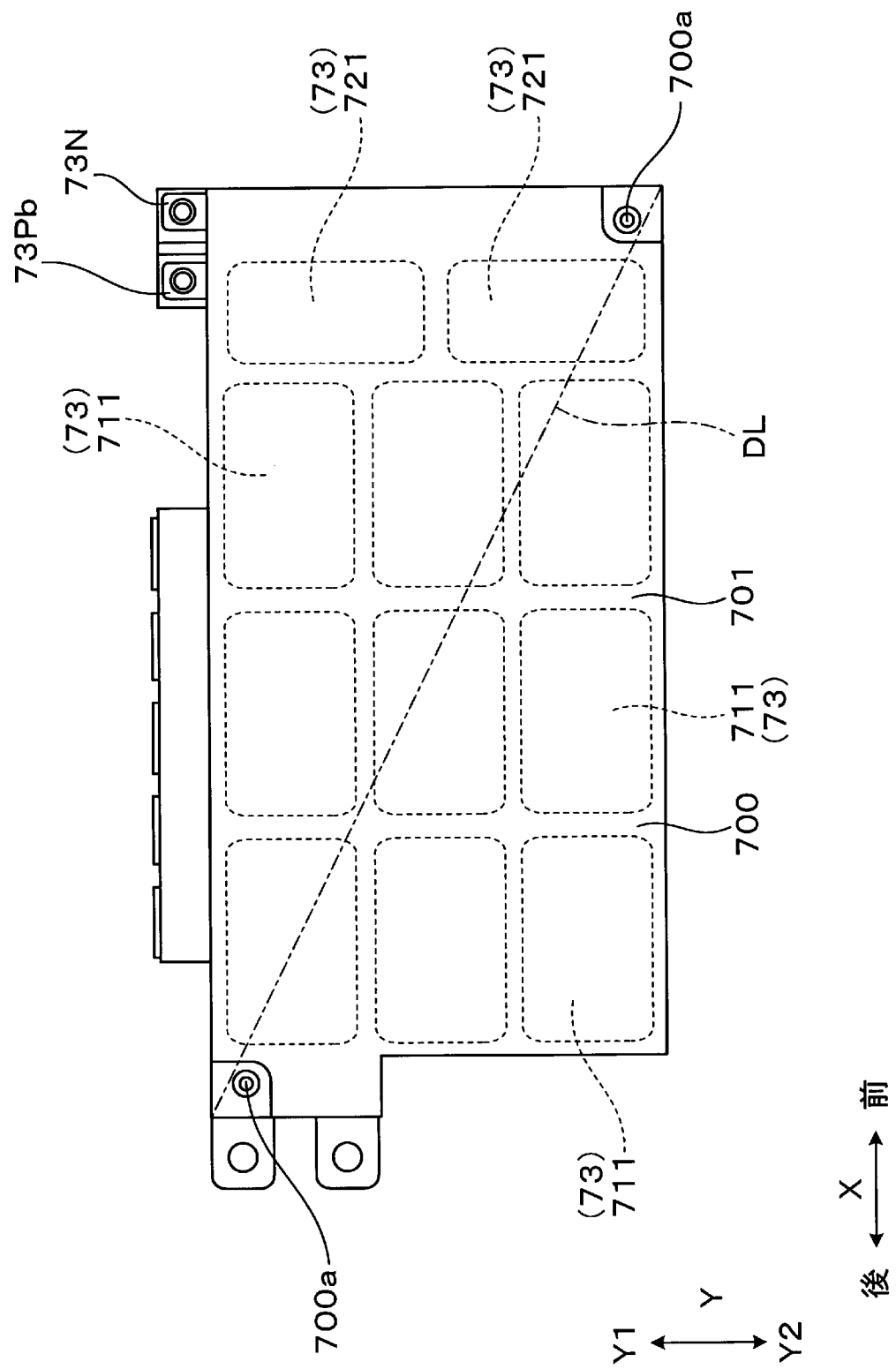
[図88]

(図 88)



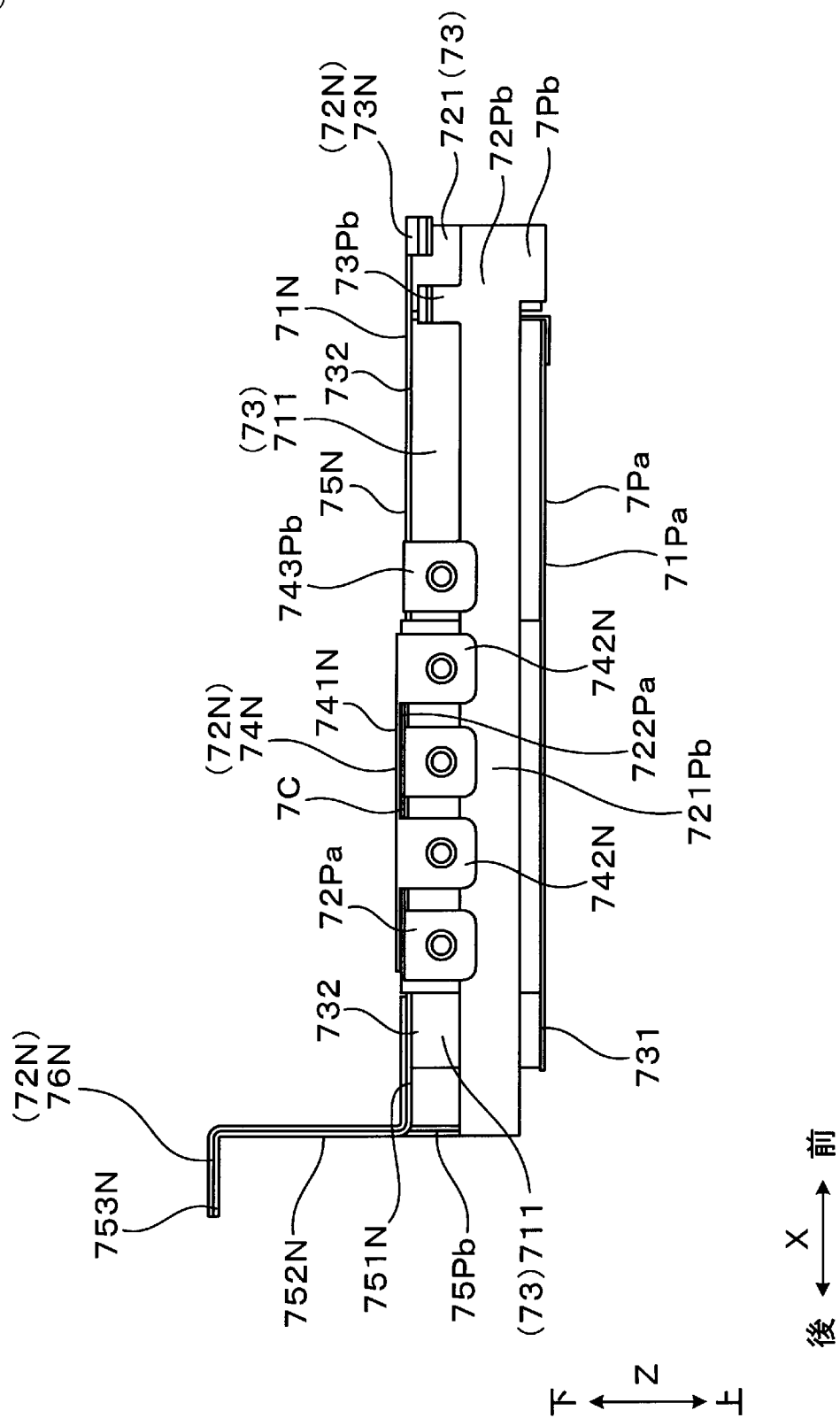
[図90]

(図90)



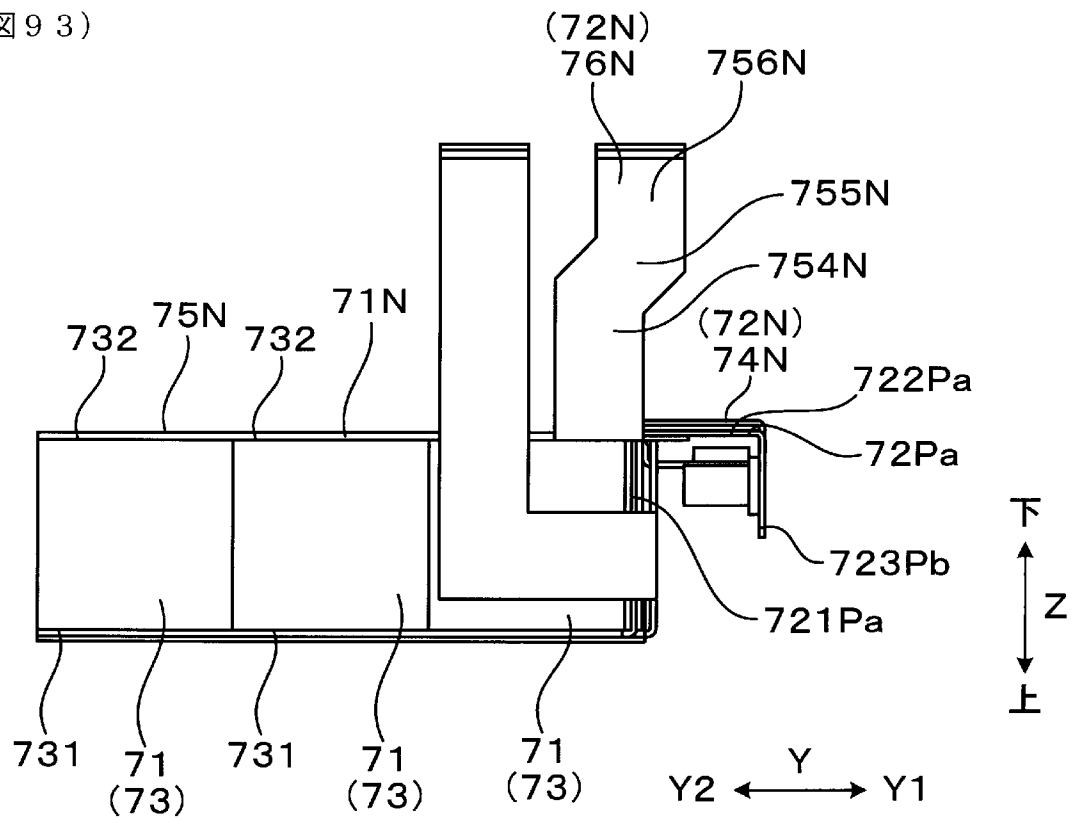
[図92]

(图 9 2)



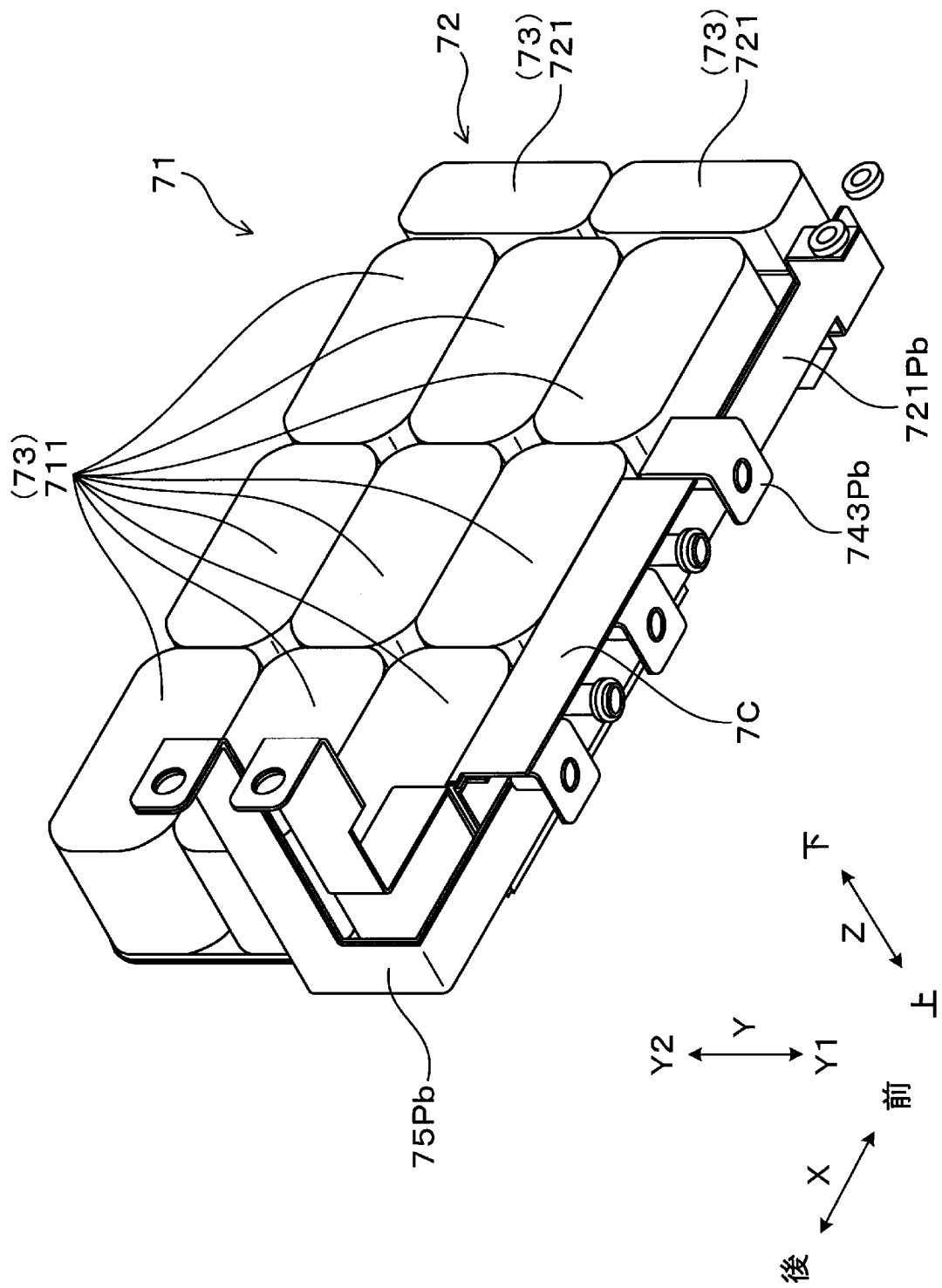
[図93]

(图 9 3)



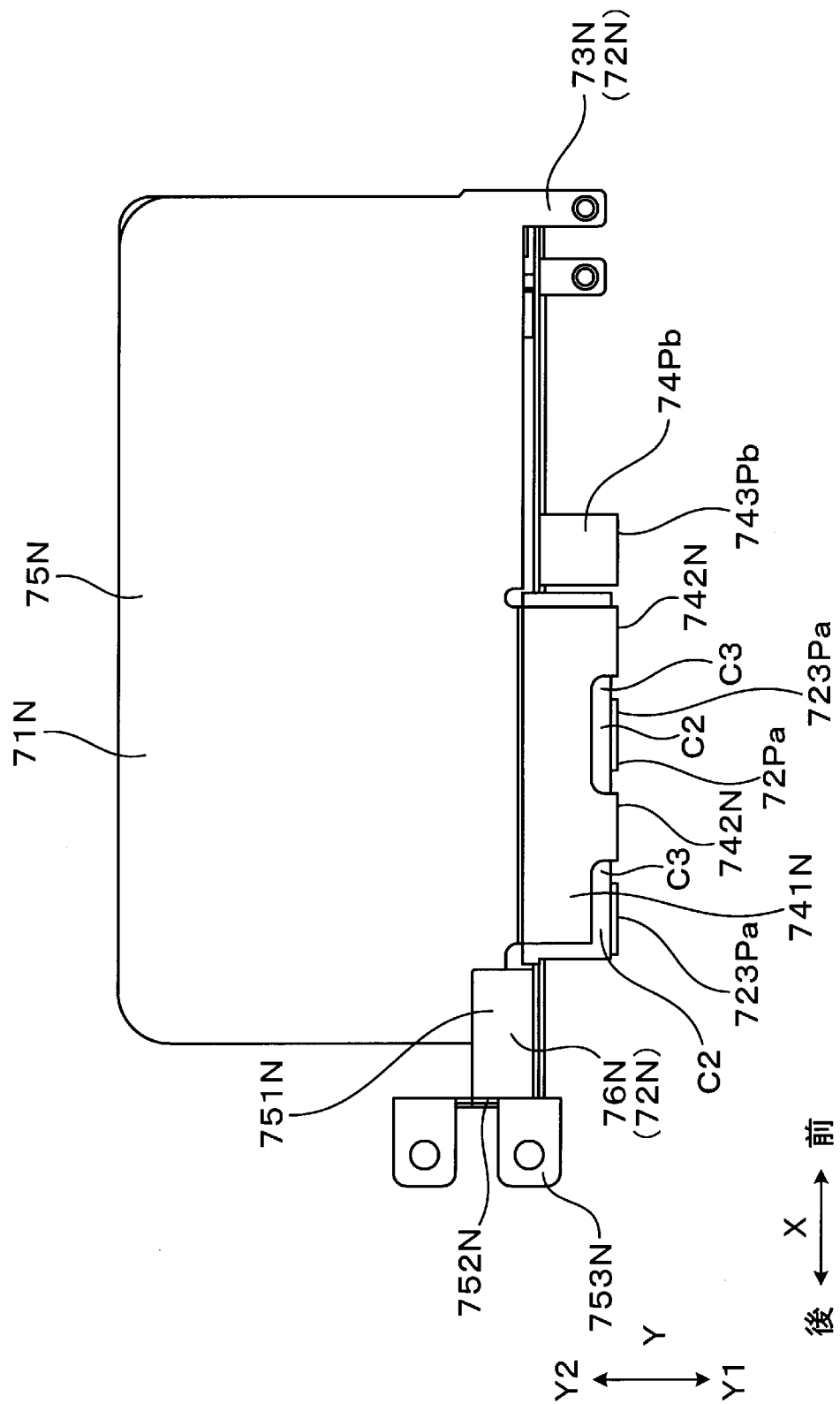
[図94]

(図 9 4)



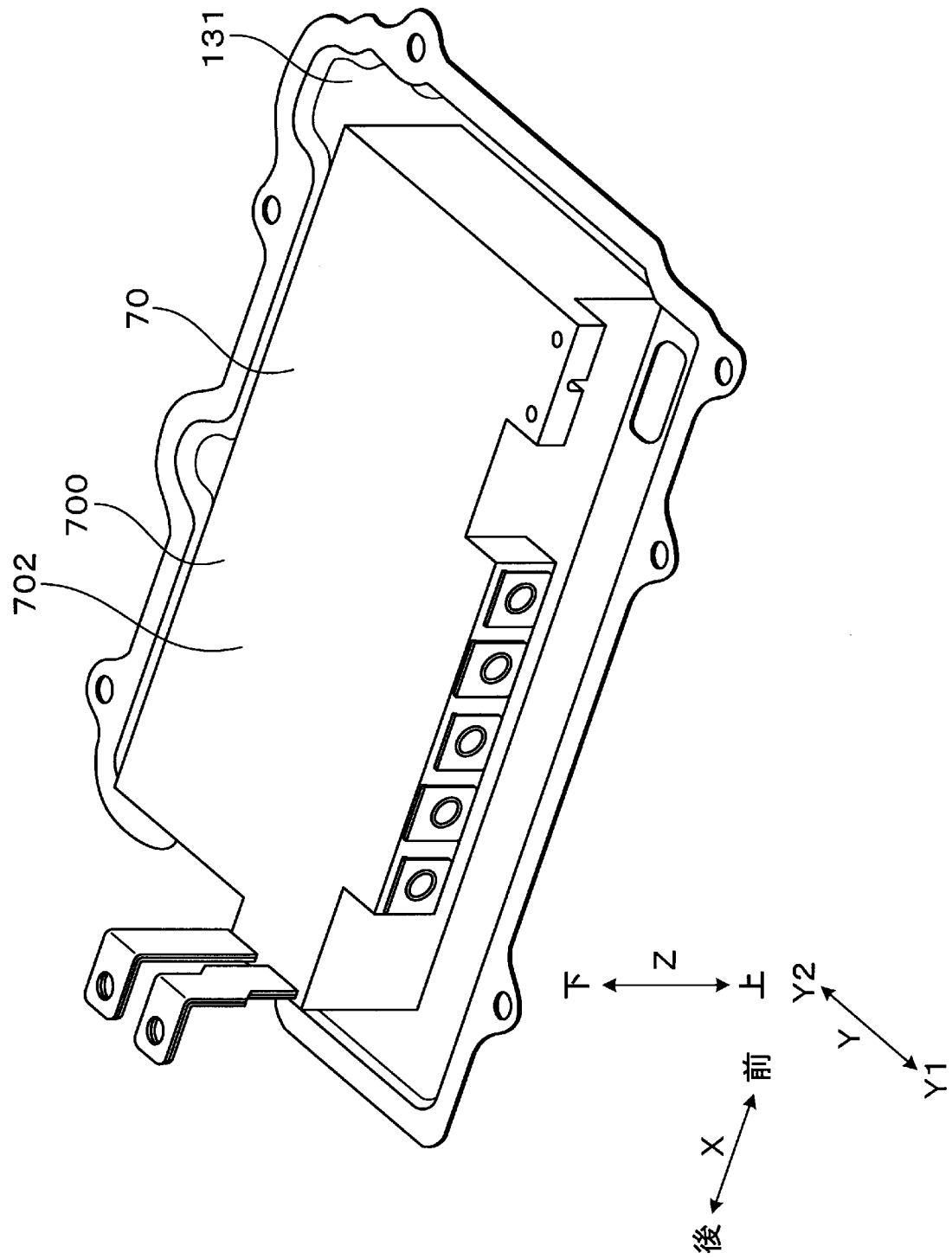
[図95]

(図 95)



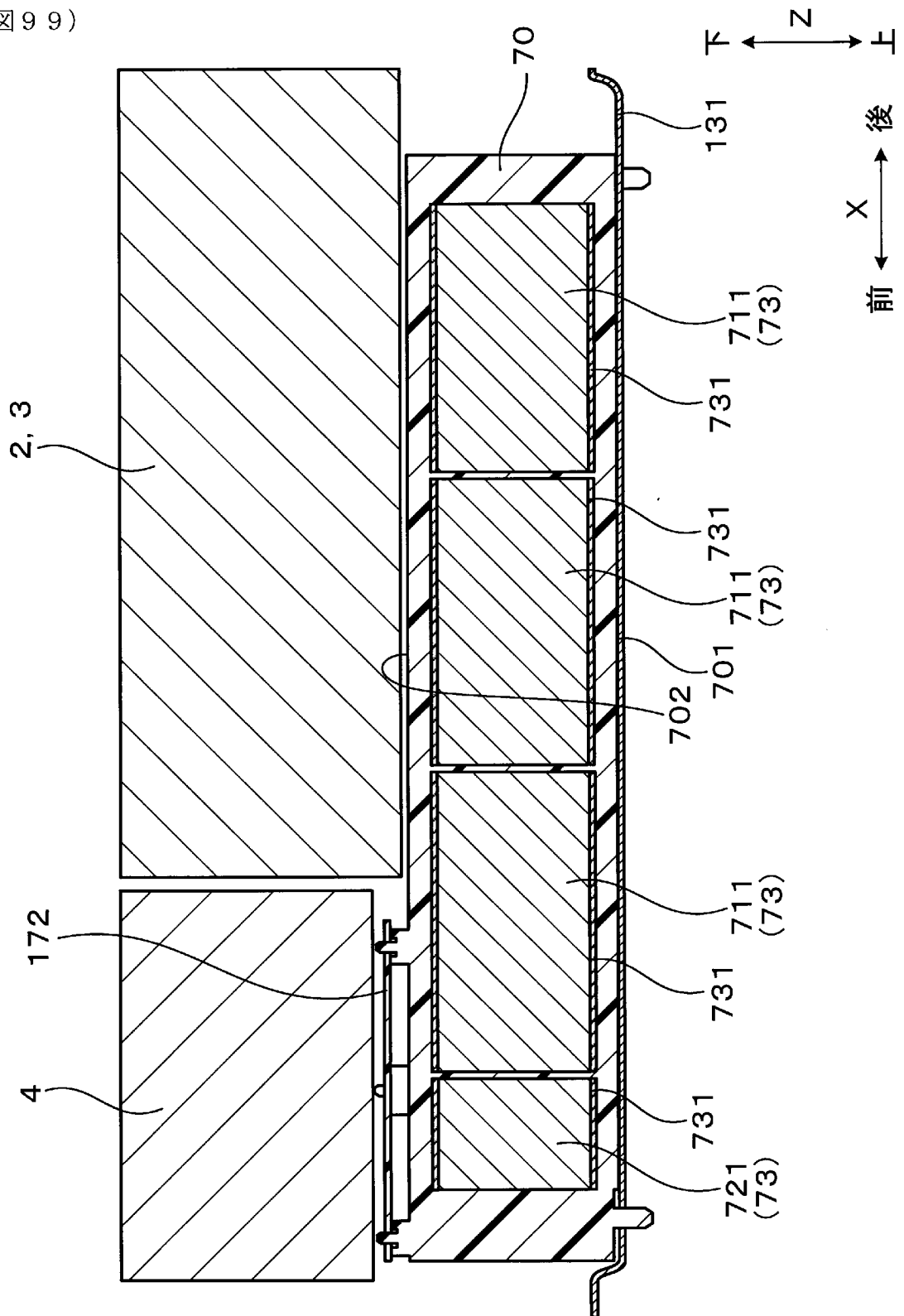
[図98]

(図 98)



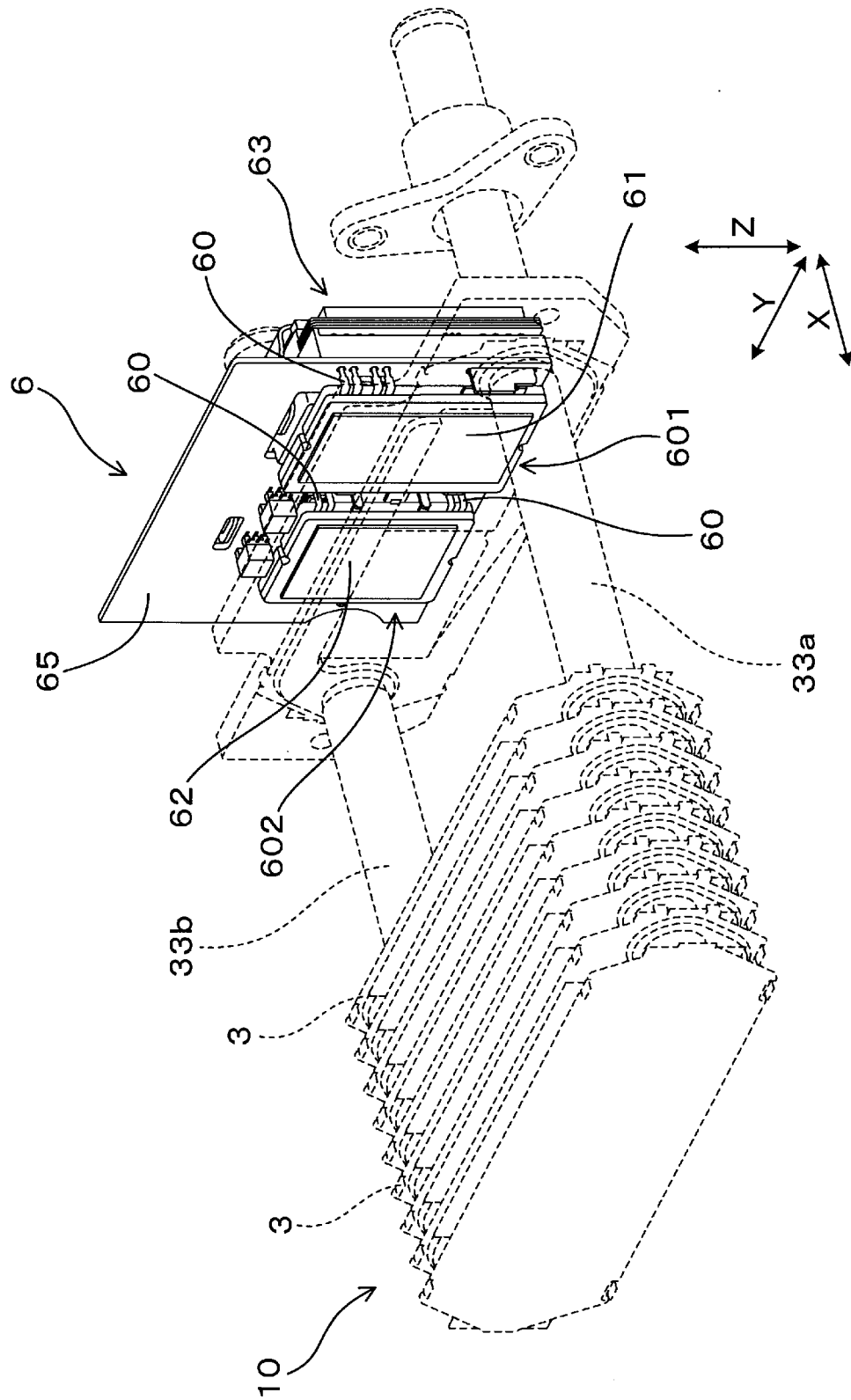
[図99]

(図99)



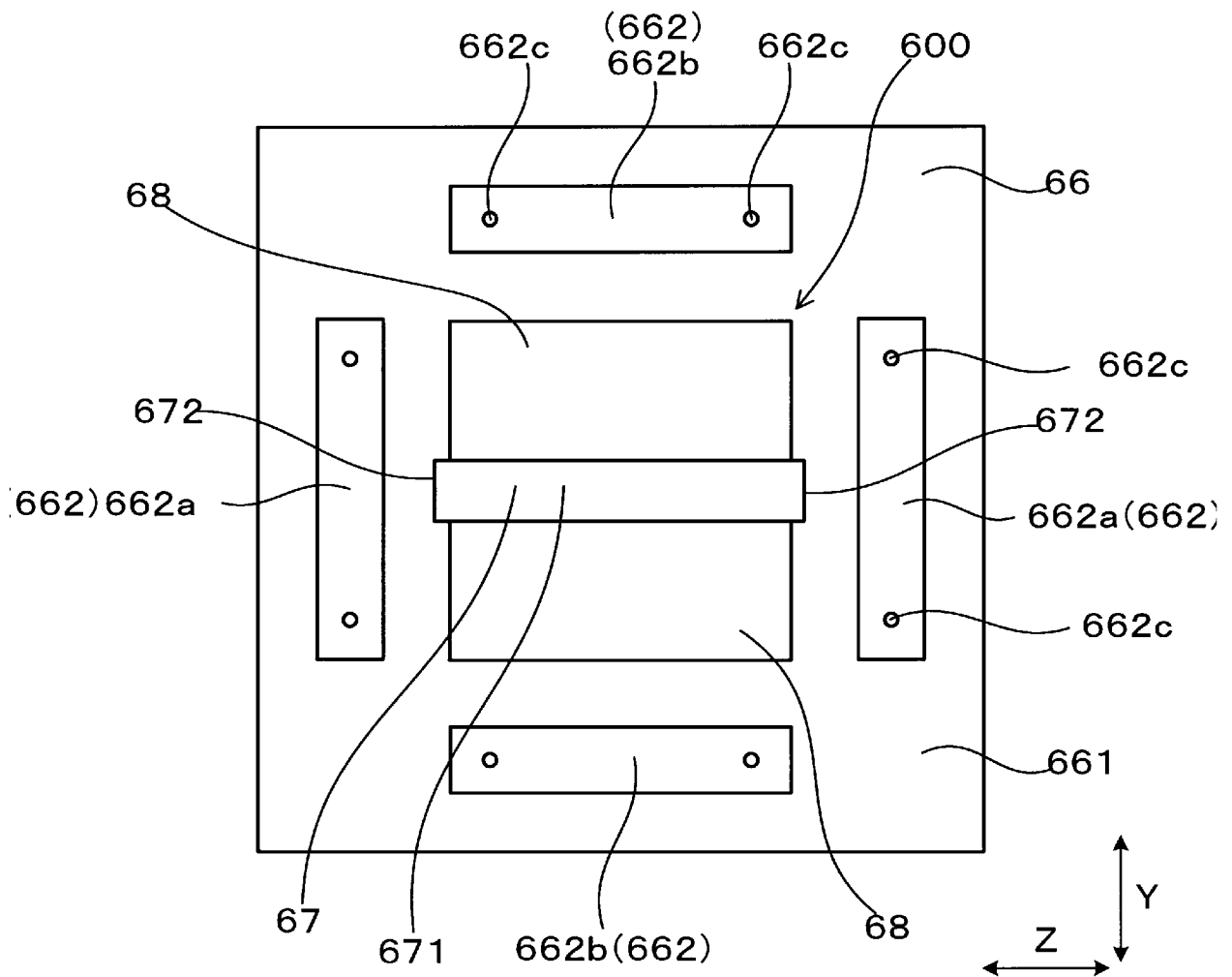
[図100]

(図100)



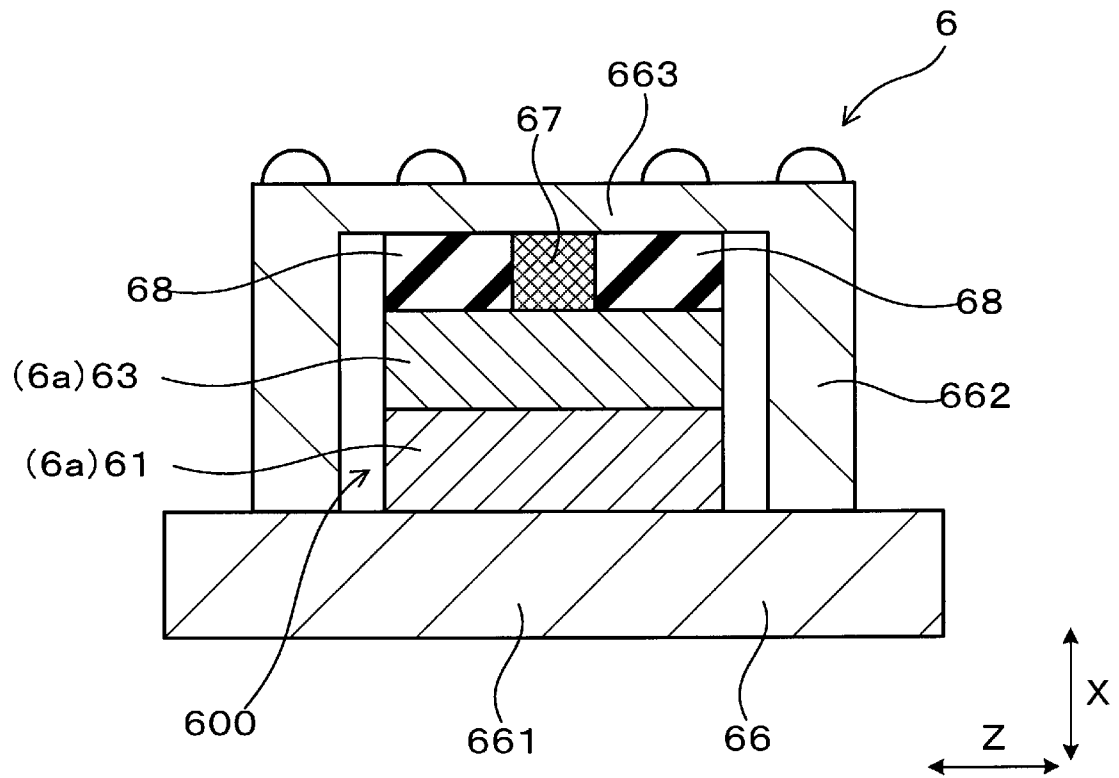
[図103]

(図 1 0 3)



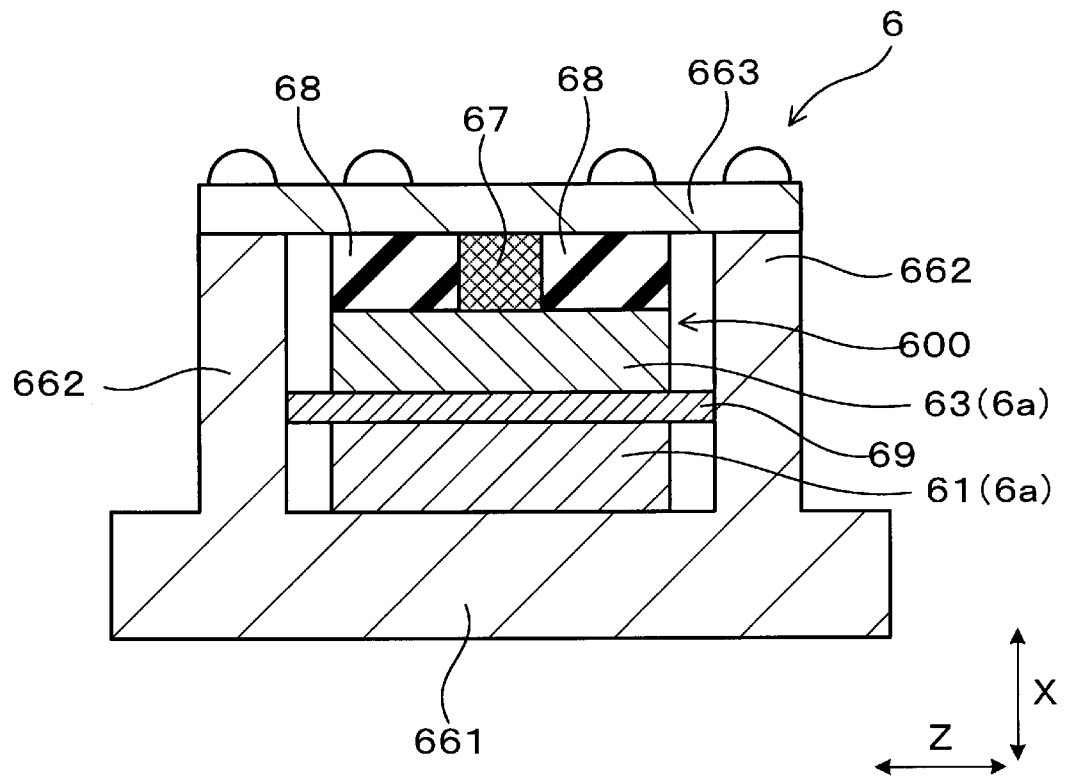
[図104]

(図104)

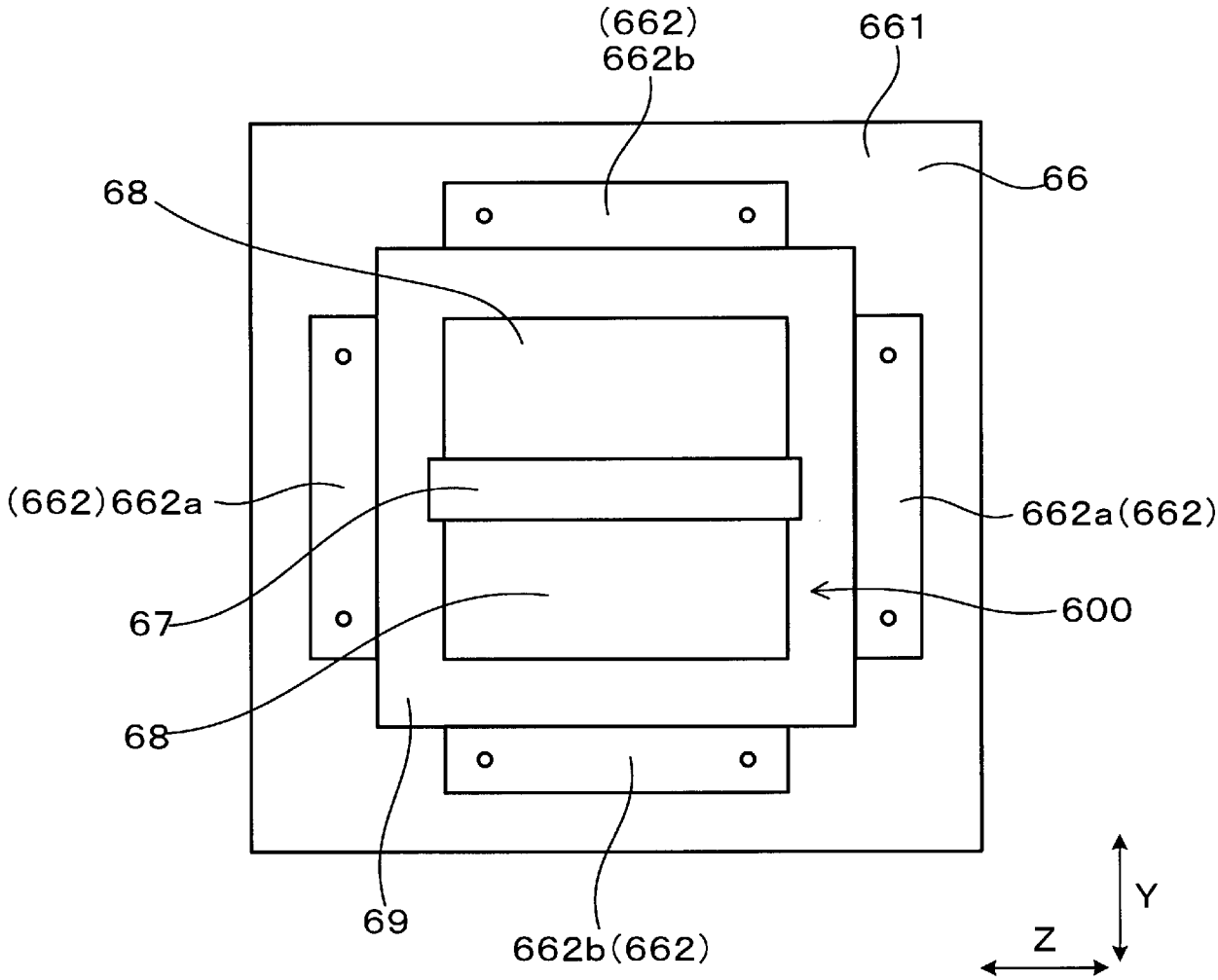


[図105]

(図105)

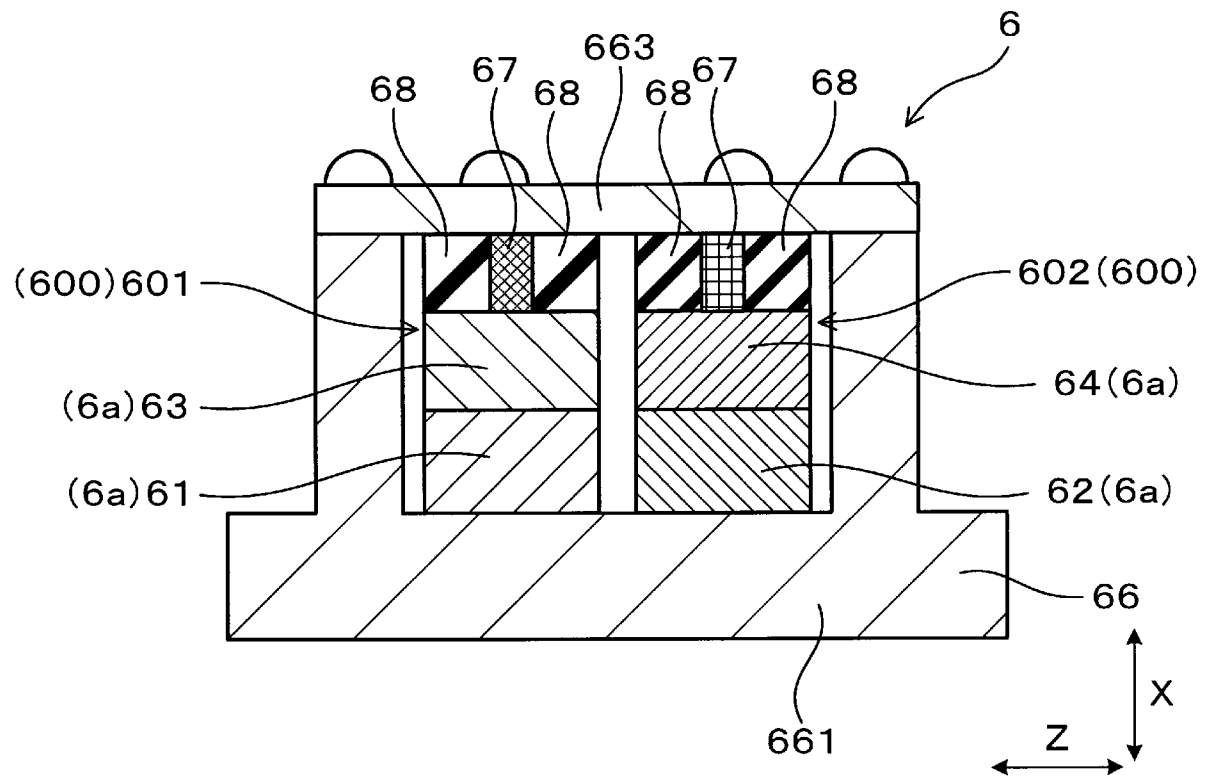


[図106]
(図 1 0 6)

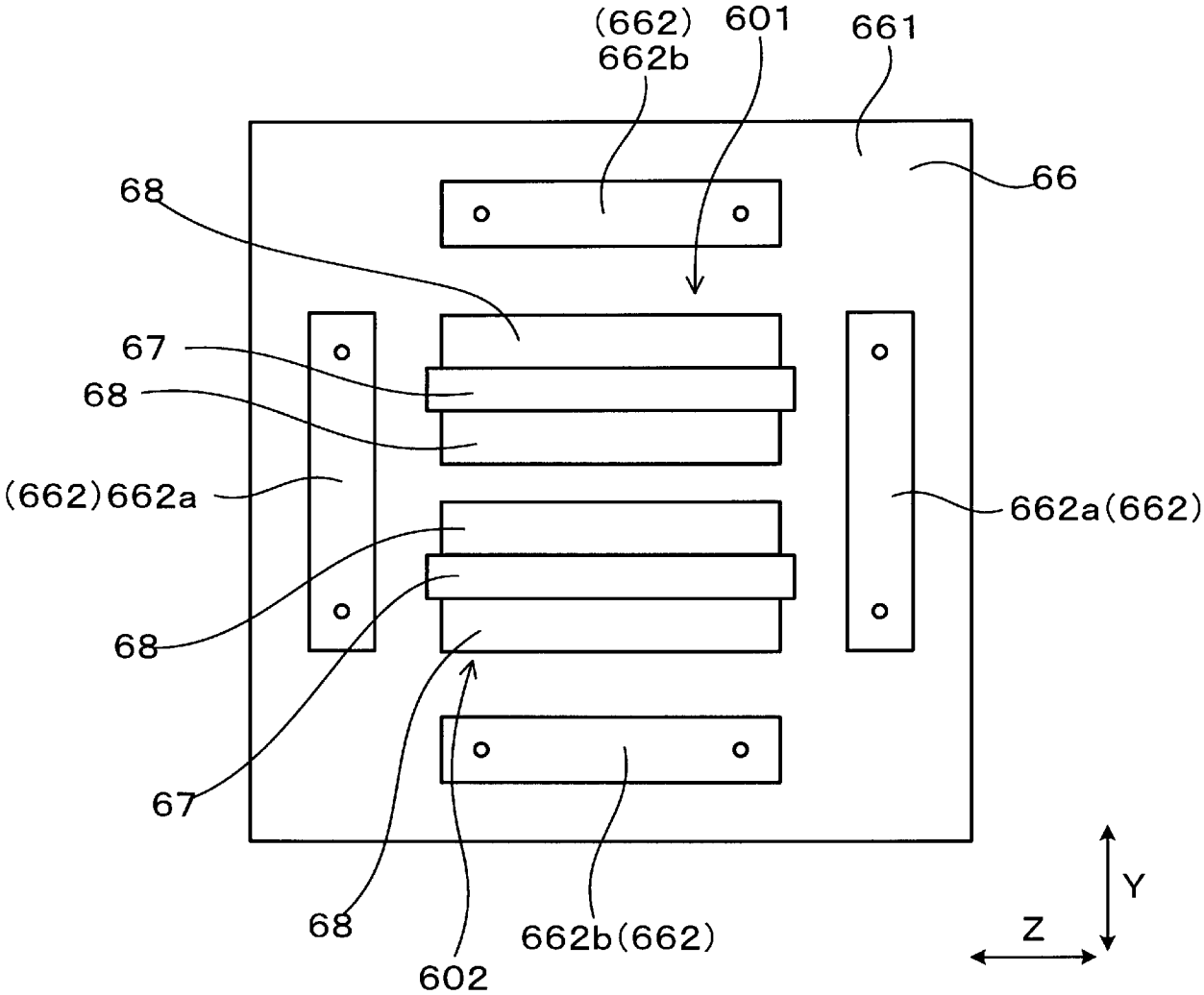


[図107]

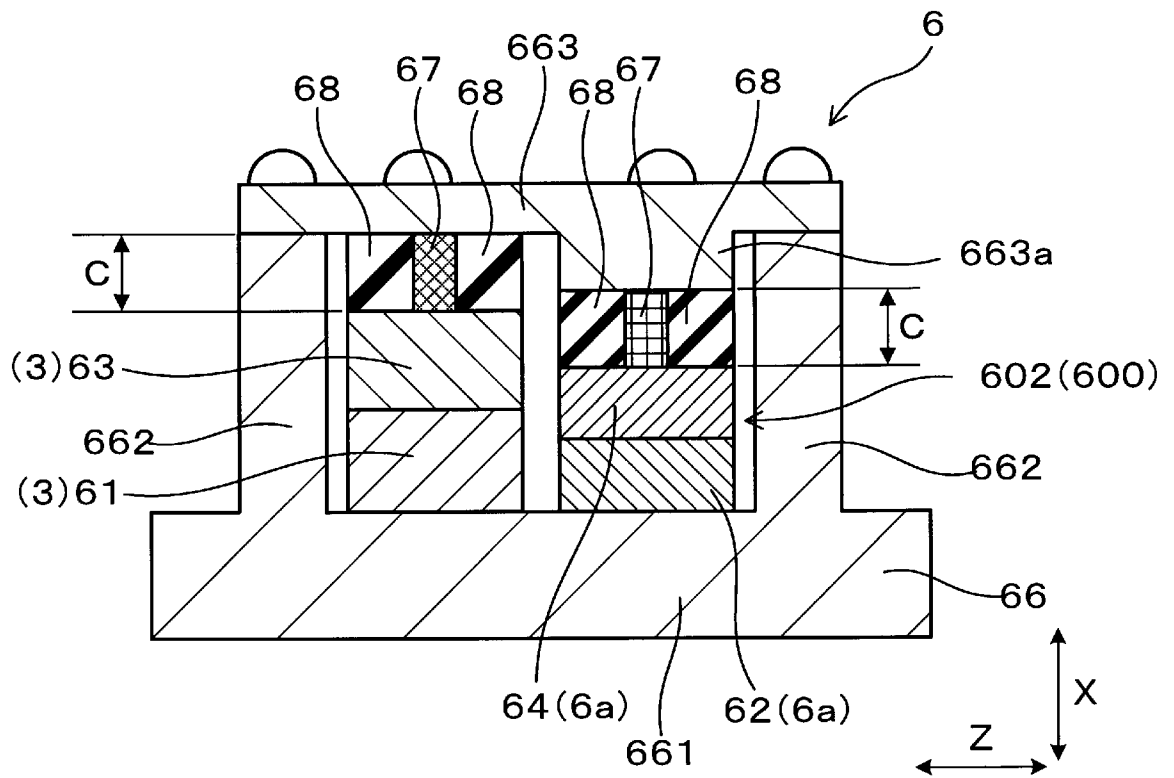
(図 1 0 7)



[図108]
(図108)



(図 109)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/040019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02M7/48 (2007.01) i, H01L23/473 (2006.01) i, H05K7/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H02M7/48, H01L23/473, H05K7/20

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X	JP 2015-170753 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 28 September	1
Y	2015, paragraphs [0017]-[0021], [0045]-[0053],	3
A	fig. 1, 2, 7, 8 (Family: none)	2, 4
Y	JP 2013-110856 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 06 June	3
	2013, paragraphs [0010], [0011], fig. 1-3 (Family: none)	
Y	JP 2009-261125 A (DENSO CORP.) 05 November 2009,	3
	paragraphs [0047], [0048], fig. 6 (Family: none)	



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
07.12.2018

Date of mailing of the international search report
18.12.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/040019

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2017-93271 A (DENSO CORP.) 25 May 2017, entire text, all drawings & US 2017/0141082 A1, entire text, all drawings & DE 102016121914 A1 & CN 106787620 A	1-4
A	JP 2016-139749 A (DENSO CORP.) 04 August 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/48(2007.01)i, H01L23/473(2006.01)i, H05K7/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/48, H01L23/473, H05K7/20

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 Y A	JP 2015-170753 A（トヨタ自動車株式会社）2015.09.28, [0017] - [0021], [0045] - [0053], 図1-2, 図7-8（ファミリーなし）	1 3 2, 4
Y	JP 2013-110856 A（トヨタ自動車株式会社）2013.06.06, [0010] - [0011], 図1-3（ファミリーなし）	3
Y	JP 2009-261125 A（株式会社デンソー）2009.11.05, [0047] - [0048], 図6（ファミリーなし）	3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

07.12.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高野 誠治

5G

3567

電話番号 03-3581-1101 内線 3526

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2017-93271 A (株式会社デンソー) 2017. 05. 25, 全文, 全図 & US 2017/0141082 A1, 全文, 全図 & DE 102016121914 A1 & CN 106787620 A	1-4
A	JP 2016-139749 A (株式会社デンソー) 2016. 08. 04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4