

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年1月30日(30.01.2020)



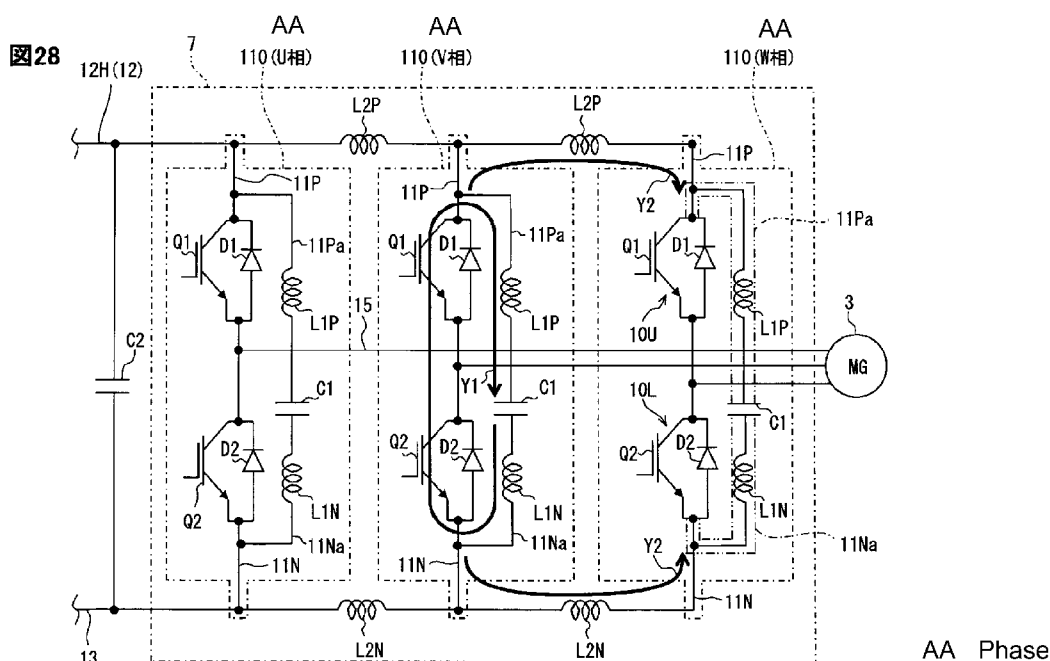
(10) 国際公開番号

WO 2020/021881 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01) H01L 25/18 (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/022918
- (22) 国際出願日: 2019年6月10日(10.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-139476 2018年7月25日(25.07.2018) JP
特願 2019-010387 2019年1月24日(24.01.2019) JP
特願 2019-024703 2019年2月14日(14.02.2019) JP
特願 2019-047418 2019年3月14日(14.03.2019) 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: 佐野 友久(SANO Tomohisa); 〒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). 橋本 雄太(HASHIMOTO Yuta); 〒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). 福島 和馬(FUKUSHIMA Kazuma); 〒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). 桑原 護(KUWAHARA Mamoru); 〒4488661 愛

(54) Title: POWER MODULE AND POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: パワーモジュール及び電力変換装置



(57) Abstract: This power module is applied to a power conversion device (5) comprising multiple upper and lower arm circuits (10) connected in parallel to power lines (12, 13). The power module is provided with: an upper and lower arm circuit; capacitors (C1) which are connected in parallel to the upper and lower arm circuit; upper wiring (11Pa) which connects the upper arms (10U) configuring the upper and lower arm circuits and the positive electrode terminals of the capacitors; lower wiring (11Na) which connects the lower arms (10L) configuring the upper and lower arm circuits and

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: 金 順 姫 (JIN Shunji); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 階 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))

the negative electrode terminals of the capacitors; and power wiring connected to power lines, specifically upper power wiring (11P) which connects the upper wiring and the high-potential line of the power lines, and lower power wiring (11N) which connects the lower wiring and the low-potential line of the power lines.

(57) 要約: パワーモジュールは、複数の上下アーム回路 (10) が並列して電力ライン (12、13) に接続されてなる電力変換装置 (5) に適用される。パワーモジュールは、上下アーム回路と、上下アーム回路に並列接続されたコンデンサ (C1) と、上下アーム回路を構成する上アーム (10U) 及びコンデンサの正極端子を接続する上配線 (11Pa) と、上下アーム回路を構成する下アーム (10L) 及び前記コンデンサの負極端子を接続する下配線 (11Na) と、電力ラインに接続される電力配線であって、電力ラインのうち高電位側のライン及び上配線を接続する上電力配線 (11P)、及び、電力ラインのうち低電位側のライン及び下配線を接続する下電力配線 (11N) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：パワーモジュール及び電力変換装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2018年7月25日に出願された日本国特許出願2018-139476号、2019年1月24日に出願された日本国特許出願2019-10387号、2019年3月14日に出願された日本国特許出願2019-47418号、2019年2月14日に出願された日本国特許出願2019-24703号、に基づくものであり、ここにその記載内容を参照により援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、パワーモジュール及び電力変換装置に関する。

背景技術

[0003] 特許文献1には、直流電圧を交流電圧に変換するインバータ（電力変換装置）が提案されている。この電力変換装置は、直流の電力ラインに並列接続されている各相の上下アーム回路と、電力ラインの電圧を平滑化する平滑コンデンサと、を備える。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：JP 2013-169075 A

発明の概要

[0005] 上下アーム回路のスイッチングに伴い生じるサージ電圧は、単位時間当たりの電流変化量（電流変化率）が大きいほど、また、配線インダクタンスが大きいほど大きくなる。そして、電力変換装置の場合、上下アーム回路のスイッチング時に必要な電荷が平滑コンデンサから供給されることになる。そのため、上下アーム回路と平滑コンデンサとを接続する配線の長さを短くすれば、サージ電圧に係る配線インダクタンスを小さくでき、サージ電圧を低減できる。

- [0006] 電力変換装置での電力損失低減を図るべく、上下アーム回路のスイッチング高速化のニーズが高くなってきており、サージ電圧を低減するニーズが高くなってきている。しかしながら、従来の電力変換装置の構成では、上述の如く配線長さを短くして配線インダクタンスを小さくすることに限界があり、さらなるサージ電圧低減を図ることが困難であるかもしれない。
- [0007] 本開示は、従来よりもサージ電圧を低減できるようにした、電力変換装置に適用されるパワーモジュール及び電力変換装置を提供することを目的とする。
- [0008] 本開示の一態様によると、パワーモジュールは、複数の上下アーム回路が並列して電力ラインに接続されてなる電力変換装置に適用される。パワーモジュールは、上アーム及び下アームを有する上下アーム回路と、上下アーム回路に並列接続されたコンデンサと、上下アーム回路を構成する上アーム及びコンデンサの正極端子を接続する上配線と、上下アーム回路を構成する下アーム及びコンデンサの負極端子を電気接続する下配線と、電力ラインに接続される電力配線であって、電力ラインのうち高電位側のライン及び上配線を接続する上電力配線、及び、電力ラインのうち低電位側のライン及び下配線を接続する下電力配線と、を備える。
- [0009] パワーモジュールは、電力ラインを含まない以下の閉ループ回路を形成する。すなわち、コンデンサの正極端子、上配線、上下アーム回路、下配線及びコンデンサの負極端子が順に直列接続された、電力ラインを含まない閉ループ回路である。そのため、上下アーム回路のスイッチング時に必要な電荷がコンデンサから供給されるにあたり、その電荷供給経路には電力ラインが含まれないので、その経路の配線を短くできる。一方、先行技術文献において平滑コンデンサで電荷供給する従来構造の場合には、平滑コンデンサから上下アーム回路への電荷供給経路に電力ラインが含まれるので、その経路の配線を十分に短くすることができないおそれがある。
- [0010] 本開示によれば、パワーモジュールは、サージ電圧発生の要因の1つである配線長を短くすることを、従来構造に比べて容易に実現できる。よって、

サージ電圧に係る配線インダクタンスを小さくでき、上下アーム回路で生じるサージ電圧を低減できる。

[0011] しかも、閉ループ回路は電力ラインを含んでいないので、サージ電圧が電力ラインに重畳しにくくなる。そのため、電力ラインを通じて他の上下アーム回路にサージ電圧を干渉させてしまうことを抑制できる。

[0012] 本開示の他の一態様によれば、電力変換装置は、複数の上下アーム回路が並列接続された電力ラインと、各相それぞれに設けられたパワーモジュールと、を備える。

[0013] 電力変換装置は、パワーモジュールが各相それぞれに設けられている。そのため、閉ループ回路によるサージ電圧低減の効果が、各相のパワーモジュール毎に発揮される。また、電力ラインを通じた他の上下アーム回路へのサージ電圧干渉抑制の効果も、各相のパワーモジュール毎に発揮される。

図面の簡単な説明

[0014] 本開示についての上記および他の目的、特徴や利点は、添付図面を参照した下記詳細な説明から、より明確になる。添付図面において、

[図1]図1は、第1実施形態の電力変換装置が適用される駆動システムを示す等価回路図であり、

[図2]図2は、半導体装置を示す斜視図であり、

[図3]図3は、図2のIII-III線に沿う断面図であり、

[図4]図4は、半導体装置を主端子側から見た平面図であり、

[図5]図5は、図2に対して封止樹脂体を省略した図であり、

[図6]図6は、リードフレームの不要部分をカットする前の斜視図であり、

[図7]図7は、IGBTと主端子の位置関係を示す平面図であり、

[図8]図8は、半導体装置の別例を示す斜視図であり、

[図9]図9は、半導体装置の別例を示す斜視図であり、

[図10]図10は、半導体装置の別例を示す斜視図であり、

[図11]図11は、主端子トータルのインダクタンスの磁場解析結果を示す図であり、

[図12]図12は、半導体装置の別例を示す斜視図であり、

[図13]図13は、半導体装置の別例を示す平面図であり、図7に対応している図であり、

[図14]図14は、半導体装置の別例を示す平面図であり、図7に対応している図であり、

[図15]図15は、半導体装置の別例を示す平面図であり、図7に対応している図であり、

[図16]図16は、半導体装置の別例を示す平面図であり、図7に対応している図であり、

[図17]図17は、半導体装置の別例を示す断面図であり、図3に対応している図であり、

[図18]図18は、図17のXVIII-XVIII線に沿う断面図であり、

[図19]図19は、半導体装置の別例の半導体装置を示す断面図であり、

[図20]図20は、IGBTと主端子の位置関係を示す平面図であり、図7に対応している図であり、

[図21]パワーモジュールを示す平面図であり、

[図22]図21のXXII-XXII線に沿う断面図であり、

[図23]図21を裏面側から見た平面図であり、

[図24]図21をA方向から見た平面図であり、

[図25]図21をB方向から見た平面図であり、

[図26]図21をC方向から見た平面図であり、

[図27]半導体装置、平滑コンデンサ、各バスバーの接続を説明するための図であり、

[図28]配線の寄生インダクタンスを含む等価回路図であり、

[図29]図27の別例を示す模式図であり、

[図30]第2実施形態のパワーモジュールを示す分解斜視図であり、

[図31]図30のXXXI-XXXI線に沿う断面図であり、

[図32]図30のXXXII-XXXII線に沿う断面図であり、

[図33]パワーモジュールの別例を示す断面図であり、図32に対応している図であり、

[図34]ケースの別例を示す斜視図であり、

[図35]図34に対応するパワーモジュールの平面図であり、

[図36]図34に対応するパワーモジュールの断面図であり、

[図37]第3実施形態のパワーモジュールの等価回路図であり、

[図38]パワーモジュールを示す模式的な図であり、

[図39]パワーモジュールの具体例を示す斜視図であり、

[図40]図39をD方向から見た平面図であり、

[図41]パワーモジュールの別例を示す斜視図であり、

[図42]パワーモジュールの別例を示す斜視図であり、

[図43]パワーモジュールの別例を示す斜視図であり、

[図44]パワーモジュールの別例を示す斜視図であり、

[図45]パワーモジュールのその他変形例を示す斜視図であり、

[図46]第4実施形態のパワーモジュールにおいて、電流センサ及び出力バスバー周辺を示す断面図であり、

[図47]パワーモジュールが適用される電力変換装置の概略構成を示す部分断面図であり、

[図48]パワーモジュールの参考例を示す断面図であり、

[図49]図46に示す構成の効果を説明するための断面図であり、

[図50]パワーモジュールの別例を示す断面図であり、

[図51]パワーモジュールが適用される装置の別例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 図面を参照しながら、複数の実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的に及び／又は構造的に対応する部分には同一の参照符号を付与する。

[0016] (第1実施形態)

本実施形態の電力変換装置は、たとえば電気自動車(EV)やハイブリッ

ド自動車（HV）などの車両に適用可能である。以下では、ハイブリッド自動車に適用される例について説明する。

[0017] （駆動システム）

図1に基づき、電力変換装置が適用される駆動システムの概略構成について説明する。

[0018] 図1に示すように、車両の駆動システム1は、直流電源2と、モータジェネレータ3、4と、直流電源2とモータジェネレータ3、4との間で電力変換を行う電力変換装置5を備えている。

[0019] 直流電源2は、リチウムイオン電池やニッケル水素電池などの充放電可能な二次電池である。モータジェネレータ3、4は、三相交流方式の回転電機である。モータジェネレータ3は、図示しないエンジンにより駆動されて発電する発電機（オルタネータ）、及び、エンジンを始動させる電動機（スタータ）として機能する。モータジェネレータ4は、車両の走行駆動源、すなわち電動機として機能する。また、回生時には発電機として機能する。車両は、走行駆動源として、エンジン及びモータジェネレータ4を備えている。

[0020] 電力変換装置5は、コンバータ6と、インバータ7、8と、制御回路部9と、平滑コンデンサC2と、フィルタコンデンサC3などを備えている。コンバータ6及びインバータ7、8は、電力変換部である。コンバータ6は、直流電圧を異なる値の直流電圧に変換するDC-DC変換部であり、インバータ7、8は、DC-AC変換部である。これら電力変換部は、上下アーム回路10とコンデンサC1を有する並列回路11を、それぞれ備えている。

[0021] 上下アーム回路10は、スイッチング素子Q1、Q2と、ダイオードD1、D2を有している。本実施形態では、スイッチング素子Q1、Q2として、nチャネル型のIGBTを採用している。上アーム10Uは、スイッチング素子Q1に、還流用のダイオードD1が逆並列に接続されてなる。下アーム10Lは、スイッチング素子Q2に、還流用のダイオードD2が逆並列に接続されてなる。なお、スイッチング素子Q1、Q2は、IGBTに限定されない。たとえばMOSFETを採用することもできる。ダイオードD1、

D 2としては、寄生ダイオードを用いることもできる。

[0022] 上アーム10Uと下アーム10Lは、上アーム10UをVHライン12H側として、VHラインとNライン13との間で直列接続されている。高電位側の電力ラインであるPライン12は、VHライン12Hに加えて、VLライン12Lを有している。VLライン12Lは、直流電源2の正極端子に接続されている。VLライン12LとVHライン12Hとの間にコンバータ6が設けられており、VHライン12Hの電位は、VLライン12Lの電位以上とされる。Nライン13は、直流電源2の負極に接続されており、接地ラインとも称される。このように、電力ライン間で上アーム10Uと下アーム10Lが直列接続されて、上下アーム回路10が構成されている。後述する半導体装置20は、1つのアームを構成する。

[0023] なお、スイッチング素子Q1のコレクタ電極がVHライン12Hに接続され、スイッチング素子Q2のエミッタ電極がNライン13に接続されている。スイッチング素子Q1のエミッタ電極と、スイッチング素子Q2のコレクタ電極が接続されている。

[0024] コンデンサC1の正極端子は、上アーム10Uを構成するスイッチング素子Q1のコレクタ電極に接続されている。コンデンサC1の負極端子は、下アーム10Lを構成するスイッチング素子Q2のエミッタ電極に接続されている。すなわち、コンデンサC1は、対応する上下アーム回路10に並列接続されている。並列回路11は、上下アーム回路10とコンデンサC1とが並列接続されてなる。並列回路11は、共通配線11P、11Nを有している。上アーム10UとコンデンサC1の正極端子との接続点は、共通配線11Pを介して、VHライン12Hに接続されている。下アーム10LとコンデンサC1の負極端子との接続点は、共通配線11Nを介して、Nライン13に接続されている。

[0025] 本実施形態では、平滑コンデンサC2やフィルタコンデンサC3とは別に、コンデンサC1が設けられている。コンデンサC1は、並列接続された上下アーム回路10を構成するスイッチング素子Q1、Q2のスイッチング時

に必要な電荷を供給する機能を有せばよい。スイッチングによってエネルギーロス（損失）が発生し、上下アームの両端間の電圧が落ち込むため、不足する電荷を、並列接続されたコンデンサC 1から供給する。このため、コンデンサC 1の静電容量は、平滑コンデンサC 2やフィルタコンデンサC 3の静電容量に対して十分に小さい値とされている。たとえば、平滑コンデンサC 2の静電容量が1000 μ Fとされ、コンデンサC 1の静電容量が10 μ F～20 μ Fとされている。後述するパワーモジュール110は、1つの並列回路11を構成する。

[0026] フィルタコンデンサC 3は、VLライン12LとNライン13との間に接続されている。フィルタコンデンサC 3は、直流電源2に並列に接続されている。フィルタコンデンサC 3は、たとえば直流電源2からの電源ノイズを除去する。フィルタコンデンサC 3は、平滑コンデンサC 2よりも低電圧側に配置されるため低圧側コンデンサとも称される。なお、Nライン13及びVLライン12Lの少なくとも一方には、直流電源2とフィルタコンデンサC 3との間に、図示しないシステムメインリレー（SMR）が設けられている。

[0027] コンバータ6は、並列回路11と、リアクトルを有している。本実施形態のコンバータ6は、多相コンバータ、具体的には二相コンバータとして構成されている。コンバータ6は、2組の並列回路11と、並列回路11ごとに設けられたリアクトルR 1，R 2を有している。並列回路11は、VHライン12HとNライン13との間で並列接続されている。リアクトルR 1，R 2の一端はVLライン12Lに接続され、他端は、昇圧配線14をそれぞれ介して、対応する並列回路11における上アーム10U及び下アーム10Lの接続点に接続されている。すなわち、VLライン12Lと対応する上下アーム回路10の接続点との間に、リアクトルR 1，R 2が配置されている。リアクトルR 1，R 2は、VLライン12LとNライン13との間で、互いに並列に接続されている。

[0028] コンバータ6は、制御回路部9によるスイッチング制御にしたがって、直

流電圧を異なる値の直流電圧に変換する。コンバータ 6 は、直流電源 2 から供給される直流電圧を昇圧する機能を有している。また、平滑コンデンサ C 2 の電荷を用いて直流電源 2 を充電する降圧機能も有している。

[0029] 平滑コンデンサ C 2 は、VHライン 1 2 HとNライン 1 3との間に接続されている。平滑コンデンサ C 2 は、コンバータ 6 とインバータ 7, 8 との間に設けられており、コンバータ 6 及びインバータ 7, 8 と並列に接続されている。平滑コンデンサ C 2 は、たとえばコンバータ 6 で昇圧された直流電圧を平滑化し、その直流電圧の電荷を蓄積する。平滑コンデンサ C 2 の両端間の電圧が、モータジェネレータ 3, 4 を駆動するための直流の高電圧となる。平滑コンデンサ C 2 の両端間の電圧は、フィルタコンデンサ C 3 の両端間の電圧以上とされる。平滑コンデンサ C 2 は、フィルタコンデンサ C 3 よりも高電圧側に配置されるため高圧側コンデンサとも称される。

[0030] インバータ 7 は、平滑コンデンサ C 2 を介してコンバータ 6 に接続されている。インバータ 7 は、並列回路 1 1 を 3 組分、有している。すなわち、インバータ 7 は、三相分の上下アーム回路 1 0 を有している。U 相の上下アーム回路 1 0 の接続点は、モータジェネレータ 3 の固定子に設けられた U 相巻線に接続されている。同様に、V 相の上下アーム回路 1 0 の接続点は、モータジェネレータ 3 の V 相巻線に接続されている。W 相の上下アーム回路 1 0 の接続点は、モータジェネレータ 3 の W 相巻線に接続されている。各相の上下アーム回路 1 0 の接続点は、相ごとに設けられた出力配線 1 5 を介して対応する相の巻線に接続されている。

[0031] インバータ 7 は、制御回路部 9 によるスイッチング制御にしたがって、直流電圧を三相交流電圧に変換し、モータジェネレータ 3 へ出力する。これにより、モータジェネレータ 3 は、所定のトルクを発生するように駆動される。また、インバータ 7 は、エンジンの出力を受けてモータジェネレータ 3 が発電した三相交流電圧を、制御回路部 9 によるスイッチング制御にしたがって直流電圧に変換し、VHライン 1 2 Hへ出力することもできる。このように、インバータ 7 は、コンバータ 6 とモータジェネレータ 3 との間で双方向

の電力変換を行なう。

[0032] 同様に、インバータ 8 も、平滑コンデンサ C 2 を介してコンバータ 6 に接続されている。インバータ 8 も、並列回路 11 を 3 組分、有している。すなわち、インバータ 8 は、三相分の上下アーム回路 10 を有している。U 相の上下アーム回路 10 の接続点は、モータジェネレータ 4 の固定子に設けられた U 相巻線に接続されている。V 相の上下アーム回路 10 の接続点は、モータジェネレータ 4 の V 相巻線に接続されている。W 相の上下アーム回路 10 の接続点は、モータジェネレータ 4 の W 相巻線に接続されている。各相の上下アーム回路 10 の接続点は、相ごとに設けられた出力配線 15 を介して対応する相の巻線に接続されている。

[0033] インバータ 8 は、制御回路部 9 によるスイッチング制御にしたがって、直流電圧を三相交流電圧に変換し、モータジェネレータ 4 へ出力する。これにより、モータジェネレータ 3 は、所定のトルクを発生するように駆動される。また、インバータ 8 は、車両の回生制動時、車輪からの回転力を受けてモータジェネレータ 4 が発電した三相交流電圧を、制御回路部 9 によるスイッチング制御にしたがって直流電圧に変換し、VH ライン 12 H へ出力することもできる。このように、インバータ 8 は、コンバータ 6 とモータジェネレータ 4 との間で双方向の電力変換を行なう。

[0034] 制御回路部 9 は、インバータ 7, 8 のスイッチング素子を動作させるための駆動指令を生成し、図示しない駆動回路部（ドライバ）に出力する。制御回路部 9 は、図示しない上位 ECU から入力されるトルク要求や各種センサにて検出された信号に基づいて、駆動指令を生成する。

[0035] 各種センサとしては、モータジェネレータ 3, 4 の各相の巻線に流れる相電流を検出する電流センサ、モータジェネレータ 3, 4 の回転子の回転角を検出する回転角センサ、平滑コンデンサ C 2 の両端電圧、すなわち VH ライン 12 H の電圧を検出する電圧センサ、フィルタコンデンサ C 3 の両端電圧、すなわち VL ライン 12 L の電圧を検出する電圧センサ、昇圧配線 14 に設けられ、リアクトル R 1, R 2 を流れる電流を検出する電流センサなどが

ある。電力変換装置 5 は、これらの図示しないセンサを有している。制御回路部 9 は、具体的には、駆動指令として PWM 信号を出力する。制御回路部 9 は、たとえばマイコン（マイクロコンピュータ）を備えて構成されている。

[0036] なお、駆動回路部は、制御回路部 9 からの駆動指令に基づいて駆動信号を生成し、対応する上下アーム回路 10 のスイッチング素子 Q 1, Q 2 のゲート電極に出力する。これにより、スイッチング素子 Q 1, Q 2 を駆動、すなわちオン駆動、オフ駆動させる。本実施形態では、駆動回路部が上下アーム回路 10 ごとに設けられている。

[0037] 次に、電力変換装置 5 を説明する前に、その構成要素である半導体装置 20、半導体装置 20 を備えたパワーモジュール 110 について説明する。

[0038] （半導体装置）

本実施形態の電力変換装置 5 に適用可能な半導体装置 20 の一例について説明する。以下に示す半導体装置 20 は、上下アーム回路 10 の一方、すなわち 1 つのアームを構成するように構成されている。すなわち、2 つの半導体装置により、上下アーム回路 10 が構成される。このような半導体装置 20 は、1 つのアームを構成する要素単位でパッケージ化しているため、1 in 1 パッケージとも称される。半導体装置 20 は、上アーム 10 U と下アーム 10 L とで、基本的な構成が同じであり、たとえば共通部品とすることもできる。

[0039] 図 2 ～図 7 に示すように、半導体装置 20 は、封止樹脂体 30、半導体チップ 40、導電部材 50、ターミナル 60、主端子 70、及び信号端子 80 を備えている。なお、図 5 は、図 2 に対して、封止樹脂体 30 を省略した図である。図 6 は、封止樹脂体 30 の成形後であって、タイバーなど、リードフレーム 100 の不要部分を除去する前の状態を示している。図 7 は、半導体チップ 40 と主端子 70 との位置関係を示す平面図であり、封止樹脂体 30 の一部、導電部材 50 E、及びターミナル 60 を省略して図示している。

[0040] 以下の説明において、半導体チップ 40 の板厚方向を Z 方向、Z 方向に直

交する一方向をX方向と示す。具体的には、主端子70の並び方向をX方向と示す。また、Z方向及びX方向の両方向に直交する方向をY方向と示す。特に断わりのない限り、X方向及びY方向により規定されるXY面に沿う形状を平面形状とする。

[0041] 封止樹脂体30は、たとえばエポキシ系樹脂からなる。封止樹脂体30は、たとえばトランスファモールド法により成形されている。図2～図4に示すように、封止樹脂体30は、半導体チップ40の板厚方向に平行なZ方向において、一面31と、一面31と反対の裏面32を有している。一面31及び裏面32は、たとえば平坦面となっている。封止樹脂体30は、一面31と裏面32とをつなぐ側面を有している。本例では、封止樹脂体30が、平面略矩形状をなしている。

[0042] 半導体チップ40は、Si、SiC、GaNなどの半導体基板に、素子が形成されてなる。半導体装置20は、半導体チップ40を1つ備えている。半導体チップ40には、1つのアームを構成する素子（スイッチング素子及びダイオード）が形成されている。すなわち、素子としてRC（Reverse Conducting）-IGBTが形成されている。たとえば上アーム10Uとして用いる場合、半導体チップ40に形成された素子はスイッチング素子Q1及びダイオードD1として機能し、下アーム10Lとして用いる場合、半導体チップ40に形成された素子はスイッチング素子Q2及びダイオードD2として機能する。

[0043] 素子は、Z方向に主電流が流れるように縦型構造をなしている。図示を省略するが、素子はゲート電極を有している。ゲート電極はトレンチ構造をなしている。図3に示すように、半導体チップ40は、Z方向の両面に主電極を有している。具体的には、一面側に主電極としてコレクタ電極41を有し、一面と反対の裏面側に主電極としてエミッタ電極42を有している。コレクタ電極41はダイオードのカソード電極も兼ねており、エミッタ電極42はダイオードのアノード電極も兼ねている。コレクタ電極41は、一面のほぼ全面に形成されている。エミッタ電極42は、裏面の一部に形成されてい

る。

[0044] 図3及び図7に示すように、半導体チップ40は、エミッタ電極42が形成された裏面に、信号用の電極であるパッド43を有している。パッド43は、エミッタ電極42とは別の位置に形成されている。パッド43は、エミッタ電極42と電氣的に分離されている。パッド43は、Y方向において、エミッタ電極42の形成領域とは反対側の端部に形成されている。

[0045] 本例では、半導体チップ40が、5つのパッド43を有している。具体的には、5つのパッド43として、ゲート電極用、エミッタ電極42の電位を検出するケルビンエミッタ用、電流センス用、半導体チップ40の温度を検出する温度センサ（感温ダイオード）のアノード電位用、同じくカソード電位用を有している。5つのパッド43は、平面略矩形状の半導体チップ40において、Y方向の一端側にまとめて形成されるとともに、X方向に並んで形成されている。

[0046] 導電部材50は、半導体チップ40と主端子70とを電氣的に中継する。すなわち、主電極の配線としての機能を果たす。本例では、半導体チップ40（素子）の熱を半導体装置20の外部に放熱する機能も果たす。このため、導電部材50は、ヒートシンクとも称される。導電部材50は、電気伝導性及び熱伝導性を確保すべく、Cuなどの金属材料を少なくとも用いて形成されている。

[0047] 導電部材50は、半導体チップ40を挟むように対をなして設けられている。導電部材50のそれぞれは、Z方向からの投影視において、半導体チップ40を内包するように設けられている。半導体装置20は、一对の導電部材50として、半導体チップ40のコレクタ電極41側に配置された導電部材50Cと、エミッタ電極42側に配置された導電部材50Eを有している。導電部材50Cがコレクタ電極41と後述する主端子70Cとを電氣的に中継し、導電部材50Eがエミッタ電極42と後述する主端子70Eとを電氣的に中継する。

[0048] 図3，図5，及び図7に示すように、導電部材50Cは、Z方向において

厚肉の部分である本体部51Cと、本体部51Cよりも薄肉の部分である延設部52Cを有している。本体部51Cは、厚みがほぼ一定の平面略形状をなしている。本体部51Cは、Z方向において、半導体チップ40側の実装面53Cと、実装面53Cと反対の放熱面54Cを有している。延設部52Cは、Y方向において、本体部51Cの端部から延設されている。延設部52Cは、本体部51CとX方向の長さ、すなわち幅を同じにしてY方向に延設されている。延設部52Cにおける半導体チップ40側の面は、本体部51Cの実装面53Cと略面一となっており、半導体チップ40と反対の面は、封止樹脂体30によって封止されている。延設部52Cは、少なくとも主端子70の配置側の端部に設けられれば良い。本例では、本体部51Cの両端にそれぞれ設けられている。図7では、本体部51Cと延設部52Cとの境界を二点鎖線で示している。

[0049] 図3及び図5に示すように、導電部材50Eは、Z方向において厚肉の部分である本体部51Eと、本体部51Eよりも薄肉の部分である延設部52Eを有している。本体部51Eは、厚みがほぼ一定の平面略形状をなしている。本体部51Eは、Z方向において、半導体チップ40側の実装面53Eと、実装面53Eと反対の放熱面54Eを有している。延設部52Eは、Y方向において、本体部51Eの端部から延設されている。延設部52Eは、本体部51EとX方向の長さ、すなわち幅を同じにしてY方向に延設されている。延設部52Eにおける半導体チップ40側の面は、本体部51Eの実装面53Eと略面一となっており、半導体チップ40と反対の面は、封止樹脂体30によって封止されている。延設部52Eは、少なくとも主端子70の配置側の端部に設けられれば良い。本例では、本体部51Eの両端にそれぞれ設けられている。なお、本例では、導電部材50C、50Eとして共通部品を採用している。

[0050] 導電部材50Cの本体部51Cにおける実装面53Cには、半導体チップ40のコレクタ電極41が、はんだ90を介して接続されている。接続方法としては、はんだ接合に限定されない。導電部材50Cの大部分は封止樹脂

体30によって覆われている。導電部材50Cの放熱面54Cは、封止樹脂体30から露出されている。放熱面54Cは、一面31と略面一となっている。導電部材50Cの表面のうち、はんだ90との接続部、放熱面54C、及び主端子70の連なる部分を除く部分が、封止樹脂体30によって覆われている。

[0051] ターミナル60は、半導体チップ40と導電部材50Eとの間に介在している。ターミナル60は略直方体をなしており、その平面形状（平面略矩形状）はエミッタ電極42とほぼ一致している。ターミナル60は、半導体チップ40のエミッタ電極42と導電部材50Eとの電気伝導、熱伝導経路の途中に位置するため、電気伝導性及び熱伝導性を確保すべく、Cuなどの金属材料を少なくとも用いて形成されている。ターミナル60は、エミッタ電極42に対向配置され、はんだ91を介してエミッタ電極42と接続されている。接続方法としては、はんだ接合に特に限定されない。ターミナル60は、後述するリードフレーム100の一部として構成されてもよい。

[0052] 導電部材50Eの本体部51Eにおける実装面53Eには、半導体チップ40のエミッタ電極42が、はんだ92を介して電氣的に接続されている。具体的には、導電部材50Eとターミナル60とが、はんだ92を介して接続されている。そして、エミッタ電極42と導電部材50Eとは、はんだ91、ターミナル60、及びはんだ92を介して、電氣的に接続されている。導電部材50Eも、封止樹脂体30によって大部分が覆われている。導電部材50Eの放熱面54Eは、封止樹脂体30から露出されている。放熱面54Eは、裏面32と略面一となっている。導電部材50Eの表面のうち、はんだ92との接続部、放熱面54E、及び主端子70の連なる部分を除く部分が、封止樹脂体30によって覆われている。

[0053] 主端子70は、半導体装置20と外部機器とを電氣的に接続するための外部接続端子のうち、主電流が流れる端子である。半導体装置20は、複数の主端子70を備えている。主端子70は、対応する導電部材50に連なっている。同一の金属部材を加工することで、主端子70に対応する導電部材5

0と一体的に設けてもよいし、別部材である主端子70を接続によって導電部材50に連なる構成としてもよい。本例では、図6に示すように、主端子70は、信号端子80とともに、リードフレーム100の一部として構成されており、導電部材50とは別部材とされている。図3に示すように、主端子70は、封止樹脂体30の内部で、対応する導電部材50に連なっている。

[0054] 図3及び図4に示すように、主端子70のそれぞれは、対応する導電部材50からY方向に延設され、封止樹脂体30の1つの側面33から外部に突出している。主端子70は、封止樹脂体30の内外にわたって延設されている。主端子70は、半導体チップ40の主電極と電氣的に接続された端子である。半導体装置20は、主端子70として、コレクタ電極41と電氣的に接続された主端子70Cと、エミッタ電極42と電氣的に接続された主端子70Eを有している。主端子70Cはコレクタ端子、主端子70Eはエミッタ端子とも称される。

[0055] 主端子70Cは、導電部材50Cに連なっている。具体的には、延設部52Cの1つにおける半導体チップ40側の面に、はんだ93を介して接続されている。接続方法としては、はんだ接合に特に限定されない。主端子70Cは、導電部材50CからY方向に延設され、封止樹脂体30の側面33から外部に突出している。主端子70Eは、導電部材50Eに連なっている。具体的には、延設部52Eの1つにおける半導体チップ40側の面に、はんだ94を介して接続されている。接続方法としては、はんだ接合に特に限定されない。主端子70Eは、導電部材50Eから主端子70Cと同じ方向であるY方向に延設され、図3及び図4に示すように、主端子70Cと同じ側面33から外部に突出している。主端子70C、70Eの詳細については、後述する。

[0056] 信号端子80は、対応する半導体チップ40のパッド43に接続されている。半導体装置20は、複数の信号端子80を有している。本例では、ボンディングワイヤ95を介して接続されている。信号端子80は、封止樹脂体

30の内部でボンディングワイヤ95と接続されている。各パッド43に接続された5つの信号端子80は、それぞれY方向に延設されており、封止樹脂体30における側面33と反対の側面34から外部に突出している。信号端子80は、リードフレーム100の一部として構成されている。なお、同一の金属部材を加工することで、信号端子80を、主端子70Cとともに導電部材50Cと一体的に設けてもよい。

[0057] なお、リードフレーム100は、図6に示すようにカット前の状態で、外周枠部101と、タイバー102を有している。主端子70及び信号端子80のそれぞれは、タイバー102を介して外周枠部101に固定されている。封止樹脂体30の成形後、外周枠部101やタイバー102など、リードフレーム100の不要部分を除去することで、主端子70及び信号端子80が電氣的に分離され、半導体装置20が得られる。リードフレーム100としては、厚みが一定のもの、部分的に厚みが異なる異形材のいずれも採用が可能である。

[0058] 以上のように構成される半導体装置20では、封止樹脂体30により、半導体チップ40、導電部材50それぞれの一部、ターミナル60、主端子70それぞれの一部、及び信号端子80それぞれの一部が、一体的に封止されている。すなわち、1つのアームを構成する要素が封止されている。このため、半導体装置20は、1 in 1パッケージとも称される。

[0059] また、導電部材50Cの放熱面54Cが、封止樹脂体30の一面31と略面一とされている。また、導電部材50Eの放熱面54Eが、封止樹脂体30の裏面32と略面一とされている。半導体装置20は、放熱面54C、54Eがともに封止樹脂体30から露出された両面放熱構造をなしている。このような半導体装置20は、たとえば、導電部材50を、封止樹脂体30とともに切削加工することで形成することができる。また、放熱面54C、54Eが、封止樹脂体30を成形する型のキャビティ壁面に接触するようにして、封止樹脂体30を成形することによって形成することもできる。

[0060] 次に、主端子70について詳細に説明する。

[0061] 主端子70は、主端子70C、70Eの少なくとも一方を複数有している。主端子70Cと主端子70Eとは、板面同士が対向するのではなく、側面同士が対向するように、主端子70の板幅方向であるX方向に並んで配置されている。半導体装置20は、隣り合う主端子70C、70Eによる側面对向部を複数有している。板面とは、主端子70の表面のうち、主端子70の板厚方向の面であり、側面とは板面をつなぐ面であって主端子70の延設方向に沿う面である。主端子70の残りの表面は、延設方向における両端面、すなわち突出先端面と後端面である。側面对向部を構成する側面は、主端子70の板厚方向において少なくとも一部が対向すればよい。たとえば板厚方向にずれて設けられてもよい。ただし、全面対向の方が効果的である。また、対向とは、対向する面が少なくとも向き合っていればよい。面同士が略平行とするのが良く、完全な平行状態がより好ましい。

[0062] 主端子70の側面は、板面よりも面積が小さい面である。主端子70C、70Eは、互いに隣り合うように配置されている。互いに隣り合うことにより、主端子70C、70Eをそれぞれ複数有する構成では、主端子70Cと主端子70Eとが交互に配置されることとなる。主端子70C、70Eは、順に配置されている。

[0063] 図7に示すように、X方向において配置が連続する3つ以上の主端子70により主端子群71が構成されている。主端子70C、70Eは隣り合って配置されており、主端子群71は主端子70C、70Eを両方含み、且つ、主端子70C、70Eの少なくとも一方を複数含んで構成されている。主端子群71を構成する主端子70は、それぞれの少なくとも一部が所定の領域A1内に配置されている。領域A1は、X方向において、半導体チップ40の一方の端面44から仮想的に延長された延長線EL1と、端面44とは反対の端面45から仮想的に延長された延長線EL2との間の領域である。X方向において、延長線EL1、EL2間の長さは、半導体チップ40の幅、すなわち素子幅に一致する。

[0064] 本例では、主端子70C、70Eが、その全長において同じ方向（Y方向

）に延設されている。主端子70は、平面一直線状をなし、X方向への延設部分を有していない。主端子70Cの厚みは、本体部51Cよりも薄くされており、たとえば延設部52Cとほぼ同じとされている。主端子70Eの厚みは、本体部51Eよりも薄くされており、たとえば延設部52Eとほぼ同じとされている。主端子70の厚みは全長でほぼ一定とされており、主端子70C、70Eでほぼ同じ厚みとされている。主端子70の幅W1は全長でほぼ一定とされており、主端子70C、70Eで同じ幅とされている。また、X方向において隣り合う主端子70の間隔P1も、すべての主端子70で同じとされている。間隔P1は、端子間ピッチとも称される。

[0065] 主端子70のそれぞれは、封止樹脂体30内に屈曲部を2箇所所有している。これにより、主端子70はZY平面において略クランク状をなしている。主端子70において、屈曲部よりも先端の部分は平板状をなしており、この平板状部分の一部が、封止樹脂体30から突出している。封止樹脂体30からの突出部分、すなわち平板状部分において、主端子70C、70Eは、図3及び図4に示すように、Z方向においてほぼ同じ位置に配置されている。また、平板状部分において、主端子70C、70Eの板厚方向は、Z方向に略一致している。これにより、主端子70Cの側面と主端子70Eの側面が、Z方向のほぼ全域で対向している。さらに、主端子70C、70Eの平板状部分の延設長さがほぼ同じであり、Y方向においてほぼ同じ位置に配置されている。これにより、主端子70C、70Eの側面は、平板状部分においてほぼ全面で対向している。

[0066] 図2、図5～図7に示すように、半導体装置20は、奇数本の主端子70、具体的には9本の主端子70を備えている。うち4本が主端子70C、残りの5本が主端子70Eとなっている。主端子70C、70EはX方向において交互に配置されており、これにより半導体装置20は、側面对向部を8つ有している。X方向両端には主端子70Eが配置されており、両端の主端子70Eを除く7本の主端子70により、主端子群71が構成されている。主端子群71は、奇数本（7本）の主端子70、具体的には4本の主端子7

OCと3本の主端子70Eによって構成されている。主端子群71を構成しない2本の主端子70Eは、それぞれの全体がX方向において領域Aの外に配置されている。主端子群71を構成する主端子70のほうが、主端子群71を構成しない主端子70よりも多い構成となっている。

[0067] 主端子群71を構成する7本の主端子70のうち、両端に位置する2本の主端子70Cは、X方向においてそれぞれの一部が領域A1内に配置されている。残りの5本の主端子70は、X方向においてそれぞれの全体が領域A1内に配置されている。このように、主端子群71を構成する一部の主端子70は、それぞれの全体が領域A1内に配置され、残りの主端子70は、それぞれの一部が領域A1内に配置されている。特に本例では、主端子群71を構成する複数（5本）の主端子70それぞれの全体が領域A1内に配置されている。

[0068] 主端子70C、70Eは同じ幅W1とされており、主端子70C、70Eの間隔P1も、すべての主端子70で同じとされている。そして、奇数本の主端子70のうち、X方向において真ん中（中央）に配置された主端子70Eにおける幅の中心が、半導体チップ40の中心を通る中心線CL上に位置している。このように、主端子70C、70Eは、X方向において、半導体チップ40の中心を通る中心線CLに対して線対称配置とされている。なお、複数の主端子70Cは中心線CLに対して線対称配置とされ、複数の主端子70Eは中心線CLに対して線対称配置とされている。また、主端子群71を構成する奇数本の主端子70も、中心線CLに対して線対称配置とされている。中心線CLの延設方向は、Z方向及びX方向に直交している。

[0069] 次に、半導体装置20の効果について説明する。

[0070] 半導体装置20は、主端子70C、70Eの少なくとも一方を複数有しており、主端子70C、70EがX方向において隣り合って配置されている。そして、隣り合う主端子70C、70Eの側面同士が対向している。主端子70C、70Eで主電流の向きは逆向きとなる。このように、主端子70C、70Eは、主電流が流れたときに生じる磁束をお互いに打ち消すように配

置されている。したがって、インダクタンスを低減することができる。特に本例では、主端子70C, 70Eの側面对向部を複数有するため、インダクタンスを効果的に低減することができる。同じ種類の主端子70を複数にして並列化するため、側面对向部の並列化により、インダクタンスを低減することができる。

[0071] また、連続して配置された少なくとも3本の主端子70によって主端子群71が構成されている。主端子群71を構成する主端子70は、それぞれの少なくとも一部が、X方向において、半導体チップ40の両端面44, 45から延長された延長線EL1, EL2間の領域A1内に配置されている。すなわち、複数の側面对向部が領域A1内に配置されている。これにより、主端子群71を構成する主端子70と半導体チップ40の主電極との電流経路を簡素化、具体的には電流経路を短くすることができる。したがって、インダクタンスを低減することができる。

[0072] 以上により、半導体装置20によれば、従来よりも主回路配線のインダクタンスを低減することができる。なお、側面同士が対向するように複数の主端子70がX方向に並んで配置され、主端子70C, 70Eの少なくとも一方を複数有し、連続して配置された少なくとも3本の主端子70により主端子群71が構成され、一部分において同じ種類の主端子70が連続して配置されるようにしてもよい。これによれば、主端子70C, 70Eの少なくとも一方を複数にして並列化するため、インダクタンスを低減することができる。また、主端子群71を有することで、主端子群71を構成する主端子70と半導体チップ40の主電極との電流経路を簡素化することができる。これにより、インダクタンスを低減することができる。したがって、本例に準ずる効果を奏することができる。しかしながら、本例に示すように、主端子70C, 70Eを隣り合うように配置したほうが、磁束打消しの効果によってインダクタンスをさらに低減することができる。

[0073] 主端子群71において、X方向において全体が領域A1内に配置される主端子70のほうが、一部のみが領域A1に配置される主端子70よりも、電

流経路の簡素化の点ではより好ましい。本例では、主端子群 7 1 を構成する主端子 7 0 の一部についてそれぞれの全体が領域 A 1 内に配置され、残りの主端子 7 0 についてそれぞれの一部が領域 A 1 内に配置されている。主端子群 7 1 が、電流経路の簡素化についてより効果的な主端子 7 0 を含むため、インダクタンスを効果的に低減することができる。特に本例では、全体が領域内に配置される主端子 7 0 を複数含んでいる。電流経路の簡素化についてより効果的な主端子 7 0 を複数含むため、インダクタンスをより効果的に低減することができる。

[0074] 本例では、主端子 7 0 の本数が奇数とされている。奇数の場合、X 方向において対称性をもたせやすく、主端子 7 0 との半導体チップ 4 0 との電流経路の偏りを抑制することができる。また、X 方向における主端子 7 0 の並び順が、一面 3 1 側から見ても、裏面 3 2 側から見ても同じである。したがって、半導体装置 2 0 の配置の自由度を向上することができる。

[0075] 特に本例では、主端子 7 0 C, 7 0 E が、X 方向において、半導体チップ 4 0 の中心線 C L に対して線対称配置とされている。これにより、半導体チップ 4 0 の主電流は、中心線 C L に対して線対称となるように流れる。主電流は、中心線 C L の左右でほぼ均等に流れる。したがって、インダクタンスをさらに低減することができる。また局所的な発熱を抑制することができる。

[0076] 図 8 ～図 1 0 は別例を示している。図 8 ～図 1 0 では、便宜上、封止樹脂体 3 0 及び信号端子 8 0 を省略して図示している。図 8 ～図 1 0 では、便宜上、領域 A 1 の図示を省略し、領域 A 1 を規定する延長線 E L 1, E L 2 を示している。

[0077] 図 8 では、半導体装置 2 0 が 3 本の主端子 7 0、具体的には、1 本の主端子 7 0 C と 2 本の主端子 7 0 E を備えている。すなわち、2 つの側面对向部を有している。そして、すべての主端子 7 0 によって主端子群 7 1 が構成されている。真ん中に配置された主端子 7 0 C は、X 方向において全体が領域 A 1 に配置され、両端の主端子 7 0 E は、それぞれの一部が領域 A 1 に配置

されている。

[0078] 図9では、半導体装置20が5本の主端子70、具体的には、2本の主端子70Cと3本の主端子70Eを備えている。すなわち、4つの側面对向部を有している。そして、すべての主端子70によって主端子群71が構成されている。両端の主端子70Eは、それぞれの一部が領域A1に配置され、残り3本の主端子70はそれぞれの全体が領域A1に配置されている。

[0079] 図10では、半導体装置20が7本の主端子70、具体的には、3本の主端子70Cと4本の主端子70Eを備えている。すなわち、6つの側面对向部を有している。そして、すべての主端子70によって主端子群71が構成されている。両端の主端子70Eは、それぞれの一部が領域A1に配置され、残り5本の主端子70はそれぞれの全体が領域A1に配置されている。

[0080] 図11は、半導体装置20が備える主端子トータルのインダクタンスについて磁場解析を行った結果を示している。この磁場解析（シミュレーション）では、導電部材50のX方向の長さ（幅）を17mm、主端子70の間隔P1を1.0mmとした。また、同じ半導体装置20を構成する主端子70において、幅W1を互いに等しいものとした。たとえば主端子70を3本有する構成の場合、図11では3端子と示している。図11では、比較例として主端子を2本のみ有する構成（2端子）を示している。9端子は、図7に示した構成と同じ配置の結果である。同様に、3端子、5端子、7端子は、図8～図10に示した構成と同じ配置の結果である。

[0081] 端子数が増えるほど、1本当たりの幅は狭くなり、インダクタンス（自己インダクタンス）は増加する。しかしながら、側面对向部が増加し、主端子群71を構成する主端子70の本数も、所定の端子数までは端子数が増えるほど増加するため、インダクタンスを低減できる。3端子、5端子、及び7端子は、図8～図10に示したように、すべての主端子70によって主端子群71が構成されている。すなわち、すべての主端子70が領域A1内に配置されている。また、9端子は、図7に示したように、7本の主端子70によって主端子群71が構成されている。

- [0082] 図11の結果から、3本以上の主端子70により構成される主端子群71を備えることで、体格の増大を抑制しつつ、比較例に較べて主端子トータルのインダクタンスを低減できることが明らかである。3端子以上では、インダクタンス低減の効果が幅減少によるインダクタンス増加を上回り、インダクタンスが低減するためであると考えられる。特に5本以上の主端子70による主端子群71を備える構成とすると、比較例に較べてインダクタンスを半減以下にできる、すなわちインダクタンス低減に効果的であることが明らかである。
- [0083] なお、9端子は、主端子群71を構成する7本の主端子70と、領域A1の外に配置された2本の主端子70を備えている。このように2本の主端子70が領域A1外とされてはいるものの、主端子群71を構成しない主端子70よりも多い主端子70、すなわち大部分の主端子70が領域A1に配置されている。また、側面对向部の数も7端子に較べて側面对向部が2つ多い。よって、7端子よりも低いインダクタンスを示している。
- [0084] 例では、主端子70Eが両端に配置される構成、すなわち主端子70Eのほうが主端子70Cよりも多い構成の例を示したがこれに限定されない。奇数本の主端子70において、主端子70Cを主端子70Eよりも多い構成としてもよい。
- [0085] すべての主端子70において、封止樹脂体30からの突出部分の長さが等しい例を示したが、これに限定されない。バスバーなどとの接続性を考慮し、隣り合う主端子70C、70Eで突出部分の長さを異ならせてもよい。図12に示す別例では、主端子70Cを主端子70Eよりも長くしている。
- [0086] 図13に示す別例では、本数が少ない主端子70Cの断面積を、本数が多い主端子70Eの断面積よりも大きくし、これにより、主端子70Cトータルと主端子70Eトータルのインピーダンスをほぼ一致させている。したがって、本数が少ない主端子70Cの発熱を抑制することができる。図13では、幅を広くすることにより主端子70Cの断面積を主端子70Eの断面積よりも大きくしているが、主端子70Cの厚みを主端子70Eよりも厚くし

てもよい。また、幅と厚みの両方を調整してもよい。図13では、本数が少ない主端子70Cの延設方向の長さを、主端子70Eの延設方向の長さよりも長くしている。長いほうが断面積が大きいので、主端子70の剛性を確保することができる。図12及び図13では7端子の例を示しているが、これに限定されるものではない。

[0087] 封止樹脂体30からの突出部分において、延設方向の全長で隣り合う主端子70C、70Eが対向する例を示したが、これに限定されない。突出部分の一部で、側面同士が対向しない構成としてもよい。たとえば主端子70C、70Eの少なくとも一方において、突出先端部分が屈曲しており、これにより突出先端部分で対向しない構成としてもよい。延設長さが等しくても、バスバーなどとの接続性を高めることができる。しかしながら、インダクタンス低減の効果は減少する。

[0088] 主端子70の本数が奇数において、主端子群71を構成する主端子70の本数も奇数の例を示したが、これに限定されない。主端子群71を、偶数本（4本以上）の主端子70により構成してもよい。

[0089] 半導体装置20は、少なくとも1つの半導体チップ40を備えればよい。たとえば複数の半導体チップ40を備え、これら半導体チップ40が主端子70C、70Eの間で互いに並列接続される構成において、各半導体チップ40に対して主端子70の配置を適用してもよい。

[0090] 主端子群71を構成するすべての主端子70それぞれの全体が、領域A1内に配置されてもよい。図14に示す別例では、7本の主端子70のうち、5本の主端子70によって主端子群71が構成されている。そして、主端子群71を構成する5本の主端子70は、それぞれの全体が領域A1内に配置されている。これによれば、半導体チップ40の主電極との間の電流経路をより簡素化できる。

[0091] 主端子70を偶数本（4本以上）を備えてもよい。図15に示す別例では、半導体装置20が、主端子70C、70Eを2本ずつ備えている。主端子70Cと主端子70Eは交互に配置されている。4本の主端子70は、幅W

1 及び厚みのそれぞれが互いに等しくされている。すなわち、延設方向に直交する断面積が互いに等しくされている。また、Y方向の延設長さも、4本の主端子70で互いに等しくされている。また、すべての主端子70により主端子群71が構成されている。両端に配置された2本の主端子70C, 70Eは、X方向においてそれぞれの一部が領域A1内に配置されている。真ん中の2本の主端子70C, 70Eは、X方向においてそれぞれの全体が領域A1内に配置されている。

[0092] このような構成としても、主端子70C, 70Eの側面对向部を複数有するため、インダクタンスを効果的に低減することができる。また、主端子群71を有するため、主端子群71を構成する主端子70と半導体チップ40の主電極との電流経路を簡素化し、インダクタンスを低減することができる。以上により、従来よりも主回路配線のインダクタンスを低減することができる。図11には、4端子の結果も示している。図11の結果から、4端子の場合でも、体格の増大を抑制しつつ、比較例に較べて主端子トータルのインダクタンスを低減できることが明らかである。

[0093] 図15では、すべての主端子70によって主端子群71が構成されているため、インダクタンスを効果的に低減することができる。なお、主端子70の本数が偶数の場合にも、連続して配置された3本以上の主端子70によって主端子群71が構成されればよい。したがって、4本の主端子70を備える構成において、3本により主端子群71が構成され、残りの1本が領域A1の外に配置された構成としてもよい。このように、主端子70の本数が偶数において、主端子群71を、奇数本（3本以上）の主端子70により構成してもよい。

[0094] 主端子70の本数が偶数の場合、主端子70Cと主端子70Eとが同じ本数であるため、主端子70Cと主端子70Eとで流れる主電流が均等となり、これにより発熱のばらつきを抑制することができる。図15に示す例では、主端子70C, 70Eの延設長さが等しく、且つ、断面積も等しくされており、これにより、主端子70Cと主端子70Eのインピーダンスがほぼ等

しくなっている。したがって、発熱ばらつきを効果的に抑制することができる。

[0095] 偶数の本数は4本に限定されない。4本以上の偶数であればよい。たとえば6本の主端子70を備える構成、8本の主端子70を備える構成としてもよい。奇数本同様、隣り合う主端子70C、70Eで突出部分の長さを異ならせてもよい。また、主端子70C、70Eのうち、突出部分の長さが長いほうの断面積を、短いほうの断面積よりも大きくしてもよい。これにより剛性を確保することができる。また、主端子70Cと主端子70Eとでインピーダンスを揃えることができる。突出部分の一部で、側面同士が対向しない構成としてもよい。

[0096] リードフレームの一部として、主端子70C、70Eの少なくとも一方とともに設けられた連結部をさらに備え、連結部によって、主端子70C、70Eの少なくとも一方において、同じ主端子同士が連結されてもよい。図16に示す別例では、半導体装置20が5本の主端子70、具体的には2本の主端子70Cと3本の主端子70Eを備えている。また、リードフレーム100が、主端子70E同士を連結する連結部96を有している。封止樹脂体30からの突出長さは、主端子70Eのほうが主端子70Cよりも長くされており、連結部96は主端子70Eの突出先端部分を連結している。連結部96はX方向に延設されており、Y方向において主端子70Cとは離れて設けられている。連結部96は、Z方向において主端子70C、70Eの突出部分と同じ位置に配置されている。

[0097] このように、連結部96によって同電位の主端子70（主端子70E）を連結すると、バスバーなどとの接続点を減らすことができる。すなわち、接続性を向上することができる。特に図16では、本数の多い主端子70Eを連結している。これによれば、同一のリードフレーム100に主端子70C、70E及び連結部96を備える構成において、接続点をより少なくすることができる。なお、主端子70Eに代えて、主端子70Cを連結部96にて連結してもよい。主端子70C、70Eのうち、本数の少ないほうを連結し

てもよい。主端子70の本数及び配置は図16に示す例に限定されない。主端子70C, 70Eの一方のみに連結部96を設ける場合、連結部96を主端子70C, 70Eの突出分と同一平面に設けることもできる。偶数本の主端子70を備える構成と組み合わせてもよい。

[0098] また、主端子70C, 70Eのそれぞれを連結部にて連結してもよい。図17及び図18に示す別例では、導電部材50C, 50Eが本体部51C, 51Eを有し、延設部52C, 52Eを有していない。そして、同一のリードフレームに、導電部材50C、主端子70C、及び信号端子80が構成されている。また、主端子70Cを含むリードフレームとは別のリードフレームに、導電部材50E及び主端子70Eが構成されている。主端子70C, 70Eは対応する導電部材50C, 50Eから延設されている。図18は、図17のXVIII-XVIIIに沿う半導体装置20の断面図である。

[0099] 図17及び図18では、主端子70C側のリードフレームに連結部96Cが設けられ、主端子70E側のリードフレームに連結部96Eが設けられている。そして、連結部96Cにより、突出先端部にて主端子70C同士が連結されている。また、連結部96Eにより、突出先端部にて主端子70E同士が連結されている。主端子70C, 70Eは突出部分に屈曲部を有しており、これにより連結部96C, 96EがZ方向において離反している。すなわち、連結部96C, 96Eは、Z方向において互いに異なる位置に配置されている。したがって、延設長さが同じでも、主端子70C, 70Eのそれぞれを連結部96C, 96Eにて連結することができる。そして、接続点数をさらに少なくすることができる。

[0100] 図19及び図20に示す別例では、半導体装置20が、互いに並列接続される複数の半導体チップ40を備えている。具体的には、半導体チップ40として、半導体チップ40aと、半導体チップ40bを備えている。なお、図19は、図20に示すXIX-XIX線に対応する半導体装置20の断面図である。半導体チップ40a, 40bのコレクタ電極41は、同じ導電部材50Cの実装面53Cに接続されている。また、半導体チップ40a, 40bのエ

ミッタ電極42は、個別に配置されたターミナル60を介して、同じ導電部材50Eの実装面53Eに接続されている。本実施形態では、2つの半導体チップ40a、40bが、互いにほぼ同じ平面形状、具体的には平面略矩形形状をなすとともに、互いにほぼ同じ大きさとはほぼ同じ厚みを有している。半導体チップ40a、40bは、Z方向においてほぼ同じ高さに位置するとともに、X方向において横並びで配置されている。

[0101] 図20に示すように、X方向において配置が連続する2本以上の主端子70によって主端子群72が構成されている。半導体装置20は、主端子群72として、半導体チップ40aに対応する主端子群72aと、半導体チップ40bに対応する主端子群72bを有している。主端子群72aを構成する主端子70それぞれの少なくとも一部が、X方向において、半導体チップ40aの両端面44a、45aから延長された延長線EL1a、EL2a間の領域A1a内に配置されている。また、主端子群72bを構成する主端子70それぞれの少なくとも一部が、X方向において、半導体チップ40bの両端面44b、45bから延長された延長線EL1b、EL2b間の領域A1b内に配置されている。

[0102] 半導体装置20は、5本の主端子70を備えている。具体的には、2本の主端子70Cと3本の主端子70Eを備えている。主端子70の幅W1及び厚みは互いに等しく、間隔P1もすべて等しくされている。そして、真ん中の主端子70Eが領域A1a、A1bの外に配置されている。X方向において真ん中の主端子70Eよりも半導体チップ40a側に配置された2本の主端子70C、70Eにより主端子群72aが構成され、真ん中の主端子70Eよりも半導体チップ40b側に配置された2本の主端子70C、70Eにより主端子群72bが構成されている。

[0103] さらに、主端子群72aを構成する主端子70C、70Eはそれぞれの全体が領域A1aに配置されている。同じく、主端子群72bを構成する主端子70C、70Eはそれぞれの全体が領域A1bに配置されている。そして、2つの半導体チップ40の素子的中心を通る中心線CLmに対して、5本

の主端子 70 が線対称配置とされている。素子的中心とは、半導体チップ 40 a, 40 b の並び方向において中心間の中央位置であり、中心線 CL m は、並び方向に直交し、素子的中心を通る仮想線である。

[0104] このように、複数の半導体チップ 40 が並列接続された半導体装置 20 において、主端子 70 C と主端子 70 E とが交互に配置されている。そして、隣り合う主端子 70 C, 70 E の側面同士が対向している。このように、主端子 70 C と主端子 70 E との側面对向部を複数、具体的には 4 つ有するため、インダクタンスを効果的に低減することができる。また、主端子群 72 a を構成する主端子 70 C, 70 E それぞれの少なくとも一部が、領域 A 1 a 内に配置されている。したがって、主端子群 72 a を構成する主端子 70 C, 70 E と半導体チップ 40 a の主電極との電流経路を簡素化し、これによりインダクタンスを低減することができる。同じく、主端子群 72 b を構成する主端子 70 C, 70 E それぞれの少なくとも一部が領域 A 1 b 内に配置されている。したがって、主端子群 72 b を構成する主端子 70 C, 70 E と半導体チップ 40 b の主電極との電流経路を簡素化し、これによりインダクタンスを低減することができる。以上により、従来よりも主回路配線のインダクタンスを低減することができる。

[0105] また、奇数本の主端子 70 が、2 つの半導体チップ 40 の中心線 CL m に対して線対称配置とされている。換言すれば、側面对向部が線対称配置とされている。したがって、半導体チップ 40 a, 40 b の主電流は、中心線 CL m に対して線対称となるように流れる。すなわち、半導体チップ 40 a 側のインダクタンスと、半導体チップ 40 b 側のインダクタンスがほぼ等しくなっている。このように、インダクタンスを揃えることで、電流アンバランスを抑制することができる。

[0106] 2 つの半導体チップ 40 が並列接続される例を示したが、これに限定されない。3 つ以上の半導体チップ 40 が並列接続される構成にも適用できる。主端子 70 の本数も特に限定されない。主端子群 72 のそれぞれが、主端子 70 C, 70 E を含む 2 本以上の主端子 70 により構成されればよい。たと

えば、7本の主端子70を備え、3本ずつの主端子70によって主端子群72a, 72bが構成されてもよい。図16～図18に示した連結部96(86C, 86E)を組み合わせてもよい。

[0107] スイッチング素子とダイオードが同じ半導体チップ40に一体的に形成される例を示したが、これに限定されない。スイッチング素子とダイオードを別チップとしてもよい。両面放熱構造の半導体装置20として、ターミナル60を備える例を示したが、これに限定されない。ターミナル60を備えない構成としてもよい。たとえば、ターミナル60の代わりに、導電部材50Eに、エミッタ電極42に向けて突出する凸部を設けてもよい。放熱面54C, 54Eが、封止樹脂体30から露出される例を示したが、封止樹脂体30から露出されない構成としてもよい。たとえば図示しない絶縁部材によって放熱面54C, 54Eを覆ってもよい。絶縁部材を放熱面54C, 54Eに貼り合わせた状態で、封止樹脂体30を成形してもよい。

[0108] (パワーモジュール)

本実施形態の電力変換装置5に適用可能なパワーモジュール110の一例について説明する。パワーモジュール110は、1組の並列回路11を構成する。

[0109] 図21～図27に示すように、パワーモジュール110は、半導体装置20と、冷却器120と、コンデンサC1と、Pバスバー130と、Nバスバー140と、出力バスバー150と、駆動基板160と、外部接続端子170と、保護部材180を備えている。図21、図23～図26は平面図ではあるが、保護部材180の内部要素を分かりやすくするために、内部要素を実線で示している。図27は、半導体装置20、コンデンサC1、及び各バスバー130, 140, 150の接続を説明するための模式的な図である。

[0110] 半導体装置20は、1 in 1パッケージ構造をなしている。パワーモジュール110は、2つの半導体装置20を備えている。半導体装置20の1つが上アーム10Uを構成し、別の1つが下アーム10Lを構成する。すなわち、半導体装置20として、上アーム10Uを構成する半導体装置20Uと

、下アーム 10L を構成する半導体装置 20L を備えている。半導体装置 20U, 20L の基本構成は、互いにほぼ同じとなっている。半導体装置 20U, 20L は、7 本の主端子 70、具体的には、3 本の主端子 70C 及び 4 本の主端子 70E をそれぞれ有している。主端子 70C, 70E は、X 方向に交互に配置されている。以下では、半導体装置 20U が備え、上アーム 10U を構成する半導体チップ 40 を半導体チップ 40U と示し、半導体装置 20L が備え、下アーム 10L を構成する半導体チップ 40 を半導体チップ 40L と示す。

[0111] 半導体装置 20L は、図 12 に示した構造と同じ構成となっている。主端子 70C のほうが主端子 70E よりも、封止樹脂体 30 からの突出長さが長い構成となっている。半導体装置 20U は、半導体装置 20L とは逆の構成となっている。主端子 70E のほうが主端子 70C よりも、封止樹脂体 30 からの突出長さが長い構成となっている。このように、半導体装置 20U では主端子 70E が長くされ、半導体装置 20L では主端子 70C が長くされている。半導体装置 20U の主端子 70C と半導体装置 20L の主端子 70E が同じ長さとなされ、半導体装置 20U の主端子 70E と半導体装置 20L の主端子 70C が同じ長さとなされている。

[0112] 半導体装置 20U, 20L は、所定の隙間を有しつつ X 方向に並んで配置されている。すなわち、半導体チップ 40 の板厚方向、すなわち Z 方向に対して直交する方向に並んで配置されている。半導体装置 20U, 20L は、Z 方向において、封止樹脂体 30 の一面 31 同士が同じ側となり、裏面 32 同士が同じ側となるように配置されている。半導体装置 20U, 20L の一面 31 同士は Z 方向において略面一の位置関係となされ、裏面同士は Z 方向において略面一と位置関係となされている。

[0113] 半導体装置 20U, 20L のそれぞれにおいて、信号端子 80 における封止樹脂体 30 からの突出部分は、略 L 字状をなしている。信号端子 80 の突出部分は、略 90 度の屈曲部を 1 つ有している。信号端子 80 の突出部分のうち、封止樹脂体 30 の根元から屈曲部までが Y 方向に延設され、屈曲部か

ら突出先端までがZ方向であって、コンデンサC1とは反対側に延びている。

[0114] 冷却器120は、主として、半導体装置20を冷却する。冷却器120は、熱伝導性に優れた金属材料、たとえばアルミニウム系の材料を用いて形成されている。冷却器120は、供給管121と、排出管122と、熱交換部123を有している。冷却器120は、パワーモジュール110に設けられているため、モジュール内冷却器とも称される。

[0115] 熱交換部123は、一对のプレート124, 125によって構成されている。プレート124, 125は、平面略矩形状の金属薄板を用いて形成されている。プレート124, 125の少なくとも一方は、プレス加工することで、Z方向に膨らんだ形状、たとえば底の浅い鍋底形状をなしている。本例では、プレート124が鍋底形状をなしている。また、プレート124, 125の外周縁部同士が、かしめなどによって固定されるとともに、ろう付けなどによって全周で互いに接合され、これにより、プレート124, 125の間に流路126が形成されている。

[0116] 熱交換部123は、全体として扁平形状の管状体となっている。冷却器120は、2つの熱交換部123を有しており、熱交換部123は、Z方向に2段配置されている。2つの半導体装置20U, 20Lは、X方向に並んで配置された状態で、2つの熱交換部123により挟持されている。2つの熱交換部123は、プレート124同士が対向するように配置されている。熱交換部123の1つは半導体装置20の一面31側に配置され、熱交換部123の別の1つは裏面32側に配置される。放熱面54C, 54Eが封止樹脂体30から露出する構成では、半導体装置20と熱交換部123のプレート124との間に、グリース、セラミック板、樹脂材などの電気絶縁部材が配置される。

[0117] 供給管121は、その内部に流路が形成された筒状体であり、Z方向に延設されている。供給管121は、平面略矩形状の熱交換部123に対し、X方向における一方の端部であって、Y方向における主端子70側の端部に配

置されている。そして、熱交換部 1 2 3 のそれぞれに接続され、供給管 1 2 1 の流路が熱交換部 1 2 3 の流路 1 2 6 に連通している。Z 方向において、供給管 1 2 1 の一端は開口しており、他端が 2 段目の熱交換部 1 2 3 に接続されている。1 段目の熱交換部 1 2 3 の流路 1 2 6 は、供給管 1 2 1 の延設途中で、供給管 1 2 1 の流路に連なっている。なお、1 段目が供給管 1 2 1 及び排出管 1 2 2 の開口端に近い側、2 段目が遠い側である。供給管 1 2 1 の開口端から一部分は、保護部材 1 8 0 の外へ突出している。

[0118] 排出管 1 2 2 は、その内部に流路が形成された筒状体であり、Z 方向に延設されている。排出管 1 2 2 は、平面略矩形状の熱交換部 1 2 3 に対し、X 方向において供給管 1 2 1 とは反対の端部であって、Y 方向において信号端子 8 0 側の端部に配置されている。そして、熱交換部 1 2 3 のそれぞれに接続され、排出管 1 2 2 の流路が熱交換部 1 2 3 の流路 1 2 6 に連通している。排出管 1 2 2 は、供給管 1 2 1 と Z 方向の同じ側で開口している。開口端とは反対の端部が 2 段目の熱交換部 1 2 3 に接続されている。1 段目の熱交換部 1 2 3 の流路 1 2 6 は、排出管 1 2 2 の延設途中で、排出管 1 2 2 の流路に連なっている。排出管 1 2 2 の開口端から一部分は、保護部材 1 8 0 の外へ突出している。

[0119] 図 2 6 に二点鎖線の矢印で示すように、供給管 1 2 1 から流入した冷媒は、熱交換部 1 2 3 内の流路 1 2 6 を拡がり、排出管 1 2 2 から排出される。供給管 1 2 1 と排出管 1 2 2 は、平面略矩形状の対角位置に設けられている。このように、対角位置に設けることで、X 方向及び Y 方向において、供給管 1 2 1 と排出管 1 2 2 の間に配置された半導体チップ 4 0 U, 4 0 L を効果的に冷却することができる。なお、図示しないが、熱交換部 1 2 3 の流路 1 2 6 内に、インナーフィンを配置してもよい。インナーフィンは、波型に屈曲形成された金属板である。インナーフィンの配置により、プレート 1 2 4, 1 2 5 と、流路 1 2 6 を流れる冷媒との間における熱伝達を促進することができる。

[0120] 流路 1 2 6 に流す冷媒としては、水やアンモニアなどの相変化する冷媒や

、エチレングリコール系などの相変化しない冷媒を用いることができる。冷却器 120 は、主として半導体装置 20 を冷却するものである。しかしながら、冷却機能に加えて、環境温度が低い場合に温める機能を持たせてもよい。この場合、冷却器 120 は温度調節器と称される。また、冷媒は熱媒体と称される。

[0121] コンデンサ C1 は、パワーモジュール 110 が備える 1 組の半導体装置 20U, 20L の近傍に配置され、少なくともスイッチング時に必要な電荷を供給する機能を有せばよい。このため、コンデンサ C1 の静電容量は、たとえば $10 \sim 20 \mu\text{F}$ とされている。コンデンサ C1 は、略直方体状をなしている。コンデンサ C1 は扁平形状をなしており、厚み、すなわち Z 方向の長さが、X 方向の長さ及び Y 方向の長さに対して十分に短くされている。このように、コンデンサ C1 は小型なものとされている。コンデンサ C1 としては、たとえばフィルムコンデンサを用いることができる。

[0122] 本例では、Y 方向よりも X 方向に長い平面長方形をなしている。Z 方向の投影視において、コンデンサ C1 の大部分は、冷却器 120 の熱交換部 123 と重なる位置に配置されている。同投影視において、半導体装置 20U, 20L の大部分、具体的には主端子 70 の突出部分及び信号端子 80 の突出部分を除く部分と重なっている。したがって、コンデンサ C1 は、Z 方向において半導体装置 20U, 20L と並んで配置されている。平面長方形のコンデンサ C1 は、X 方向の両端部分が、冷却器 120 と重ならない位置、すなわち冷却器 120 の外側に配置されている。

[0123] コンデンサ C1 は、半導体装置 20 との間に熱交換部 123 を挟むように配置されている。コンデンサ C1 は、熱交換部 123 に対して、半導体装置 20 とは反対側に配置されている。本例では、コンデンサ C1 が、1 段目の熱交換部 123 に対して半導体装置 20 とは反対側に配置されている。すなわち、供給管 121 及び排出管 122 の開口端側に配置されている。コンデンサ C1 は、Z 方向において、供給管 121 及び排出管 122 の開口端よりも半導体装置 20 に近い位置に配置されている。コンデンサ C1 は、Z 方向

において熱交換部 123 側の面に外部接続用の図示しない正極端子を有し、正極端子とは反対の面に図示しない負極端子を有している。

[0124] Pバスバー 130、Nバスバー 140、及び出力バスバー 150は、導電性に優れる金属、たとえば銅を含む金属板材である。本例では、各バスバーにおいて厚みがほぼ均一とされている。Pバスバー 130、Nバスバー 140、及び出力バスバー 150は、互いにほぼ同じ厚みとされている。金属板材としては、部分的に厚みの異なる異形条を用いることもできる。Pバスバー 130、Nバスバー 140、及び出力バスバー 150は、冷却器 120と電氣的に分離されている。

[0125] Pバスバー 130は、接続部 131と、共通配線部 132と、並列配線部 133を有している。接続部 131は、コンデンサ C1の正極端子に接続される部分である。本例では、Z方向の投影視において、コンデンサ C1と重なる部分全体が接続部 131とされている。なお、図示しないが、X方向又はY方向の投影視においてコンデンサ C1と重なる部分、すなわちコンデンサ C1の側面に接続部 131を設けてもよい。

[0126] 共通配線部 132は、接続部 131におけるY方向の一端から延設されている。共通配線部 132は、Pバスバー 130のうち、共通配線 11Pとして機能する部分である。これにより、パワーモジュール 110内に構成される1組の上下アーム回路 10とコンデンサ C1とが、それぞれ単独でVHライン 12Hに接続されるのではなく、共通で接続されることとなる。共通配線部 132は、接続部 131よりもX方向の長さ、すなわち幅が狭くされている。共通配線部 132は、X方向において、接続部 131の中央部分に連なっている。共通配線部 132は、接続部 131に対して略面一で、Y方向に延設されている。共通配線部 132の一部分は、保護部材 180の外へ突出している。

[0127] 並列配線部 133は、少なくとも、コンデンサ C1の正極端子と上下アーム回路 10の上アーム 10Uとを電氣的に接続する配線、すなわち上下アーム回路 10とコンデンサ C1とを並列接続する配線として機能する。さらに

本例では、上アーム１０Ｕを共通配線１１Ｐ、すなわち共通配線部１３２に電氣的に接続する配線としても機能する。並列配線部１３３は、接続部１３１に対し、共通配線部１３２とは反対の端部から延設されている。

[0128] 並列配線部１３３は、接続部１３１よりも幅が狭くされている。並列配線部１３３は、一定の幅で延設されている。並列配線部１３３は、Ｘ方向においてコンデンサＣ１を二等分する中心線ＣＬ１（図２３参照）を跨がないように、中心線ＣＬ１に対して一方に偏って配置されている。並列配線部１３３は、半導体装置２０Ｕ、２０Ｌの並び方向において、半導体装置２０Ｕ（半導体チップ４０Ｕ）の側で接続部１３１に連なっている。

[0129] 並列配線部１３３は、略Ｌ字状をなしている。並列配線部１３３は、接続部１３１との境界部からＹ方向に沿って延びる平行部１３４と、平行部１３４に対して折り曲げられ、Ｚ方向に沿って延びる折曲部１３５を有している。このため、平行部１３４は、Ｙ方向延設部とも称される。折曲部１３５は、Ｚ方向延設部とも称される。平行部１３４は、Ｙ方向であって、共通配線部１３２とは反対側に延設されている。平行部１３４は、接続部１３１に対して略面一で、Ｙ方向に延設されている。

[0130] 平行部１３４は、Ｚ方向の投影視において、半導体装置２０Ｕの７本の主端子７０Ｃ、７０Ｅのそれぞれの少なくとも一部と重なっている。平行部１３４は、半導体装置２０Ｕの主端子７０Ｃの突出先端とほぼ同じ位置まで延設されており、３本の主端子７０Ｃの突出部分全体が投影視において重なっている。４本の主端子７０Ｅは、コンデンサＣ１に対して、平行部１３４よりも離れた位置まで延設されている。

[0131] 折曲部１３５は、Ｚ方向において、コンデンサＣ１とは反対側に延びている。折曲部１３５の板厚方向は、Ｙ方向に略平行とされている。本例では、折曲部１３５全体が、Ｙ方向において出力バスバー１５０と対向する対向部１３５ａとされている。対向部１３５ａと出力バスバー１５０は、板厚方向の面、すなわち板面同士が対向している。対向部１３５ａの先端、すなわち並列配線部１３３の延設の先端には、半導体装置２０Ｕの主端子７０Ｃが接

続されるように凸部 136 が形成されている。凸部 136 は主端子 70C ごとに設けられている。主端子 70C は、対応する凸部 136 の先端面に配置された状態で、レーザ溶接などによって接合されている。このように凸部 136 を設けると、凸部 136 が設けられていない凹の部分に主端子 70E が通過するため、P バスバー 130 と主端子 70E との接触を防ぐことができる。

[0132] N バスバー 140 は、接続部 141 と、共通配線部 142 と、並列配線部 143 を有している。接続部 141 は、コンデンサ C1 の負極端子に接続される部分である。本例では、Z 方向の投影視において、コンデンサ C1 と重なる部分全体が接続部 141 とされている。なお、接続部 131 同様、X 方向又は Y 方向の投影視においてコンデンサ C1 と重なる部分、すなわちコンデンサ C1 の側面に接続部 141 を設けてもよい。コンデンサ C1 及びコンデンサ C1 の両面に配置された接続部 131, 141 は、冷却器 120 と電氣的に分離されている。接続部 131, 141 を含むコンデンサ C1 と冷却器 120 との間には、電気絶縁部材が介在している。

[0133] 共通配線部 142 は、接続部 141 における Y 方向の一端から延設されている。共通配線部 142 は、N バスバー 140 のうち、共通配線 11N として機能する部分である。これにより、パワーモジュール 110 内に構成される 1 組の上下アーム回路 10 とコンデンサ C1 とが、それぞれ単独で N ライン 13 に接続されるのではなく、共通で接続されることとなる。共通配線部 142 は、接続部 141 よりも幅が狭くされており、共通配線部 132 とほぼ同じ幅とされている。共通配線部 142 は、X 方向において、接続部 141 の中央部分に連なっている。共通配線部 142 は、接続部 141 に対して略面一で、Y 方向に延設されている。共通配線部 132 の一部分は、保護部材 180 の外へ突出している。

[0134] Z 方向の投影視で共通配線部 132, 142 はほぼ一致する。共通配線部 132, 142 は、Z 方向に、コンデンサ C1 の厚みと略等しい間隔を有して対向配置されている。これにより、主回路配線のインダクタンスを低減す

ることができる。

[0135] 並列配線部 143 は、少なくとも、コンデンサ C1 の負極端子と上下アーム回路 10 の下アーム 10L とを電氣的に接続する配線、すなわち上下アーム回路 10 とコンデンサ C1 とを並列接続する配線として機能する。さらに本例では、下アーム 10L を共通配線 11N、すなわち共通配線部 142 に電氣的に接続する配線としても機能する。並列配線部 143 は、接続部 141 に対し、共通配線部 142 とは反対の端部から延設されている。

[0136] 並列配線部 143 は、接続部 141 よりも幅が狭くされている。並列配線部 143 は、一定の幅で延設されている。並列配線部 143 は、コンデンサ C1 の中心線 CL1 を跨がないように、中心線 CL1 に対して並列配線部 133 とは反対側に配置されている。並列配線部 143 は、半導体装置 20U、20L の並び方向において、半導体装置 20L（半導体チップ 40L）の側で接続部 141 に連なっている。

[0137] 並列配線部 143 は、略 L 字状をなしている。並列配線部 143 は、接続部 141 との境界部から Y 方向に沿って延びる平行部 144 と、平行部 144 に対して折り曲げられ、Z 方向に沿って延びる折曲部 145 を有している。平行部 144 は、Y 方向であって、共通配線部 142 とは反対側に延設されている。平行部 144 は、接続部 141 に対して略面一で、Y 方向に延設されている。平行部 134、144 は、電氣的な絶縁が確保できる間隔を有して、X 方向に横並びで配置されている。平行部 134、144 は、側面同士が対向している。これにより、主回路配線のインダクタンスを低減することができる。

[0138] 平行部 144 は、Z 方向の投影視において、半導体装置 20L の 7 本の主端子 70C、70E のそれぞれの少なくとも一部と重なっている。平行部 144 は、半導体装置 20L の主端子 70E の突出先端とほぼ同じ位置まで延設されており、4 本の主端子 70E の突出部分全体が投影視において重なっている。3 本の主端子 70C は、コンデンサ C1 に対して、平行部 144 よりも離れた位置まで延設されている。半導体装置 20U の主端子 70C と半

導体装置 20L の主端子 70E の突出先端は、Y 方向でほぼ同じ位置とされており、これにより平行部 134, 144 の延設の先端も互いにほぼ同じ位置とされている。

[0139] 折曲部 145 は、Z 方向において、コンデンサ C1 とは反対側に延びている。折曲部 145 の板厚方向は、Y 方向に略平行とされている。折曲部 145 の延設の先端は、P バスバー 130 の折曲部 135 の延設の先端とほぼ同じ位置とされている。折曲部 135, 145 も、電氣的な絶縁が確保できる間隔を有して、X 方向に横並びで配置されている。折曲部 135, 145 は、側面同士が対向している。これにより、主回路配線のインダクタンスを低減することができる。

[0140] 本例では、N バスバー 140 のほうが、P バスバー 130 よりも半導体装置 20 から Z 方向に離れた位置とされている。そして、折曲部 145 の一部が、Y 方向において出力バスバー 150 と対向する対向部 145a とされている。対向部 145a と出力バスバー 150 は、板面同士が対向している。対向部 145a の先端、すなわち並列配線部 143 の延設の先端には、半導体装置 20L の主端子 70E が接続されるように凸部 146 が形成されている。凸部 146 は主端子 70E ごとに設けられている。主端子 70E は、対応する凸部 146 の先端面に配置された状態で、レーザ溶接などによって接合されている。このように凸部 146 を設けると、凸部 146 設けられていない凹の部分の主端子 70C が通過するため、N バスバー 140 と主端子 70C との接触を防ぐことができる。

[0141] 並列配線部 133 と半導体装置 20U の主端子 70C によって、コンデンサ C1 の正極と上アーム 10U のコレクタ電極が接続され、並列配線部 143 と半導体装置 20L の主端子 70E によって、コンデンサ C1 の負極と下アーム 10L のエミッタ電極が接続されている。このように、並列配線部 133 及び半導体装置 20U の主端子 70C と、並列配線部 143 及び半導体装置 20L の主端子 70E によって、上下アーム回路 10 とコンデンサ C1 が並列接続され、並列回路 11 が構成されている。そして、共通配線部 13

2, 142によって、並列回路が電力ラインであるVHライン12H、Nライン13に接続されるように構成されている。

[0142] 出力バスバー150は、上アーム10Uと下アーム10Lとの接続点を、モータジェネレータの三相巻線に接続するためのバスバーである。出力バスバー150は、Oバスバーとも称される。出力バスバー150は、Y方向において、信号端子80側ではなく、主端子70側に配置されている。出力バスバー150は、板厚方向をY方向として、屈曲部を有することなくX方向に延設されている。出力バスバー150は、出力配線15の少なくとも一部を構成する。なお、出力バスバー150の周辺に、図示しない電流センサを配置することもできる。

[0143] 出力バスバー150は、Z方向の長さ、すなわち幅の広い幅広部151と、幅広部151よりも幅の狭い幅狭部152を有している。幅狭部152は、幅広部151の一端に連なり、幅広部151に対して略面一で、X方向に延設されている。幅広部151は、その全体が保護部材180の内部に配置されており、幅狭部152は一部が保護部材180の内部に配置され、残りの部分が保護部材180の外に突出している。

[0144] 幅広部151は、X方向において、並列配線部143の中心線CL1に対して遠い端部と、並列配線部133の中心線CL1に対して遠い端部との範囲とほぼ一致するように設けられている。X方向において、幅広部151の先には、供給管121が配置されている。幅広部151は、Y方向において、折曲部135, 145との間に所定の間隔を有して設けられている。所定の間隔とは、たとえば半導体装置20Uにおいて、主端子70C, 70Eの突出先端間の長さから、出力バスバー150の板厚を引いた長さにほぼ一致する。幅広部151は、Z方向において、コンデンサC1とオーバーラップする位置から、2段目の熱交換部123を構成するプレート125までの範囲に設けられている。

[0145] 幅広部151には、複数の貫通孔153が形成されている。この貫通孔153には、半導体装置20Uの主端子70Eと、半導体装置20Lの主端子

70Cが挿入される。挿入状態で、主端子70は、レーザ溶接などにより、幅広部151（出力バスバー150）に接続されている。また、貫通孔153を避けるように、Pバスバー130との対向部154pと、Nバスバー140との対向部154nが構成されている。出力バスバー150の対向部154pとPバスバー130の対向部135aがY方向に所定の間隔を有して対向し、出力バスバー150の対向部154nとNバスバー140の対向部145aがY方向に所定の間隔を有して対向している。

[0146] 供給管121が存在するため、並列配線部143は並列配線部133よりも幅が狭くされている。これにより、対向部145aは対向部135aよりも幅が狭くされている。しかしながら、コンデンサC1において、負極端子を熱交換部123とは反対側に配置することで、対向部145aにおける延設長さを稼いでおり、対向部145aは対向部135aよりもZ方向（延設方向）の長さが長くされている。これにより、対向部135a及び対向部154pの対向面積と、対向部145a及び対向部154nの対向面積がほぼ等しくなっている。X方向において体格の増大を抑制しつつ、インダクタンスを低減することができる。

[0147] 駆動基板160は、プリント基板に図示しない電子部品が実装されてなる。駆動基板160には、制御回路部9から駆動指令が入力される駆動回路部（ドライバ）が形成されている。駆動基板160が、回路基板に相当する。駆動基板160は、平面略矩形状をなしている。本例では、駆動基板160の大きさが、X方向において冷却器120の熱交換部123とほぼ一致し、Y方向において熱交換部123よりも長くされている。Z方向からの投影視において、駆動基板160は、半導体装置20U、20Lの大部分と重なるように設けられている。具体的には、主端子70の一部を除いて重なるように設けられている。Y方向において、主端子70の一部、折曲部135、145、出力バスバー150は、駆動基板160と重ならないように配置されている。また、主端子70とは反対側において、共通配線部132、142が駆動基板160よりも外側に突出している。

- [0148] 駆動基板 160 には、半導体装置 20 の信号端子 80 が接続されている。本例では、駆動基板 160 に図示しない複数の貫通孔が形成され、貫通孔のそれぞれに信号端子 80 が挿入実装されている。これにより、駆動基板 160 に形成された駆動回路部から、信号端子 80 を通じて駆動信号が出力される。信号端子 80 は、X 方向に並んで配置されている。複数の信号端子 80 は、駆動基板 160 における Y 方向の一方の端部付近で、X 方向に一列に並んで挿入実装されている。
- [0149] 外部接続端子 170 は、制御回路部 9 が形成された図示しない制御基板と駆動基板 160 とを電氣的に接続するための端子である。駆動基板 160 には、複数の外部接続端子 170 が接続されている。本例では、駆動基板 160 に図示しない複数の貫通孔が形成され、貫通孔のそれぞれに外部接続端子 170 が挿入実装されている。外部接続端子 170 の一部は、制御回路部 9 の駆動指令を、駆動基板 160 の駆動回路部に伝達する。
- [0150] 外部接続端子 170 は、略 L 字状をなしている。外部接続端子 170 は、略 90 度の屈曲部を 1 つ有している。外部接続端子 170 のうち、駆動基板 160 との接続部から屈曲部までが Z 方向に延設され、屈曲部から先端までが Y 方向の共通配線部 132, 142 側に延設されている。そして、先端から所定範囲の部分が、保護部材 180 の外へ突出している。
- [0151] 保護部材 180 は、パワーモジュール 110 を構成する他の要素を保護している。保護部材 180 は、パワーモジュール 110 の外郭をなしている。保護部材 180 としては、他の要素を一体的に封止する封止樹脂体、予め成形されたケースなどを用いることができる。ケースの場合、保護性を高めるために、ポッティング材などを併用してもよい。本例では、保護部材 180 として封止樹脂体を採用している。封止樹脂体は、エポキシ樹脂などの樹脂材料を用いて成形されたものであり、モールド樹脂、樹脂成形体とも称される。封止樹脂体は、たとえばトランスファモールド法により成形される。
- [0152] 保護部材 180 は、Z 方向において、一面 181 と、一面 181 と反対の裏面 182 を有している。一面 181 及び裏面 182 は、Z 方向に直交する

平面となっている。本例の保護部材１８０は、略四角錐台形状をなしている。このため、保護部材１８０は、４つの側面１８３～１８６を有している。一面１８１を基準面とすると、いずれの側面１８３～１８６も一面１８１となす角度が鋭角の傾斜面となっている。

[0153] パワーモジュール１１０を構成する要素は、一面１８１側から裏面１８２に向けて、Ｎバスバー１４０の接続部１４１、コンデンサＣ１、Ｐバスバー１３０の接続部１３１、１段目の熱交換部１２３、半導体装置２０、２段目の熱交換部１２３、駆動基板１６０の順で配置されている。供給管１２１及び排出管１２２は、一面１８１から保護部材１８０の外へ突出している。裏面１８２からは、何も突出していない。なお、図示しないが、一面１８１側から裏面１８２に向けて、駆動基板１６０、１段目の熱交換部１２３、半導体装置２０、２段目の熱交換部１２３、Ｎバスバー１４０の接続部１４１、コンデンサＣ１、Ｐバスバー１３０の接続部１３１の順で配置されてもよい。

[0154] Ｐバスバー１３０及びＮバスバー１４０の共通配線部１３２，１４２は、Ｙ方向において信号端子８０側の側面１８３から保護部材１８０の外へ突出している。側面１８３からは、外部接続端子１７０も突出している。図２１に示すように、Ｘ方向において、半導体装置２０Ｕ側の外部接続端子１７０と、半導体装置２０Ｌ側の外部接続端子１７０の間に、共通配線部１３２，１４２が配置されている。また、図２２に示すように、外部接続端子１７０は裏面１８２に近い位置で突出し、共通配線部１３２，１４２は一面１８１に近い位置で突出している。側面１８３とは反対の側面１８４、すなわち主端子７０側の側面１８４からは、何も突出していない。出力バスバー１５０の幅狭部１５２は、Ｘ方向において半導体装置２０Ｕ側の側面１８５から保護部材１８０の外へ突出している。側面１８５とは反対の側面１８６、すなわち半導体装置２０Ｌ側の側面からは、何も突出していない。

[0155] このように、保護部材１８０の一面１８１からは、供給管１２１及び排出管１２２のみが突出している。このため、一面１８１側に、パワーモジュール

ル 1 1 0 とは別の冷却器を配置し、これによりパワーモジュール 1 1 0 を冷却する場合、別の冷却器と供給管 1 2 1 及び排出管 1 2 2 と接続しやすい。共通配線部 1 3 2, 1 4 2 と出力バスバー 1 5 0 とが異なる側面から突出しているため、電力ラインや三相巻線との接続を簡素化することができる。

[0156] ここで、上下アーム回路 1 0 のスイッチングに伴い生じるサージは、単位時間当たりの電流変化量（電流変化率）が大きいほど、また、配線インダクタンスが大きいほど大きくなる。パワーモジュール 1 1 0 では、配線インダクタンスを小さくすることで、サージの低減を図っている。以下、パワーモジュール 1 1 0 の構造のうち、配線インダクタンスを小さくしてサージ低減を可能にする構造について説明する。

[0157] 図 2 8 は、図 1 の等価回路図からインバータ 7、平滑コンデンサ C 2 及びモータジェネレータ 3 を抽出して示した回路図であり、回路に寄生している配線インダクタンスを図示している。図 2 8 中の一点鎖線に示すように、各相のパワーモジュール 1 1 0 は、P ライン 1 2 及び N ライン 1 3 の間で並列に接続されていることは先述した通りである。

[0158] そして、P ライン 1 2 のうち、各相のパワーモジュール 1 1 0 が接続されている間の部分で生じる配線インダクタンスを、相間上インダクタンス L_{2P} と呼ぶ。具体的には、P ライン 1 2 のうち、U 相の共通配線部 1 3 2 との接続箇所と V 相の共通配線部 1 3 2 との接続箇所との相間部分で生じる配線インダクタンスが相間上インダクタンス L_{2P} である。また、P ライン 1 2 のうち、V 相の共通配線部 1 3 2 との接続箇所と W 相の共通配線部 1 3 2 との接続箇所との相間部分で生じる配線インダクタンスが相間上インダクタンス L_{2P} である。また、相間上インダクタンス L_{2P} に比例して生じるインピーダンスを相間上インピーダンスと呼ぶ。

[0159] また、N ライン 1 3 のうち、各相のパワーモジュール 1 1 0 が接続されている間の部分で生じる配線インダクタンスを、相間下インダクタンス L_{2N} と呼ぶ。具体的には、N ライン 1 3 のうち、U 相の共通配線部 1 4 2 との接続箇所と V 相の共通配線部 1 4 2 との接続箇所との相間部分で生じる配線イ

ンダクタンスが相間下インダクタンス L_{2N} である。また、 N ライン13のうち、 V 相の共通配線部142との接続箇所と W 相の共通配線部142との接続箇所との相間部分で生じる配線インダクタンスが相間下インダクタンス L_{2N} である。また、相間下インダクタンス L_{2N} に比例して生じるインピーダンスを相間下インピーダンスと呼ぶ。

[0160] パワーモジュール110の内部における、コンデンサ C_1 の正極端子から上アーム10Uまでの電気経路の配線インダクタンスを相内上インダクタンス L_{1P} と呼ぶ。具体的には、 P バスバー130の平行部134および折曲部135で生じる配線インダクタンスが相内上インダクタンス L_{1P} である。また、相内上インダクタンス L_{1P} を形成する部分の配線を上配線11Paと呼び、相内上インダクタンス L_{1P} に比例して生じるインピーダンスを相内上インピーダンスと呼ぶ。

[0161] パワーモジュール110の内部における、コンデンサ C_1 の負極端子から下アーム10Lまでの電気経路の配線インダクタンスを、相内下インダクタンス L_{1N} と呼ぶ。具体的には、 N バスバー140の平行部144および折曲部145で生じる配線インダクタンスが相内下インダクタンス L_{1N} である。また、相内下インダクタンス L_{1N} を形成する部分の配線を下配線11Naと呼び、相内下インダクタンス L_{1N} に比例して生じるインピーダンスを相内下インピーダンスと呼ぶ。

[0162] 図28では、インバータ7を例に各インピーダンスを説明しているが、インバータ8及びコンバータ6についても、以下のように各インピーダンスは対応する。すなわち、各相のうち第1相に設けられたパワーモジュール110を第1パワーモジュールとし、第2相に設けられたパワーモジュール110を第2パワーモジュールとする。そして、第1パワーモジュールにおける、コンデンサ C_1 の正極端子から上アーム10Uまでの電気経路のインピーダンスが相内上インピーダンスに相当する。第1パワーモジュールに係るコンデンサ C_1 の正極端子から、第2パワーモジュールに係る上アーム10Uまでの電気経路のインピーダンスを相間上インピーダンスに相当する。第1

パワーモジュールにおける、コンデンサC 1の負極端子から下アーム1 0 Lまでの電気経路のインピーダンスが相内下インピーダンスに相当する。第1パワーモジュールに係るコンデンサC 1の負極端子から、第2パワーモジュールに係る下アーム1 0 Lまでの電気経路のインピーダンスが相間下インピーダンスに相当する。

[0163] そして、相間上インダクタンスL 2 Pを形成する配線長さは、相内上インダクタンスL 1 Pを形成する配線長さよりも長い。そのため、相間上インダクタンスL 2 Pは相内上インダクタンスL 1 Pよりも大きく、相間上インピーダンスは相内上インピーダンスより大きい。相間下インダクタンスL 2 Nを形成する配線長さは、相内上インダクタンスL 1 Pを形成する配線長さよりも長い。そのため、相間下インダクタンスL 2 Nは相内下インダクタンスL 1 Nよりも大きく、相間下インピーダンスは相内下インピーダンスより大きい。なお、相間上インダクタンスL 2 Pおよび相間下インダクタンスL 2 Nのそれぞれは、相内上インダクタンスL 1 Pに相内下インダクタンスL 1 Nを加算した値よりも大きい。

[0164] 図2 8中の矢印Y 1は、V相の並列回路1 1で形成される閉ループ回路において、サージ電圧がコンデンサC 1に吸収される経路を示す。このサージ電圧は、V相のスイッチング素子Q 1, Q 2のターンオンおよびターンオフ時に生じるものである。U相及びW相においても同様にして、矢印Y 1の如くサージ電圧がコンデンサC 1に吸収される。このように同一相内で発生と吸収が為されるサージ電圧は、以下の説明では自己サージ電圧とも呼ばれる。

[0165] 閉ループ回路は、並列回路1 1により形成され、コンデンサC 1の正極端子、上配線1 1 P a、上下アーム回路1 0、下配線1 1 N a及びコンデンサC 1の負極端子が順に直列接続された、電力ラインを含まない回路である。閉ループ回路は、上述の如くサージ電圧が吸収される経路であるとともに、スイッチング素子Q 1, Q 2のスイッチング時に必要な電荷がコンデンサC 1からスイッチング素子Q 1, Q 2へ供給される経路であるとも言える。

[0166] また、閉ループ回路は、共通配線 11P, 11N を含まない回路である。換言すれば、P バスバー 130 は、上配線 11Pa を形成する図 28 中の二点鎖線に示す部分と、共通配線 11P を形成する部分とに分岐している。P バスバー 130 の共通配線 11P は、P ライン 12 及び上配線 11Pa を接続する上電力配線とも呼ばれる。N バスバー 140 は、下配線 11Na を形成する図 28 中の二点鎖線に示す部分と、共通配線 11N を形成する部分とに分岐している。N バスバー 140 の共通配線 11N は、N ライン 13 及び下配線 11Na を接続する下電力配線とも呼ばれる。

[0167] 図 28 中の矢印 Y2 は、V 相で生じた自己サージ電圧が、V 相の閉ループ回路から電力ラインを通じて W 相の閉ループ回路へ伝播する場合の経路を示す。このように複数の上下アーム回路 10 どうしで干渉するサージ電圧は、以下の説明では干渉サージ電圧とも呼ばれる。V 相と W 相との間で伝播する干渉サージ電圧と同様にして、V 相と U 相との間や W 相と U 相の間でも干渉サージ電圧は生じ得る。但し、相間上インダクタンス L2P は相内上インダクタンス L1P よりも十分に大きいので、他相から自相へ伝播される干渉サージ電圧は殆ど生じず、その干渉サージ電圧は自己サージ電圧に比べて極めて小さい。

[0168] なお、並列接続された上下アーム回路 10 へ電荷を供給すると、平滑コンデンサ C2 からコンデンサ C1 へ瞬時に電荷が供給される。これにより、コンデンサ C1 が再び電荷を供給可能な状態となる。

[0169] 次に、パワーモジュール 110 の効果について説明する。

[0170] パワーモジュール 110 は、上下アーム回路 10 と、コンデンサ C1 と、上配線 11Pa と、下配線 11Na と、上電力配線としての共通配線 11P と、下電力配線としての共通配線 11N と、を備える。上配線 11Pa は、コンデンサ C1 の正極端子及び上アーム 10U を接続し、下配線 11Na は、コンデンサ C1 の負極端子及び下アーム 10L を接続する。共通配線 11P, 11N は、上配線 11Pa 及び下配線のそれぞれを電力ラインに接続する。

[0171] したがって、パワーモジュール110は、電力ラインを含まない閉ループ回路を形成することになる。そのため、上下アーム回路10のスイッチング時に必要な電荷がコンデンサC1から供給されるにあたり、その電荷供給経路には電力ラインが含まれない。よって、その経路の配線、つまり上配線11Paと下配線11Naを短くできる。一方、本実施形態に反してコンデンサC1を廃止した場合には、平滑コンデンサC2からスイッチング時に必要な電荷を供給することになる。その場合には、平滑コンデンサC2から上下アーム回路10へ電荷を供給する電気経路に電力ラインが含まれることになるので、その電気経路を十分に短くすることができないおそれがある。

[0172] 以上により、パワーモジュール110によれば、サージ電圧発生の要因の1つである配線の長さを短くすることを、コンデンサC1を廃止した場合に比べて容易に実現できる。よって、自己サージ電圧に係る配線インダクタンスL1P、L1Nを小さくでき、上下アーム回路10で生じる自己サージ電圧を低減できる。しかも、閉ループ回路は電力ラインを含んでいないので、自己サージ電圧が電力ラインに重畳しにくくなる。そのため、電力ラインを通じて他の上下アーム回路10に自己サージ電圧を干渉させてしまうことを抑制できる。

[0173] また、上述の如くサージ電圧を低減できるパワーモジュール110が、各相それぞれに設けられている。そのため、電力ラインを通じた上下アーム回路10同士が自己サージ電圧を干渉し合うことの抑制を促進できる。

[0174] さらに本例では、上アーム10Uは、上配線11Paに接続される主端子70Cを複数有し、下アーム10Lは、下配線11Naに接続される主端子70Eを複数有する。そのため、隣合う互いの主端子70C、70Eどうしで自己サージ電圧が打ち消し合うように作用し、相内上インダクタンスL1P及び相内下インダクタンスL1Nを低減することができる。よって、自己サージ電圧の低減が促進される。

[0175] さらに本例では、上アーム10Uが有する主端子70E及び下アーム10Lが有する主端子70Cを接続する出力バスバー150（つまり出力配線1

5) を備える。出力バスバー 150 は、上配線 11Pa 及び下配線 11Na と対向する対向部 154p, 154n を有する。そのため、出力バスバー 150 の対向部 154p, 154n と上配線 11Pa 及び下配線 11Na との間で、自己サージ電圧が打ち消し合うように作用し、相内上インダクタンス L1P 及び相内下インダクタンス L1N を低減することができる。よって、自己サージ電圧の低減が促進される。特に本例では、1in1 パッケージ構造の半導体装置 20 を備える構成において、Y 方向において、P バスバー 130 及び N バスバー 140 と出力バスバー 150 とを対向させている。また、Y 方向の投影視において、出力バスバー 150 と半導体装置 20 が重なっており、Y 方向において、半導体チップ 40U と出力バスバー 150 との間に、P バスバー 130 の対向部 135a が配置されている。同様に、Y 方向において、半導体チップ 40L と出力バスバー 150 との間に、N バスバー 140 の対向部 145a が配置されている。したがって、半導体チップ 40U を介した P バスバー 130 から出力バスバー 150 への電流経路、及び、半導体チップ 40L を介した出力バスバー 150 から N バスバー 140 への電流経路は、図 23 に二点鎖線の矢印で示すようになる。したがって、上下アーム回路 10 を構成する 2 つの半導体チップが 1 パッケージ化された 2in1 パッケージに較べて、電流ループの面積を小さくすることができる。これにより、自己サージ電圧をさらに低減することができる。

[0176] さらに本例では、相間上インピーダンスが相内上インピーダンスより大きい。また、相間下インピーダンスが相内下インピーダンスより大きい。そのため、図 28 の矢印 Y2 に示すように、各相の閉ループ回路を跨いでサージ電圧が伝播して干渉することを抑制できる。

[0177] さらに本例では、上下アーム回路 10 に並列に接続され、電力ラインの電圧を平滑化する平滑コンデンサ C2 を備える。これによれば、電力ラインの電圧変動を抑制することができる。また、コンデンサ C1 に平滑コンデンサ C2 から瞬時に電荷を供給できるため、コンデンサ C1 の静電容量を抑えることができる。これにより、コンデンサ C1 の小型化が可能となる。

- [0178] 半導体装置20として、1 in 1パッケージ構造の半導体装置20を2つ用いる例を示したが、これに限定されない。上下アーム回路10を構成する2つのアーム（上アーム10U及び下アーム10L）を構成する要素単位でパッケージ化した2 in 1パッケージ構造の半導体装置を用いることもできる。
- [0179] 主端子70の配置も例に限定されない。1 in 1パッケージの場合、主端子70C、70Eを少なくとも1本ずつ有せばよい。同電位とされる主端子70を複数に分割してもよい。たとえば主端子70Cを複数本に分割してもよい。複数本の並列化によって、分割した主端子全体のインダクタンスを低減することができる。2 in 1パッケージの場合、上アーム10U側の主端子70Cと、下アーム10L側の主端子70Eと、出力端子をそれぞれ少なくとも1本有せばよい。
- [0180] 図27に示す例では、共通配線部132、142が、接続部131、141に対して平行部134、144の反対側に延設している。これに対し、図29に示すように、共通配線部132、142が、接続部131、141に対して平行部134、144と同じ側に延設していてもよい。また、上アーム10Uと下アーム10Lとで、共通配線部132、142が延設する向きを異ならせてもよい。例えば、共通配線部132、142は互いに対向配置していなくてもよい。
- [0181] 図27に示す例では、上アーム10U及び下アーム10Lは主端子70C、70Eを複数有しているが、1つの主端子70C、70Eを有していればよい。また、図27に示す例では、主端子70C及び主端子70Eが交互に並べて配置されているが、複数の主端子70Cが並べて配置されていてもよいし、複数の主端子70Eが並べて配置されていてもよい。
- [0182] 図27に示す例に反して、相間上インピーダンスが相内上インピーダンスより小さくてもよい。また、相間下インピーダンスが相内下インピーダンスより小さくてもよい。
- [0183] パワーモジュール110の別例として、パワーモジュール110が備える

冷却器 120、駆動基板 160 及び保護部材 180 の少なくとも 1 つが廃止されていてもよい。また、平滑コンデンサ C2 が廃止された電力変換装置 5 であってもよい。コンデンサ C1 が、保護部材 180 の外に配置された構成としてもよい。冷却器 120 の構造は、例に限定されない。上下アーム回路 10 を構成する半導体装置 20 の一部が、冷却器 120 内の流路 126 に挿入され、冷媒に浸漬される構成としてもよい。この構成において、コンデンサ C1 を冷却器 120 上に配置し、コンデンサ C1 と半導体装置 20 を接続してもよい。浸漬により、半導体装置 20 を両面側から冷却しつつ、サージ電圧を抑制することができる。

[0184] (第 2 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。実施形態では、保護部材 180 として封止樹脂体の例を示した。これに代えて、この実施形態では、保護部材 180 としてケース 187 及び封止材 188 を用いている。

[0185] 図 30～図 32 に示すように、本実施形態のパワーモジュール 110 は、半導体装置 20 と、冷却器 120 と、コンデンサ C1 と、P バスバー 130 と、N バスバー 140 と、出力バスバー 150 と、駆動基板 160 と、保護部材 180 を備えている。図 30 では、便宜上、半導体装置 20 の主端子 70 と、封止材 188 を省略して図示している。図 31 及び図 32 では、駆動基板 160 を省略して図示している。また、パワーモジュール 110 を構成する要素を簡素化して図示している。

[0186] 保護部材 180 を構成するケース 187 は、筒状をなしている。ケース 187 は、平面略矩形環状をなしている。ケース 187 は、樹脂材料を用いて形成されてもよいし、金属材料を用いて形成されてもよい。たとえば射出成形によって形成された樹脂成形体、ダイカスト法によって形成された金属成形体を採用することができる。金属部品を用いたインサート成形体を採用することもできる。

[0187] ケース 187 は Z 方向に延設されている。ケース 187 は、Z 方向の両端

に、開口部 187 a, 187 b を有している。ケース 187 は、貫通孔 187 c を有している。貫通孔 187 c は、開口部 187 b 側の端面 187 d に開口するとともに、筒状内部の空間に連通している。貫通孔 187 c は、X 方向においてケース 187 の両端に設けられている。ケース 187 内には、半導体装置 20 の少なくとも一部、冷却器 120 の一部、コンデンサ C 1、各バスバー 130, 140, 150 それぞれの一部が配置されている。

[0188] 冷却器 120 は、先行実施形態同様、供給管 121 と、排出管と、多段に配置された熱交換部 123 を有している。そして、熱交換部 123 の間に、半導体装置 20 が配置されている。本実施形態でも、上アーム 10 U を構成する半導体装置 20 U と、下アーム 10 L を構成する半導体装置 20 L が X 方向に並んで配置されている。そして、2 つの半導体装置 20 U, 20 L が 2 つの熱交換部 123 によって挟まれている。本実施形態において、供給管 121 及び排出管 122 の並び方向は、X 方向に沿っている。供給管 121 と排出管 122 の間に、半導体装置 20 が配置されている。

[0189] 熱交換部 123 のひとつには、閉塞プレート 127 が一体的に設けられている。閉塞プレート 127 は、ケース 187 の開口部 187 a を閉塞するように設けられている。閉塞プレート 127 は、たとえば平板状に設けられている。閉塞プレート 127 は、熱交換部 123 に対して、半導体装置 20 側の面とは反対の面に固定されている。図 31 及び図 32 に示すように、閉塞プレート 127 が開口部 187 a を塞ぐように、冷却器 120 がケース 187 に組み付けられている。閉塞プレート 127 は、接着、ねじ締結などによってケース 187 に固定されている。閉塞プレート 127 は、ケース 187 の底として機能する。

[0190] 本実施形態では、開口部 187 a 側の端面 187 e に内周側が低い段差が設けられている。端面 187 e の段差部分に閉塞プレート 127 の外周縁部が配置され、この配置状態で冷却器 120 がケース 187 に固定されている。開口部 187 a が開口端に相当する。

[0191] コンデンサ C 1 は、P バスバー 130、N バスバー 140、及び出力バス

バー１５０とともに、コンデンサユニット１９０をなしている。コンデンサユニット１９０は、ケース１９１を有している。ケース１９１は、コンデンサＣ１を収容するハウジングとして機能する。ケース１９１は、各バスバー１３０、１４０、１５０を外部と接続可能に保持する端子台のハウジングとして機能する。このように、コンデンサＣ１、Ｐバスバー１３０、Ｎバスバー１４０、及び出力バスバー１５０は一体的に保持されている。先行実施形態同様、Ｐバスバー１３０には、半導体装置２０Ｕの主端子７０Ｃが電氣的に接続されている。Ｎバスバー１４０には、半導体装置２０Ｌの主端子７０Ｅが電氣的に接続されている。出力バスバー１５０には、半導体装置２０Ｕの主端子７０Ｅ及び半導体装置２０Ｌの主端子７０Ｃが電氣的に接続されている。

[0192] コンデンサユニット１９０は、ケース１８７内において、冷却器１２０上に配置されている。コンデンサユニット１９０は、閉塞プレート１２７が設けられていない側の熱交換部１２３に対して、半導体装置２０とは反対側に配置されている。Ｐバスバー１３０及びＮバスバー１４０の共通配線部１３２、１４２は、Ｘ方向の一端側において、貫通孔１８７ｃを通じてケース１８７外へ突出している。共通配線部１３２、１４２は、Ｚ方向において熱交換部１２３とは反対側に延設されている。出力バスバー１５０は、Ｐバスバー１３０及びＮバスバー１４０とは反対側の端部において、貫通孔１８７ｃを通じてケース１８７外へ突出している。出力バスバー１５０の突出部分も、Ｚ方向において熱交換部１２３とは反対側に延設されている。

[0193] パワーモジュール１１０は、電流センサ２００をさらに備えている。電流センサ２００は、出力バスバー１５０に流れる電流を検出する。このため、電流センサ２００は、出力バスバー１５０の近傍に配置されている。本実施形態では、電流センサ２００が、センサ本体部２０１と、リード２０２を有している。センサ本体部２０１には、磁電変換素子が形成されている。磁電変換素子としては、たとえばホール素子や、ＧＭＲ素子、ＴＭＲ素子などの磁気抵抗効果素子を採用することができる。電流センサ２００のリード２０

2が、駆動基板160に実装、たとえば挿入実装されている。ケース191は駆動基板160側の面に凹部191aを有している。センサ本体部201は、凹部191aに挿入配置された状態で、バスバー150に流れる電流（相電流）を検出する。

[0194] 駆動基板160は、コンデンサユニット190に対して、冷却器120と反対側に配置されている。本実施形態では、駆動基板160が、ケース187の開口部187bを閉塞するように配置されている。駆動基板160は、開口部187b側の端面187dに配置された状態で、ケース187に固定されている。電流センサ200は、X方向において駆動基板160の一端に実装されている。駆動基板160は、出力バスバー150側の端部に凸部161を有している。凸部161は、開口部187bとは反対側、すなわち外側に突出している。

[0195] 電流センサ200は、凸部161に実装されている。電流センサ200は、駆動基板160に実装された状態で、Z方向に延設されている。そして、ケース187の外で、出力バスバー150の突出部分の近傍に配置されている。

[0196] 保護部材180を構成する封止材188は、ケース187内に収容された要素の少なくとも一部を封止している。封止材188としては、電気絶縁性の材料、たとえば樹脂やゲルを採用することができる。封止材188は、ポッティング材と称される場合がある。封止材188は、半導体装置20及びコンデンサC1の少なくとも一部を封止している。封止材188は、異なる電位の部材間に配置されるのが好ましい。

[0197] 本実施形態では、閉塞プレート127を底側として封止材188が充填されている。封止材188は、半導体装置20が備えるすべての主端子70を一体的に覆うように、主端子70の周辺のみに配置されている。封止材188は、主端子70C、70Eの間に介在している。

[0198] このように、本実施形態では、冷却器120がケース187の開口部187aを閉塞している。このため、先行実施形態に記載の効果に加えて、封止

材 188 によって封止しつつ、構成を簡素化することができる。

[0199] また、冷却器 120 を含むケース 187 は、有底筒状をなしている。したがって、開口部 187 b 側からケース 187 内に封止材 188 を充填することができる。これにより、ケース 187 内に封止材 188 を保持し、主端子 70 C, 70 E 間の絶縁を確保することができる。なお、封止材 188 によって絶縁される異なる電位間とは、主端子 70 C, 70 E に限定されない。バスバー 130, 140, 150 間でも良い。主端子 70 と、該主端子 70 と電位が異なるバスバーとの間でも良い。特に本実施形態では、封止材 188 を主端子 70 の周辺のみに配置させるため、封止材 188 の使用量を抑制しつつ、主端子 70 C, 70 E 間の絶縁を確保することができる。

[0200] なお、冷却器 120 によりケース 187 の開口部 187 a を閉塞する例を示したが、これに限定されない。駆動基板 160 によりケース 187 の開口部 187 a を閉塞してもよい。

[0201] 駆動基板 160 が開口部 187 a 側に配置される例を示したが、これに限定されない。駆動基板 160 が、冷却器 120 に対してコンデンサユニット 190 と反対側に配置された構成としてもよい。この場合、駆動基板 160 と冷却器 120 の両方により、開口部 187 a を閉塞する構成としてもよい。

[0202] ケース 187 内における封止材 188 の配置は、例に限定されない。たとえば図 33 に示すように、コンデンサユニット 190 側の熱交換部 123 まで、完全に封止されるように、封止材 188 が充填された構成としてもよい。この場合、熱交換部 123 と主端子 70 との間にも、電気絶縁性の封止材 188 が配置される。したがって、熱交換部 123 (冷却器 120) と主端子 70 との距離を近づけることができる。

[0203] 図 33 では、熱交換部 123 における主端子 70 側の端部に、突起部 123 a を設けている。突起部 123 a は、熱交換部 123 における半導体装置 20 の配置部位に対して Z 方向に突出している。金属製の熱交換部 123 (突起部 123 a) を主端子 70 に近づけることで、主端子 70 のインダクタ

ンスを小さくすることができる。これにより、サージ電圧を低減することができる。また、ケース１８７を封止材１８８によって満たしてもよい。

[0204] ケース１８７のＺ方向の長さは特に限定されない。金属製のケース１８７は、ノイズに対する遮蔽板として機能する。よって、金属製のケース１８７を採用する場合、ケース１８７のＺ方向の長さを、半導体装置２０、冷却器１２０、及びコンデンサユニット１９０の積層体よりも長くするとよい。これによれば、ケース１８７によって、外来ノイズを効果的に遮蔽することができる。また、半導体装置２０の生じたノイズが外部へ伝搬するのを効果的に遮蔽することができる。

[0205] 図３４～図３６に示す例では、金属製のケース１８７が、信号端子８０に対応する貫通孔１８７ｆをさらに備えている。貫通孔１８７ｆは、端面８０ｄにおける信号端子８０側の部分に開口するとともに、筒状内部の空間に連通している。貫通孔１８７ｆは、Ｚ方向に延設されている。貫通孔１８７ｆは、平面略矩形環状の端面１８７ｄにおいて、四辺のひとつに開口している。貫通孔１８７ｆは、貫通孔１８７ｃとは異なる辺に開口している。本実施形態では、ひとつの貫通孔１８７ｆをすべての信号端子８０が挿通している。半導体装置２０ごとに貫通孔１８７ｆを分けてもよい。図３５では、便宜上、駆動基板１６０を省略して図示している。

[0206] 信号端子８０は屈曲部を有し、ＺＸ平面において略Ｌ字状をなしている。信号端子８０のうち、Ｚ方向に延設された部分が貫通孔１８７ｆを挿通している。信号端子８０の一部は端面１８７ｄから突出している。信号端子８０の一部分が、金属製のケース１８７によって囲まれているため、ケース１８７によってノイズを効果的に遮蔽することができる。なお、ケース１８７に、端面１８７ｅ側に開口する貫通孔を設け、信号端子８０を端面１８７ｅ側に突出させてもよい。

[0207] （第３実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。実施形態では、電力配線（共通配線１１Ｎ，１１Ｐ）から上配線１１Ｐａ及び

下配線 11Na への分岐構造について特に言及しなかった。この実施形態では、熱の影響を考慮して分岐構造が決定されている。

[0208] 図37は、本実施形態のパワーモジュール110の等価回路図を示している。図37は、図1の等価回路図からインバータ7、平滑コンデンサC2、及びモータジェネレータ3を抽出して示した回路図である。

[0209] 図37に示すように、上配線11Paは、共通配線11P（上電力配線）との接続点Npを基準として、2つの部分に分けられる。上配線11Paは、接続点Npから2つに分岐している。上配線11Paは、第1配線部11Pbと、第2配線部11Pcを有している。第1配線部11Pbは、上アーム10Uのコレクタ電極と接続点Npとを電氣的に接続する配線部分である。第2配線部11Pcは、コンデンサC1の正極端子と接続点Npとを電氣的に接続する配線部分である。インバータ7の各相において、同様の構成とされている。

[0210] 下配線11Naは、共通配線11N（下電力配線）との接続点Nnを基準として、2つの部分に分けられる。下配線11Naは、接続点Nnから2つに分岐している。下配線11Naは、第1配線部11Nbと、第2配線部11Ncを有している。第1配線部11Nbは、下アーム10Lのエミッタ電極と接続点Nnとを電氣的に接続する配線部分である。第2配線部11Pcは、コンデンサC1の負極端子と接続点Nnとを電氣的に接続する配線部分である。インバータ7の各相において、同様の構成とされている。

[0211] このように、上配線11Pa及び下配線11Naは、対応する共通配線11P、11N（電力配線）との接続点Np、Nnから対応するアームまでの第1配線部11Pb、11Nbを有している。上配線11Pa及び下配線11Naは、接続点Np、NnからコンデンサC1の対応する端子までの第2配線部11Pc、11Ncを有している。

[0212] そして、上配線11Pa及び下配線11Naの少なくとも一方において、第1配線部11Pb、11Nbの配線抵抗が、第2配線部11Pc、11Ncの配線抵抗よりも小さくされている。

[0213] ここで、上配線 11Pa において、第 1 配線部 11Pb の配線抵抗を R_{pb} 、第 2 配線部 11Pc の配線抵抗を R_{pc} とする。下配線 11Na において、第 1 配線部 11Nb の配線抵抗を R_{nb} 、第 2 配線部 11Nc の配線抵抗を R_{nc} とする。たとえば上配線 11Pa が関係を満たす場合、配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} とされている。下配線 11Na が関係を満たす場合、配線抵抗 R_{nb} （配線抵抗 R_{nc} とされている。

[0214] 図 38 は、関係を満たすように構成されたパワーモジュール 110 を示す模式図である。図 38 では、パワーモジュール 110 を簡略化して示している。図 38 では、パワーモジュール 110 を構成する要素として、半導体装置 20（20U，20L）、P バスバー 130、N バスバー 140、及びコンデンサ C1 を示している。先行実施形態同様、パワーモジュール 110 は、これら要素とともに、冷却器 120、出力バスバー 150、駆動基板 160、及び保護部材 180 の少なくともひとつを備えてもよい。

[0215] 保護部材 180 を備える場合、先行実施形態に示したように、封止樹脂体、成形された樹脂ケース、金属ケースなどを用いることができる。ケースの場合、ケース内に封止材を充填してもよい。さらには、樹脂表面に金属が積層配置されたフィルムを用いて保護部材 180 を構成してもよい。このようなフィルムとしては、たとえば、金属箔を樹脂に貼り合わせたラミネートフィルム、樹脂表面に金属を蒸着させた蒸着フィルムがある。金属としては、たとえばアルミニウムを用いることができる。

[0216] 共通配線 11P 及び上配線 11Pa は、P バスバー 130 として提供されている。共通配線 11N 及び下配線 11Na は、N バスバー 140 として提供されている。P バスバー 130 は、共通配線部 132 と、並列配線部 133 を有している。N バスバー 140 は、共通配線部 142 と、並列配線部 143 を有している。図 38 では、共通配線部 132，142 が、対応する並列配線部 133，143 に連なっている。共通配線部 132 が、共通配線 11P に相当する。共通配線部 142 が、共通配線 11N に相当する。

[0217] 半導体装置 20 とコンデンサ C1 との並び方向において、半導体装置 20

とコンデンサC 1との間に並列配線部1 3 3, 1 4 3が配置されている。並列配線部1 3 3, 1 4 3は、板面同士が対向するように配置されている。並び方向において、並列配線部1 3 3の一端側に図示しない接続部1 3 1が設けられ、他端側に半導体装置2 0 Uとの接続部が設けられている。並び方向において、並列配線部1 4 3の一端側に図示しない接続部1 4 1が設けられ、他端側に半導体装置2 0 Lとの接続部が設けられている。

[0218] 並列配線部1 3 3, 1 4 3のそれぞれにおいて、厚みがほぼ均一されている。並列配線部1 3 3, 1 4 3のそれぞれにおいて、並び方向に直交する方向の幅がほぼ一定とされている。共通配線部1 3 2は、並び方向において半導体装置2 0に近い位置で、並列配線部1 3 3に連なっている。連結点が、接続点N pに相当する。共通配線部1 3 2と半導体装置2 0 U、コンデンサC 1それぞれとの電流経路は、破線矢印で示すように、共通配線部1 3 2から幅方向両側に分岐している。電流経路は、半導体装置2 0 UのほうがコンデンサC 1よりも短い。接続点N pからの配線長は、半導体装置2 0 UのほうがコンデンサC 1よりも短い。これにより、配線抵抗R p b（配線抵抗R p cとなっている）。

[0219] 同様に、共通配線部1 4 2は、並び方向において半導体装置2 0に近い位置で、並列配線部1 4 3に連なっている。連結点が、接続点N nに相当する。共通配線部1 4 2と半導体装置2 0 L、コンデンサC 1それぞれとの電流経路は、実線矢印で示すように、共通配線部1 4 2から幅方向両側に分岐している。電流経路は、半導体装置2 0 LのほうがコンデンサC 1よりも短い。接続点N nからの配線長は、半導体装置2 0 LのほうがコンデンサC 1よりも短い。これにより、配線抵抗R n b（配線抵抗R n cとなっている）。

[0220] ここで、バスバー1 3 0, 1 4 0には、A C電流とD C電流が流れる。A C電流は、スイッチング素子のスイッチング時に流れる電流である。D C電流は、スイッチング素子がオンされている定常時に流れる電流である。コンデンサC 1は、理想的にはA C電流しか通さない。よって、図3 8に示した電流経路において、コンデンサC 1側には主にA C電流が流れる。半導体装

置 20 側には、DC 電流と AC 電流とが流れる。また、DC 電流による発熱量のほうが、AC 電流による発熱量に較べて大きい。

[0221] 本実施形態では、半導体装置 20U のほうがコンデンサ C1 よりも、共通配線部 132 からの配線長が短くされている。これにより、配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} となっている。DC 電流が流れる経路の配線抵抗 R_{pb} を小さくしたため、DC 電流による発熱量を抑制することができる。これにより、コンデンサ C1 に伝わる熱を低減することができる。

[0222] 同様に、半導体装置 20L のほうがコンデンサ C1 よりも、共通配線部 142 からの配線長が短くされている。これにより、配線抵抗 R_{nb} （配線抵抗 R_{nc} となっている。DC 電流が流れる経路の配線抵抗 R_{nb} を小さくしたため、DC 電流による発熱量を抑制することができる。これにより、コンデンサ C1 に伝わる熱を低減することができる。

[0223] 配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} と配線抵抗 R_{nb} （配線抵抗 R_{nc} の両方の条件を満たす例を示したが、これに限定されない。少なくとも一方の条件を満たせばよい。一方の条件のみを満たす場合でも、いずれの条件も満たさない構成に較べて、DC 電流による発熱量を抑制することができる。

[0224] DC 電流による発熱量のほうが、AC 電流による発熱量に較べて大きい。バスバー 130、140 の少なくとも一部を露出構造とすることで、DC 電流による熱を効果的に逃がすことができる。バスバー 130、140 のうち、DC 電流が流れる部分、すなわち第 1 配線部 11Pb、11Nb に対応する部分、の少なくとも一部を、封止樹脂体や封止材から露出させるとよい。

[0225] 本実施形態では、配線長を短くすることで、半導体装置 20 までの配線抵抗をコンデンサ C1 までの配線抵抗よりも小さくする例を示した。電流経路の断面積、たとえば厚みや幅を異ならせることで、半導体装置 20 までの配線抵抗をコンデンサ C1 までの配線抵抗より小さくしてもよい。

[0226] 以下に、パワーモジュール 110 のより具体的な構成例を示す。以下に示す各例でも、パワーモジュール 110 を構成する要素として、半導体装置 20（20U、20L）、P バスバー 130、N バスバー 140、及びコンデ

ンサC 1を示している。パワーモジュール110は、これら要素とともに、冷却器120、出力バスバー150、駆動基板160、及び保護部材180の少なくともひとつを備えてもよい。

[0227] 図39及び図40に示すパワーモジュール110は、先行実施形態（図30参照）に示したパワーモジュール110に対応している。コンデンサC1の正極端子が、Y方向において信号端子80側の側面に設けられている。負極端子が、Y方向において主端子70側の側面に設けられている。

[0228] Pバスバー130は、接続部131、共通配線部132、並列配線部133、及び接続部137を有している。共通配線部132は、コンデンサC1に対して、コンデンサC1の長手方向であるX方向の一端側に配置されている。共通配線部132は、並列配線部133に連なっている。共通配線部132は、ひとつの屈曲部を有し、ZX平面において略L字状をなしている。共通配線部132は、板厚方向をZ方向と略平行にして並列配線部133からX方向に延びた部分と、板厚方向をX方向と略平行にしてZ方向に延びた部分を有している。

[0229] 並列配線部133は、コンデンサC1における半導体装置20との対向面である下面側に配置されている。並列配線部133は、コンデンサC1と半導体装置20との間に配置されている。並列配線部133は、Y方向に延設されている。Y方向において、並列配線部133の一端側、具体的には信号端子80側には、接続部131が連なっている。接続部131は、並列配線部133に対して屈曲されている。接続部131は、Y方向において、コンデンサC1の正極端子に接続されている。並列配線部133において、接続部131とは反対側の端部は主端子70側に屈曲している。並列配線部133は、YZ平面において略L字状をなしている。接続部137は、並列配線部133の屈曲した先端に連なっている。接続部137は、ひとつの屈曲部を有し、YZ平面において略L字状をなしている。接続部137は、半導体装置20Uの主端子70Cに接続されている。Pバスバー130は、主端子70Cと同数（4本）の接続部137を有している。Pバスバー130は、溶

接を用いず、一枚の金属板から形成されている。

[0230] Nバスバー140は、接続部141、共通配線部142、並列配線部143、接続部147、及び繋ぎ部148を有している。共通配線部142は、共通配線部132と同じ側に配置されている。共通配線部142は、ひとつの屈曲部を有し、ZX平面において略L字状をなしている。共通配線部142は、並列配線部143ではなく、繋ぎ部148に連なっている。共通配線部142は、板厚方向をZ方向と略平行にして繋ぎ部148から延びた部分と、板厚方向をX方向と略平行にしてZ方向に延びた部分を有している。共通配線部142のZ方向延設部分は、共通配線部132のZ方向延設部分とY方向に並んで配置されている。共通配線部142のZ方向延設部分は、共通配線部132のZ方向延設部分よりも、X方向においてコンデンサC1に近い位置に配置されている。共通配線部142の一部と、共通配線部132のX方向延設部分とは、板面同士が対向している。

[0231] 繋ぎ部148は、コンデンサC1における共通配線部132、142側の側面と、コンデンサC1における半導体装置20側の面と反対の上面に配置されている。繋ぎ部148の側面配置部分に共通配線部142が連なり、上面配置部分に接続部141が連なっている。繋ぎ部148は、共通配線部142と接続部141を繋いでいる。繋ぎ部148は、共通配線部142の一部とも言える。接続部141は、繋ぎ部148の上面配置部分に対して屈曲されており、コンデンサC1の負極端子に接続されている。並列配線部143は、接続部141における繋ぎ部148とは反対の端部に連なっている。

[0232] 並列配線部143は、Y方向に延設されている。並列配線部143において、接続部141とは反対側の端部は主端子70側に屈曲している。並列配線部143は、YZ平面において略L字状をなしている。並列配線部143は、並列配線部133に対して対向配置されている。接続部147は、並列配線部143の屈曲した先端に連なっている。接続部147は、ひとつの屈曲部を有し、YZ平面において略L字状をなしている。接続部147は、半導体装置20Lの主端子70Eに接続されている。Nバスバー140は、主端

子70Eと同数（5本）の接続部147を有している。Nバスバー140は、溶接を用いず、一枚の金属板から形成されている。

[0233] このように、図39及び図40に示す例では、Pバスバー130側において、配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} を満たしている。これにより、DC電流による発熱量を抑制することができる。Nバスバー140では、接続部141のほうが接続部147よりも共通配線部142に近い位置とされている。

[0234] また、コンデンサC1の上面上にNバスバー140が配置され、下面上にPバスバー130が配置されている。これにより、コンデンサC1の放熱性を向上することができる。

[0235] なお、図示しない出力バスバー150は、先行実施形態（図30）同様の構成となっている。出力バスバー150の外部との接続部位は、間にコンデンサC1を挟むように、X方向において共通配線部132、142とは反対側に配置されている。出力バスバー150は、繋ぎ部148、接続部141、並列配線部143に対して対向（積層）するように、延設されている。出力バスバー150の延設先端には、接続部が設けられている。この接続部により、半導体装置20Uの主端子70E及び半導体装置20Lの主端子70Cと接続されている。

[0236] また、図示しない冷却器120は、Z方向において両面側から半導体装置20を冷やすように配置されている。冷却器120の熱交換部123のひとつは、Pバスバー130の並列配線部133を介して、半導体装置20とコンデンサC1との間に配置されている。

[0237] 図41に示す例では、コンデンサC1の端子が図39に示した構成とは逆の配置となっている。コンデンサC1の負極端子が、Y方向において信号端子80側の側面に設けられ、正極端子が主端子70側の側面に設けられている。Nバスバー140は、図39に示した例のPバスバー130と同様の構成となっている。Nバスバー140は、接続部141、共通配線部142、並列配線部143、及び接続部147を有している。共通配線部142は、

並列配線部 143 に連なっている。並列配線部 143 は、コンデンサ C1 の下面と半導体装置 20 との間に配置されている。並列配線部 143 は、Y 方向に延設されており、信号端子 80 側に接続部 141 が連なっている。接続部 141 とは反対側において、並列配線部 143 は主端子 70 側に屈曲している。接続部 147 は、並列配線部 143 の屈曲した先端に連なっている。

[0238] P バスバー 130 は、接続部 131、共通配線部 132、並列配線部 133、及び接続部 137 を有している。共通配線部 132 は、Y 方向において正極端子寄り、並列配線部 133 に連なっている。並列配線部 133 は、コンデンサ C1 の下面と半導体装置 20 との間に配置されている。並列配線部 133 は、並列配線部 143 とコンデンサ C1 との間に配置されている。並列配線部 133 は、Y 方向に延設されている。並列配線部 133 における主端子 70 側の端部に、接続部 131、137 が連なっている。X 方向において、並列配線部 133 の端部のうち、X 方向において共通配線部 132、142 側の一部分は、主端子 70 側に屈曲している。そして、並列配線部 133 の屈曲した先端に、接続部 137 が連なっている。X 方向において、並列配線部 133 の残りの部分は Z 方向に延設され、接続部 131 側から延びた部分と溶接されている。以下において、並列配線部 133 の溶接部分を、溶接部 133a と示すことがある。

[0239] 図 41 に示す構成では、共通配線部 132 と接続部 131 との電流経路に溶接部 133a が設けられており、溶接部 133a の折り返し部分が長い。これにより、P バスバー 130 は、配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} を満たしている。N バスバー 140 では、接続部 141 のほうが接続部 147 よりも共通配線部 142 に近い位置とされている。

[0240] 図 39 及び図 41 に示した構成に代えて、N バスバー 140 において配線抵抗 R_{nb} （配線抵抗 R_{nc} を満たし、P バスバー 130 において接続部 131 のほうが接続部 137 よりも共通配線部 132 に近い構成としてもよい。

[0241] 図 42 に示す例では、コンデンサ C1 の正極端子が、Z 方向において半導

体装置 20 側の下面に設けられ、負極端子が下面とは反対の上面に設けられている。P バスバー 130 は、図示しない接続部 131、共通配線部 132、並列配線部 133、接続部 137、及び繋ぎ部 138 を有している。繋ぎ部 138 は、共通配線部 132 と並列配線部 133 を繋いでいる。繋ぎ部 138 は、共通配線部 132 の一部とも言える。繋ぎ部 138 は、XY 平面において延設されており。一端に共通配線部 132 が連なり、他端に並列配線部 133 が連なっている。並列配線部 133 は、図 39 同様に屈曲部を有しており、屈曲先端に接続部 137 が連なっている。並列配線部 133 は、Z 方向に延設された溶接部 133a を有している。並列配線部 133 は、溶接部 133a から Y 方向においてコンデンサ C1 側に延び、屈曲部を介して、コンデンサ C1 の下面側に延びている。そして、並列配線部 133 の先端に接続部 131 が連なっている。

[0242] N バスバー 140 は、接続部 141、共通配線部 142、並列配線部 143、接続部 147、及び繋ぎ部 148 を有している。繋ぎ部 148 は、共通配線部 142 と並列配線部 143 を繋いでいる。繋ぎ部 148 の一部は、繋ぎ部 138 と対向している。並列配線部 143 は、図 39 同様に屈曲部を有しており、屈曲先端に接続部 147 が連なっている。X 方向において、並列配線部 143 の屈曲部は、並列配線部 133 の屈曲部と並んで配置されている。並列配線部 143 は、Z 方向に延設された溶接部 143a を有している。並列配線部 143 は、溶接部 143a から Y 方向においてコンデンサ C1 側に延び、屈曲部を介して、コンデンサ C1 の上面側に延びている。そして、並列配線部 143 の先端に接続部 141 が連なっている。並列配線部 143 の一部は、並列配線部 133 と対向している。

[0243] このように、図 42 に示す例では、P バスバー 130 側において、配線抵抗 R_{pb} (配線抵抗 R_{pc} を満たしている。N バスバー 140 側において、配線抵抗 R_{nb} (配線抵抗 R_{nc} を満たしている。また、コンデンサ C1 の上面上に N バスバー 140 が配置され、下面上に P バスバー 130 が配置されている。

[0244] 図43に示す例では、図42同様、コンデンサC1の正極端子が、Z方向において半導体装置20側の下面に設けられ、負極端子が下面とは反対の上面に設けられている。バスバー130、140の溶接部を有していない点で、図42とは異なっている。図39に示した構成同様、並列配線部133、143の屈曲部が、X方向のほぼ全長にわたって互いに対向している。これにより、図42に示す例よりも広範囲にわたって、並列配線部133、143が対向配置されている。

[0245] 図43に示す例では、Pバスバー130側において、配線抵抗 R_{pb} （配線抵抗 R_{pc} を満たしている。Nバスバー140側において、配線抵抗 R_{nb} （配線抵抗 R_{nc} を満たしている。また、コンデンサC1の上面上にNバスバー140が配置され、下面上にPバスバー130が配置されている。なお、図42及び図43に示した構成に代えて、コンデンサC1の負極端子が下面に設けられ、正極端子が上面に設けられた構成としてもよい。

[0246] 図44に示す例では、コンデンサC1の負極端子が、X方向において共通配線部132、142側の側面に設けられ、正極端子が負極端子とは反対の側面に設けられている。図44では、便宜上、主端子70C、70Eを省略して図示している。図44では、図42同様、X方向において並列配線部133、143の屈曲部が並んでいる。並列配線部133の屈曲部は、共通配線部132、142に対して遠い側に設けられている。並列配線部133の屈曲先端には、接続部137が連なっている。並列配線部133は溶接部133aを有している。並列配線部133は、溶接部133aを含むZ方向延設部分と、正極端子に向けてXY面内を延設された部分を有している。

[0247] 並列配線部143の屈曲部は、共通配線部132、142に対して近い側に設けられている。並列配線部143の屈曲先端には、接続部147が連なっている。並列配線部143は溶接部143aを有している。並列配線部143は、溶接部143aを含むZ方向延設部分と、負極端子に向けてXY面内を延設された部分を有している。

[0248] 図44に示す例では、Pバスバー130側において、配線抵抗 R_{pb} （配

線抵抗 R_{pc} を満たしている。Nバスバー 140 側において、配線抵抗 R_{nb} (配線抵抗 R_{nc} を満たしている。なお、図 44 に示した構成に代えて、コンデンサ C1 の正極端子が共通配線部 132, 142 側の側面に設けられ、負極端子が正極端子とは反対の側面に設けられた構成としてもよい。

[0249] (第 4 実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例である。第 2 実施形態では、パワーモジュール 110 が電流センサ 200 を備える例を示した。この実施形態では、電流センサ 200 による電流検出の精度を向上できる構成について説明する。

[0250] 図 46 に示すように、本実施形態のパワーモジュール 110 は、出力バスバー 150 と、駆動基板 160 と、電流センサ 200 を備えている。出力バスバー 150 が、出力配線に相当する。パワーモジュール 110 は、第 2 実施形態 (図 30 参照) とほぼ同じ構造となっている。

[0251] 図示を省略するが、パワーモジュール 110 は、上下アーム回路 10 を構成する半導体装置 20 (20U, 20L) を備えている。上アーム 10U を構成する半導体装置 20U の主端子 70E、及び、下アーム 10L を構成する半導体装置 20L の主端子 70C は、出力バスバー 150 に接続されている。

[0252] さらにパワーモジュール 110 は、コンデンサ C1 と、冷却器 120 と、Pバスバー 130 と、Nバスバー 140 を備えている。コンデンサ C1、Pバスバー 130、Nバスバー 140、及び出力バスバー 150 は、コンデンサユニット 190 として、一体化されている。

[0253] 出力バスバー 150 は、図 46 に示すように、被検出部 155 と、屈曲部 156 を有している。被検出部 155 は、出力バスバー 150 において、電流センサ 200 により電流が検出される部分である。電流センサ 200 の本体部 201 は、被検出部 155 を流れる電流を検出するように配置されている。

[0254] 被検出部 155 は、一方向に延設されている。本実施形態では、X方向に

延設されている。被検出部 155 には、貫通部 155a が形成されている。貫通部 155a は、被検出部 155 において、板面である一面 155b 及び裏面 155c 間を貫通している。貫通部 155a は、貫通孔、又は、側面に開口する切り欠きとして提供される。本実施形態では、貫通部 155a として貫通孔を採用している。

[0255] 図 30 に示したように、電流センサ 200 は、駆動基板 160 に実装されている。電流センサ 200 は、駆動基板 160 から Z 方向であって被検出部 155 側に延びている。本体部 201 は、ケース 191 の凹部 191a（図 30 参照）に挿入され、出力バスバー 150 の貫通部 155a を挿通している。本体部 201 は、貫通部 155a を通じて、一面 155b 側と裏面 155c 側の両方に配置されている。図示を省略するが、磁電変換素子は、一面 155b 側、裏面 155c 側のそれぞれに配置されている。

[0256] 屈曲部 156 は、被検出部 155 に対して屈曲している。屈曲部 156 の一端は被検出部 155 に連なっている。屈曲部 156 は、被検出部 155 とは異なる方向に延設されている。本実施形態の屈曲部 156 は、被検出部 155 に対して略 90 度の角度を有して屈曲し、Z 方向に延設されている。屈曲部 156 は、端子部 156a と、対向部 156b を有している。

[0257] 端子部 156a は、屈曲部 156 において、被検出部 155 に連なる一端とは反対の他端側に設けられている。端子部 156a は、他の部材、すなわちパワーモジュール 110 を構成する要素とは別の部材が接続される部分である。本実施形態では、出力バスバー 150 の端部に、端子部 156a が設けられている。

[0258] 対向部 156b は、端子部 156a から被検出部 155 側に延び、端子部 156a とともに、他の部材と対向する部分である。対向部 156b の端部、具体的には被検出部 155 に対して遠い側の端部は、端子部 156a に連なっている。対向部 156b は、屈曲部 156 において、端子部 156a から所定範囲の部分である。屈曲部 156 において、端子部 156a を除く部分の少なくとも一部が、対向部 156b とされている。

[0259] 図46では、他の部材として、バスバー241を例示している。後述するように、バスバー241、251が、他の部材に相当する。図46では、パワーモジュール110の出力バスバー150と、バスバー241との接続構造を示している。後述するように、バスバー241は、パワーモジュール110とともに電力変換装置5を構成する要素である。バスバー241は、端子部241aと、延設部241bを有している。端子部241aが、バスバーの接続部に相当する。

[0260] 端子部241aは、バスバー241において、出力バスバー150の端子部156aが接続される部分である。端子部156aと端子部241aとは、溶接などにより接続されている。端子部156a、241aは、好ましくは板面同士が対向するように配置された状態で、接続されている。出力バスバー150及びバスバー241は、端子部156a、241aの接続部分で、機械的且つ電氣的に接続されている。本実施形態では、バスバー241の端部に、端子部241aが設けられている。端子部241aの延設長さは、端子部156aの延設長さと略等しくされている。

[0261] 延設部241bは、端子部241aから延設された部分である。延設部241bの一端は、端子部241aに連なっている。延設部241bの一部は、端子部241aとともに、出力バスバー150の端子部156a及び対向部156bに対向配置されている。延設部241bにおいて、端子部241aから所定範囲の部分は、対向部156bに対向配置されている。

[0262] 本実施形態では、延設部241bが、経路の途中で、略90度の角度を有して屈曲している。延設部241bは、屈曲部位241b1を有している。バスバー241において、屈曲部位241b1から端子部241a側の部分は、Z方向に延設されている。屈曲部位241b1から反対側の部分は、X方向であって、被検出部155から離れる方向に延設されている。

[0263] そして、出力バスバー150とバスバー241とで、対応する端子部156a、241aを含むZ方向の延設長さが、互いに略等しくされている。具体的には、屈曲部位241b1よりも端子部241a側の延設部241b及

び端子部 241 a の延設長さが、対向部 156 b 及び端子部 156 a の延設長さと、略等しくされている。出力バスバー 150 及びバスバー 241 において、屈曲により Z 方向に延設された部分は、全長のほぼ全域で互に対向している。出力バスバー 150 及びバスバー 241 は、好ましくは、板面が向き合うように対向している。なお、バスバー 251 についても、バスバー 241 と同様の構成となっている。

[0264] 図 47 は、図 46 に示したパワーモジュール 110 を備える電力変換装置 5 を模式的に示している。この電力変換装置 5 では、図 46 に示した出力バスバー 150 とバスバー 241（及びバスバー 251）の接続構造を採用している。

[0265] 電力変換装置 5 は、パワーモジュール 110 に加え、筐体 220 と、入力端子台 230 と、出力端子台 240 と、リアクトルモジュール 250 と、コンデンサモジュール 260 を備えている。後述するバスバー 251 を除いて図示を省略するが、電力変換装置 5 は、さらに配線部材（たとえばバスバー）、冷却器、制御回路部 9 が形成された制御基板を備えている。配線部材は、電力変換装置 5 を構成する要素間を電氣的に接続する。冷却器は、筐体 220 内の要素、たとえばパワーモジュール 110、リアクトルモジュール 250、コンデンサモジュール 260 を冷却する。

[0266] 電力変換装置 5 は、第 1 実施形態（図 1 参照）で示したように、8 つの上下アーム回路 10 を構成する。このため、電力変換装置 5 は、8 つのパワーモジュール 110 を備えている。電力変換装置 5 は、コンバータ 6 を構成する 2 つのパワーモジュール 110 と、インバータ 7, 8 を構成する 6 つのパワーモジュール 110 を備えている。複数のパワーモジュール 110 は、たとえば Y 方向に並んで配置されている。パワーモジュール 110 は、出力バスバー 150 が X 方向の同じ側となるよう配置されている。

[0267] 筐体 220 は、パワーモジュール 110 を構成する他の要素を収容する。筐体 220 は、複数の部材を組み付けることで構成される。代表的な例としては、ケースとカバーの組み合わせである。筐体 220 を構成する部材とし

ては、金属部材のみ、樹脂部材のみ、金属部材と樹脂部材の組み合わせが可能である。筐体 220 は、平面略矩形状をなしている。

[0268] 入力端子台 230 は、直流電源 2 と電力変換装置 5 とを電氣的に接続するための部分である。図示を省略するが、入力端子台 230 は、正極端子及び負極端子とこれら端子を保持するハウジングを有している。正極端子には、V_Lライン 12_Lを構成する配線部材が接続されている。負極端子には、N_Lライン 13_Lを構成する配線部材が接続されている。入力端子台 230 は、筐体 220 の四隅のひとつの近傍に配置されている。筐体 220 の壁面には開口部 220 a が形成されており、入力端子台 230 は開口部 220 a を通じて直流電源 2 との電氣的な接続が可能となっている。

[0269] 出力端子台 240 は、モータジェネレータ 3, 4 と電力変換装置 5 とを電氣的に接続するための部分である。出力端子台 240 は、インバータ 7, 8 を構成する複数のパワーモジュール 110 に接続される複数のバスバー 241 と、これらバスバー 241 を保持するハウジング 242 を有している。バスバー 241 は、出力端子と称されることがある。バスバー 241 は、出力配線 15 の少なくとも一部を構成している。出力端子台 240 は、筐体 220 の Y 方向の側壁のひとつに隣接して配置されている。この側壁には開口部 220 b が形成されており、出力端子台 240 は開口部 220 b を通じてモータジェネレータ 3, 4 の三相巻線との電氣的な接続が可能となっている。

[0270] バスバー 241 は、ハウジング 242 から、開口部 220 b を有する側壁とは反対側に突出している。バスバー 241 の突出部分は、図 46 に示したように、Z_X平面において略 L 字状をなしている。バスバー 241 のそれぞれは、接続態様で、対応するパワーモジュール 110 の出力バスバー 150 に接続されている。

[0271] リアクトルモジュール 250 は、コンバータ 6 のリアクトル R₁, R₂ を構成している。リアクトルモジュール 250 は、Y 方向において、コンデンサモジュール 260 と並んで配置されている。リアクトルモジュール 250 は、Y 方向において、たとえば入力端子台 230 の隣りに配置されている。

X方向において、リアクトルモジュール250及びコンデンサモジュール260と、出力端子台240との間に、パワーモジュール110が配置されている。

[0272] リアクトルモジュール250は、図示しない複数の端子を有している。リアクトルモジュール250は、端子のひとつを介して、VLライン12Lを構成する配線部材と電氣的に接続されている。リアクトルモジュール250は、端子の他のひとつ及び昇圧配線14を構成するバスバー251を介して、コンバータ6を構成するパワーモジュール110の出力バスバー150と電氣的に接続されている。バスバー251と出力バスバー150の接続態様は、バスバー241及び出力バスバー150と同様となっている。バスバー251は、端子部251a及び延設部251bを有している。端子部251aは、出力バスバー150の端子部156aに接続されている。延設部251bは、経路の途中に屈曲部位を有している。屈曲部位よりも端子部251a側の部分が、Z方向に延設されている。バスバー241, 251が、電力変換装置5の導電部材に相当する。

[0273] コンデンサモジュール260は、平滑コンデンサC2及びフィルタコンデンサC3を構成している。コンデンサモジュール260は、たとえばフィルムコンデンサをケース内に収容してなる。X方向において、コンデンサモジュール260と入力端子台230との間に、リアクトルモジュール250が配置されている。Y方向において、コンデンサモジュール260と出力端子台240との間に、パワーモジュール110が配置されている。

[0274] コンデンサモジュール260は、図示しない複数の端子を有している。コンデンサモジュール260は、VHライン12H、VLライン12L、Nライン13のそれぞれに対応する端子を有している。コンデンサモジュール260は、端子のひとつを介して、VHライン12Hを構成する配線部材と電氣的に接続されている。コンデンサモジュール260は、端子の他のひとつを介して、VLライン12Lを構成する配線部材と電氣的に接続されている。コンデンサモジュール260は、端子の他のひとつを介して、Nライン1

3を構成する配線部材と電氣的に接続されている。

[0275] このように、本実施形態では、パワーモジュール110の出力バスバー150が、被検出部155に連なり、被検出部155とは異なる方向に延設された屈曲部156を有している。よって、屈曲部を有さない構成、すなわち、被検出部からX方向に延びる構成に較べて、パワーモジュール110、ひいては電力変換装置5の体格の増大を抑制することができる。

[0276] 図48は、パワーモジュールの参考例を示す断面図である。図48において、本実施形態の要素と同一又は関連する要素について、本実施形態の符号の末尾にrを付け加えて示している。図48では、ある時点における電流の流れを破線矢印で示している。また、電流による磁界を一点鎖線で示している。磁界は電流を中心として同心円状に生じるが、図48では、分かりやすくするために同心円をずらして図示している。

[0277] 図48に示すパワーモジュール110rも、出力バスバー150rが、被検出部155rと、屈曲部156rを有している。屈曲部156rの先端にバスバー241rが接続されている。バスバー241rは、Z方向であって被検出部155から離れる方向に延設されている。したがって、電流センサ200rの図示しない磁電変換素子には、被検出部155rに流れる電流による磁界だけでなく、屈曲部156rに流れる電流による磁界も作用する。このため、電流センサ200による電流の検出精度が低下するおそれがある。

[0278] これに対し、本実施形態では、屈曲部156が、バスバー241が接続される端子部156aと、端子部156aから被検出部155側に延び、端子部156aとともにバスバー241と対向する対向部156bを有している。図49に示すように、端子部156aに端子部241aが接続された状態で、端子部156a及び対向部156bと、端子部241a及び延設部241bの一部とは、折り返し構造となっている。このため、互いに略逆向きの電流が流れる。

[0279] したがって、端子部156a及び対向部156bに流れる電流による磁界

を、端子部241a及び延設部241bの一部に流れる電流による磁界によって相殺することができる。この結果、屈曲部156を有しつつ、屈曲部156に流れる電流による磁界が電流センサ200に作用するのを抑制することができる。よって、電流センサ200は、被検出部155に流れる電流を精度良く検出することができる。なお、バスバー241について説明したが、バスバー251についても同様である。図49では、図48同様、電流を破線矢印で示し、磁界を一点鎖線で示している。

[0280] 以上により、本実施形態のパワーモジュール110及び電力変換装置5によれば、体格の増大を抑制しつつ、それにより生じ得る電流検出精度の低下を抑制することができる。

[0281] 対向部156bは、屈曲部156において、端子部156aを除く部分の少なくとも一部に設けられれば良い。たとえば図50に示す例のようにしてもよい。図50では、屈曲部156において、端子部156aを除く部分の一部のみが対向部156bとされている。出力バスバー150とバスバー241とで、対応する端子部156a、241aを含むZ方向の延設長さが異なっている。具体的には、対向部156b及び端子部156aの延設長さが、屈曲部位241b1よりも端子部241a側の延設部241b及び端子部241aの延設長さよりも長くされている。図50に示す構成によっても、出力バスバー150とバスバー241との対向部分において、磁界を相殺することができる。これにより、図48に示した構成に較べて、電流センサ200による電流の検出精度の低下を抑制することができる。

[0282] しかしながら、屈曲部156の一部が、バスバー241のZ方向延設部分と対向していない。このため、屈曲部156の非対向部を流れる電流による磁界が、電流センサ200に作用することが考えられる。よって、図46及び図49に示したように、出力バスバー150とバスバー241とで、対応する端子部156a、241aを含むZ方向の延設長さが、互いに略等しくされた構成が好ましい。具体的には、屈曲部位241b1よりも端子部241a側の延設部241b及び端子部241aの延設長さが、対向部156b

及び端子部156aの延設長さと、略等しくされた構成とするとよい。これによれば、出力バスバー150及びバスバー241は、Z方向延設部分のほぼ全長において互いに対向している。非対向部が存在しないか、存在しても僅かである。したがって、検出対象以外の磁界が電流センサ200に作用するのを、より効果的に抑制することができる。これにより、電流検出精度をさらに向上することができる。

[0283] なお、図50では、バスバー241について示したが、バスバー251についても同様の構成を採用できる。また、図50では、Z方向延設部分において、出力バスバー150（屈曲部156）のほうがバスバー241よりも長い例を示したが、これに限定されない。屈曲部位241b1よりも端子部241a側の部分の延設長さが、屈曲部156の延設長さよりも長くされた構成としてもよい。

[0284] パワーモジュール110が適用される例として電力変換装置5を示したが、これに限定されない。すなわち、出力バスバー150に接続される他の部材は、電力変換装置5を構成する要素に限定されない。他の部材は、パワーモジュール110を備える装置において、パワーモジュール110とは別の要素である。

[0285] たとえば図51に示す例では、パワーモジュール110が回転電機ユニット290に適用されている。回転電機ユニット290は、たとえばモータジェネレータ3と、平滑コンデンサC2と、インバータを構成する3つのパワーモジュール110を備えている。回転電機ユニット290は、コンバータ6と、フィルタコンデンサC3を備えていない。平滑コンデンサC2とパワーモジュール110により電力変換装置が構成されており、この電力変換装置が、モータジェネレータ3と一体化されている。パワーモジュール110は、図46に示した構造をなしている。

[0286] モータジェネレータ3は、図示しない固定子及び回転子を収容するハウジング300と、カバー301を備えている。ハウジング300の外面には、凹部300aが形成されている。平滑コンデンサC2及びパワーモジュール

110は、凹部300aに收容されている。そして、平滑コンデンサC2及びパワーモジュール110が收容された状態で、凹部300aは、カバー301により閉塞されている。符号300bは、ハウジング300において、モータジェネレータ3の回転軸の端部周りに設けられた筒部である。

[0287] 本実施形態では、相ごとに平滑コンデンサC2が分けられている。また、相ごとに凹部300aが形成されている。ハウジング300の凹部300aのひとつには、平滑コンデンサC2と、U相の上下アーム回路10を構成するパワーモジュール110が收容されている。凹部300aの他のひとつには、平滑コンデンサC2と、V相の上下アーム回路10を構成するパワーモジュール110が收容されている。凹部300aの他のひとつには、平滑コンデンサC2と、W相の上下アーム回路10を構成するパワーモジュール110が收容されている。図51では、凹部300a内の構造を示すため、便宜上、真ん中に配置されたV相のパワーモジュール110に対応するカバー301を一点鎖線で示している。残りの二相については、カバー301を実線で示している。

[0288] モータジェネレータ3は、ハウジング内に收容された固定子の巻線と、パワーモジュール110の出力バスバー150とを電氣的に接続する配線部材を備えている。この配線部材は、バスバー302を含んでいる。バスバー302は、ハウジング300に保持されており、一端が凹部300a内に突出している。そして、凹部300a内において、バスバー302は出力バスバー150に接続されている。パワーモジュール110の出力バスバー150とバスバー302との接続態様は、出力バスバー150とバスバー241、251との接続態様と同等である。

[0289] バスバー302は、たとえば凹部300aの側面から、凹部300a内に突出している。バスバー302の突出部分は、略L字状をなしている。バスバー302は、バスバー241同様、端部に設けられた端子部302aと、端子部302aから延びる延設部302bを有している。端子部302aは、出力バスバー150の端子部156aに接続されている。延設部302b

は、図示しない屈曲部位を有しており、屈曲部位よりも端子部 302 a 側の部分が一方方向に延設されており、端子部 156 a 及び対向部 156 b と対向している。したがって、磁界の相殺により、体格の増大を抑制しつつ、電流検出精度の低下を抑制することができる。

[0290] また、図 46 同様、バスバー 302 における屈曲部位よりも端子部 302 a 側の延設部 302 b 及び端子部 302 a の延設長さと、対向部 156 b 及び端子部 156 a の延設長さとを略等しくすることで、電流検出精度をさらに向上することができる。

[0291] (その他の実施形態)

電力変換装置 5 において、パワーモジュール 110 の一部が、冷却器 120 とは別の、パワーモジュール 110 の外部に配置された外部冷却器の流路に挿入され、冷媒に浸漬される構成としてもよい。たとえば、Y 方向において、パワーモジュール 110 の一部分のみを浸漬させてもよい。具体的には、側面 184 から半導体装置 20 及びコンデンサ C1 の配置部分までを浸漬させ、側面 183 は浸漬されない構成としてもよい。この場合、出力バスバー 150 については、側面 183 から突出するように保護部材 180 内で引き回せばよい。

[0292] 電力変換装置 5 が、多相のコンバータ 6、モータジェネレータ 3, 4 用のインバータ 7, 8、平滑コンデンサ C2、及びフィルタコンデンサ C3 を構成する例をしめしたが、これに限定されない。たとえばコンバータ 6 としては、多相に限定されず、単層でもよい。

[0293] Z 方向において、コンデンサ C1、冷却器 120 の熱交換部 123、半導体装置 20 が Z 方向に並んで配置される例を示したが、これに限定されない。コンデンサ C1 は、半導体装置 20 の近傍に配置されればよい。たとえば図 45 に示すように、半導体装置 20 U, 20 L の並び方向である X 方向において、コンデンサ C1 が半導体装置 20 と並んで配置されてもよい。コンデンサ C1 は、Z 方向における一面側に正極端子を有し、一面とは反対の面側に負極端子を有している。

[0294] Pバスバー130は、接続部131、共通配線部132、並列配線部133、及び接続部137を有している。共通配線部132は、接続部131を兼ねている。並列配線部133は、共通配線部132から、コンデンサC1の表面に沿ってZ方向に延設されている。そして、Z方向においてコンデンサC1の途中で屈曲し、X方向であってコンデンサC1から遠ざかる方向に延設されている。並列配線部133は、X方向延設部のY方向の一端から、Z方向であって主端子70C、70E側に延びる部分を有している。接続部137は、並列配線部133の先端に設けられている。

[0295] Nバスバー140は、Pバスバー130同様の構造となっている。Nバスバー140は、接続部141、共通配線部142、並列配線部143、及び接続部147を有している。共通配線部142は、接続部141を兼ねている。並列配線部143は、共通配線部142から、コンデンサC1の表面に沿ってZ方向に延設されている。そして、Z方向においてコンデンサC1の途中で屈曲し、X方向であってコンデンサC1から遠ざかる方向に延設されている。並列配線部143は、X方向延設部のY方向の一端から、Z方向であって主端子70C、70E側に延びる部分を有している。接続部147は、並列配線部143の先端に設けられている。並列配線部133、143において、X方向延設部が互いに対向配置されている。並列配線部133、143において、接続部137、147が連なるZ方向延設部が互いに対向している。

[0296] 図45でも、パワーモジュール110を構成する要素として、半導体装置20(20U、20L)、Pバスバー130、Nバスバー140、及びコンデンサC1を示している。パワーモジュール110は、これら要素とともに、冷却器120、出力バスバー150、駆動基板160、及び保護部材180の少なくともひとつを備えてもよい。

[0297] 以上、本開示の一態様に係るパワーモジュール及び電力変換装置の実施形態、構成、態様を例示したが、本開示に係る実施形態、構成、態様は、上述した各実施形態、各構成、各態様に限定されるものではない。例えば、異な

る実施形態、構成、態様にそれぞれ開示された技術的部を適宜組み合わせて得られる実施形態、構成、態様についても本開示に係る実施形態、構成、態様の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の上下アーム回路（10）が並列して電力ライン（12、13）に接続されてなる電力変換装置（5）に適用されるパワーモジュールであって、
- 前記複数の上下アーム回路と、
- 各上下アーム回路に並列接続されたコンデンサ（C1）と、
- 各上下アーム回路を構成する上アーム（10U）及び前記コンデンサの正極端子を接続する上配線（11Pa）と、
- 各上下アーム回路を構成する下アーム（10L）及び前記コンデンサの負極端子を接続する下配線（11Na）と、
- 前記電力ラインに接続される電力配線であって、前記電力ラインのうち高電位側のライン及び前記上配線を接続する上電力配線（11P）、及び、前記電力ラインのうち低電位側のライン及び前記下配線を接続する下電力配線（11N）と、
- を備えるパワーモジュール。
- [請求項2] 前記上アームは、前記上配線に接続される主端子（70C）を複数有し、
- 前記下アームは、前記下配線に接続される主端子（70E）を複数有する請求項1に記載のパワーモジュール。
- [請求項3] 前記上アームが有する前記複数の主端子（70C）のうち少なくとも一つ及び前記下アームが有する前記複数の主端子（70E）のうち少なくとも一つを接続する出力配線（150）を備え、
- 前記出力配線は、前記上配線及び前記下配線の少なくとも一方と対向する対向部（154p、154n）を有する請求項1または2に記載のパワーモジュール。
- [請求項4] 前記上電力配線及び前記下電力配線は互いに対向配置されている請求項1～3のいずれか1つに記載のパワーモジュール。
- [請求項5] 前記上下アーム回路は、半導体装置（20、20U、20L）を含

んで構成されており、

開口端（１８７ａ，１８７ｂ）を有し、前記半導体装置及び前記コンデンサを収容する筒状のケース（１８７）と、

前記半導体装置（２０，２０Ｕ，２０Ｌ）を冷却する冷却器（１２０）と、

前記半導体装置に駆動信号を出力する駆動基板（１６０）と、

前記開口端のひとつが前記冷却器及び前記駆動基板の少なくとも一方によって閉塞された状態で前記ケース内に充填され、前記半導体装置及び前記コンデンサの少なくとも一部を封止する封止材（１８８）と、

をさらに備える請求項１～４のいずれか１つに記載のパワーモジュール。

[請求項６]

前記上配線及び前記下配線は、対応する前記電力配線との接続点から前記上下アーム回路の対応するアームまでの第１配線部（１１Ｐｂ，１１Ｎｂ）と、前記接続点から前記コンデンサの対応する端子までの第２配線部（１１Ｐｃ，１１Ｎｃ）と、をそれぞれ有し、

前記上配線及び前記下配線の少なくとも一方において、前記第１配線部の配線抵抗が、前記第２配線部の配線抵抗よりも小さくされている請求項１～５のいずれか１つに記載のパワーモジュール。

[請求項７]

前記上下アーム回路は、半導体装置（２０，２０Ｕ，２０Ｌ）を含んで構成されており、

前記半導体装置に駆動信号を出力する駆動基板（１６０）と、

前記半導体装置の出力端子に接続された出力配線（１５０）と、

前記駆動基板に実装され、前記出力配線に流れる電流を検出する電流センサ（２００）と、

をさらに備え、

前記出力配線は、一方向に延設され、前記電流センサにより電流が検出される被検出部（１５５）と、一端が前記被検出部に連なり、前

記被検出部とは異なる方向に延設された屈曲部（１５６）と、を有し、

前記屈曲部は、前記一端とは反対の他端側に設けられ、他の部材が接続される端子部（１５６ａ）と、前記端子部から前記被検出部側に延び、前記端子部とともに前記他の部材と対向する対向部（１５６ｂ）と、を有する請求項１に記載のパワーモジュール。

[請求項8]

前記電力ラインと、

請求項１～７のいずれか１つに記載の前記パワーモジュールと、を備え、

前記パワーモジュールが各相それぞれに設けられている複数の相用の電力変換装置。

[請求項9]

前記各相のうち第１相に設けられた前記パワーモジュールを第１パワーモジュールとし、

前記各相のうち第２相に設けられた前記パワーモジュールを第２パワーモジュールとし、

前記第１パワーモジュールにおける、前記正極端子から前記上アームまでの電気経路のインピーダンスを相内上インピーダンスとし、

前記第１パワーモジュールに係る前記正極端子から、前記第２パワーモジュールに係る前記上アームまでの電気経路のインピーダンスを相間上インピーダンスとし、

前記相間上インピーダンスが前記相内上インピーダンスより大きい請求項８に記載の電力変換装置。

[請求項10]

前記各相のうち第１相に設けられた前記パワーモジュールを第１パワーモジュールとし、

前記各相のうち第２相に設けられた前記パワーモジュールを第２パワーモジュールとし、

前記第１パワーモジュールにおける、前記負極端子から前記下アームまでの電気経路のインピーダンスを相内下インピーダンスとし、

前記第 1 パワーモジュールに係る前記負極端子から、前記第 2 パワーモジュールに係る前記下アームまでの電気経路のインピーダンスを相間下インピーダンスとし、

前記相間下インピーダンスは前記相内下インピーダンスより大きい請求項 8 または 9 に記載の電力変換装置。

[請求項 11] 前記上下アーム回路に並列に接続され、前記電力ラインの電圧を平滑化する平滑コンデンサ (C 2) を備える請求項 8 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の電力変換装置。

[請求項 12] 前記コンデンサの容量は、前記平滑コンデンサの容量より小さい請求項 11 に記載の電力変換装置。

[請求項 13] 前記電力ラインと、
請求項 7 に記載の前記パワーモジュールと、
前記他の部材である導電部材 (241, 251) と、
を備え、
前記パワーモジュールが各相それぞれに設けられており、
前記導電部材は、前記出力配線の前記端子部に接続された接続部 (241a, 251a) と、前記接続部から延びる延設部 (241b, 251b) と、を有し、
前記接続部、及び、前記延設部において前記接続部から所定範囲の部分が、前記出力配線の前記端子部及び前記対向部に対向配置されている電力変換装置。

[請求項 14] 前記導電部材の前記延設部は、経路の途中で屈曲しており、
前記導電部材において、屈曲部位よりも前記接続部側の前記延設部及び前記接続部の延設長さが、前記出力配線において、前記対向部及び前記端子部の延設長さと、等しくされている請求項 13 に記載の電力変換装置。

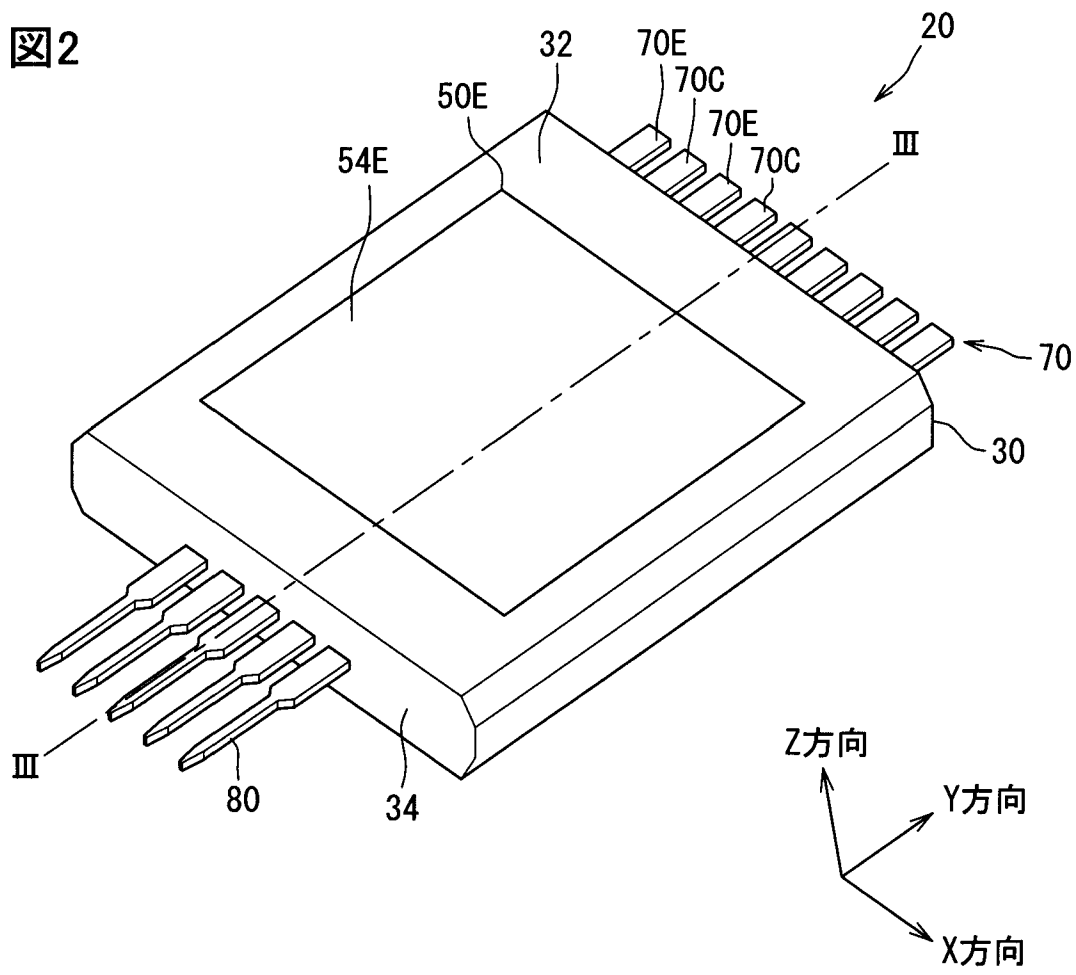
[請求項 15] 前記上アームは、前記上配線に接続される少なくとも一つの主端子 (70C) を有し、

前記下アームは、前記下配線に接続される少なくとも一つの主端子（70E）を有し、

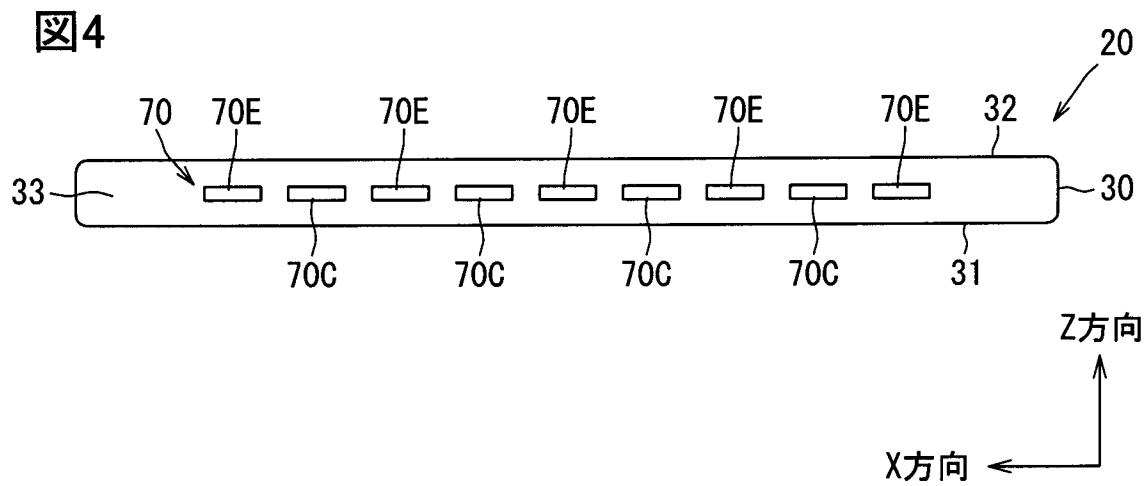
前記上配線に接続される少なくとも一つの前記主端子と前記下配線に接続される少なくとも一つの前記主端子のうちいずれか一方は複数である請求項1に記載のパワーモジュール。

[図2]

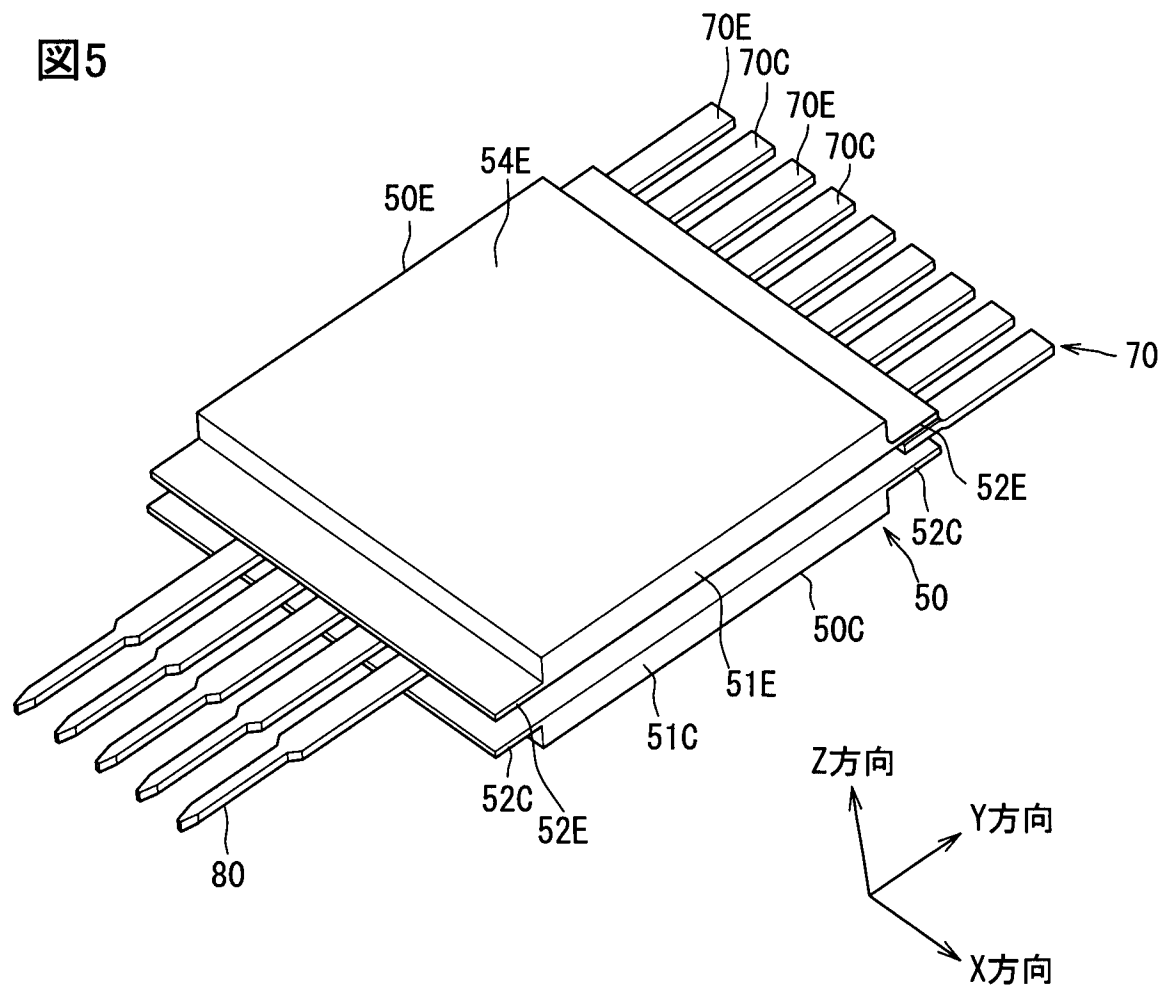
図2



[図4]



[図5]



[図6]

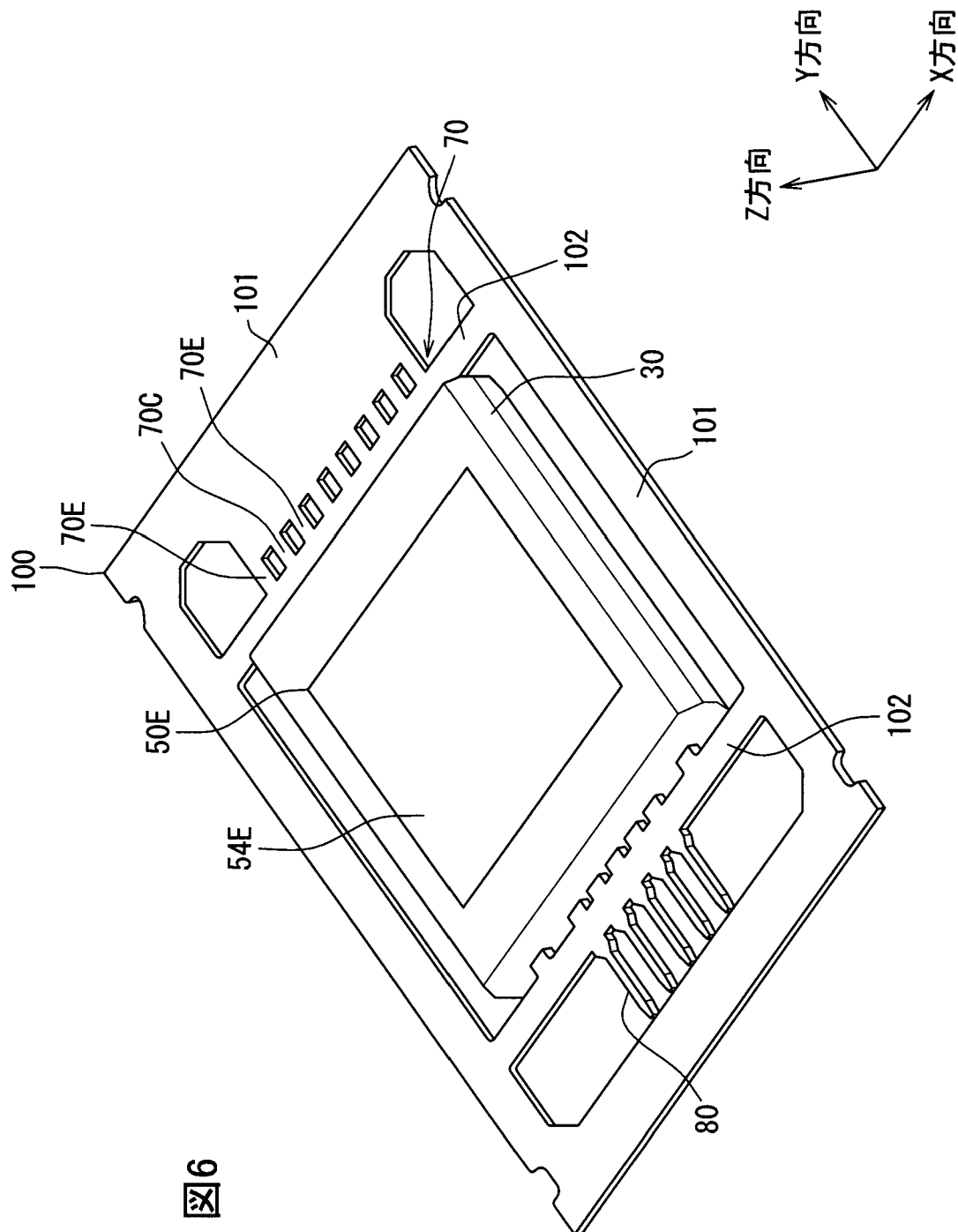
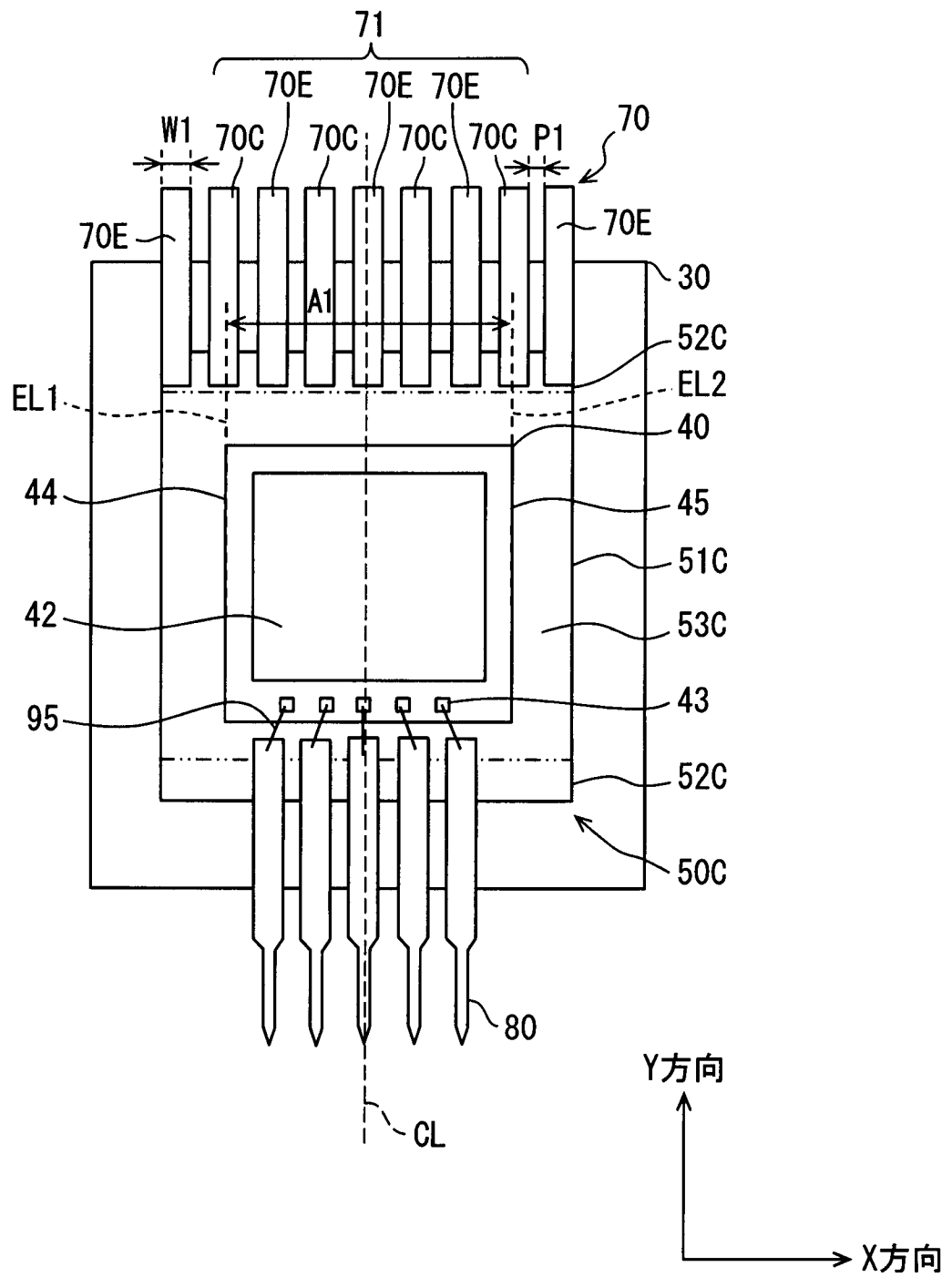
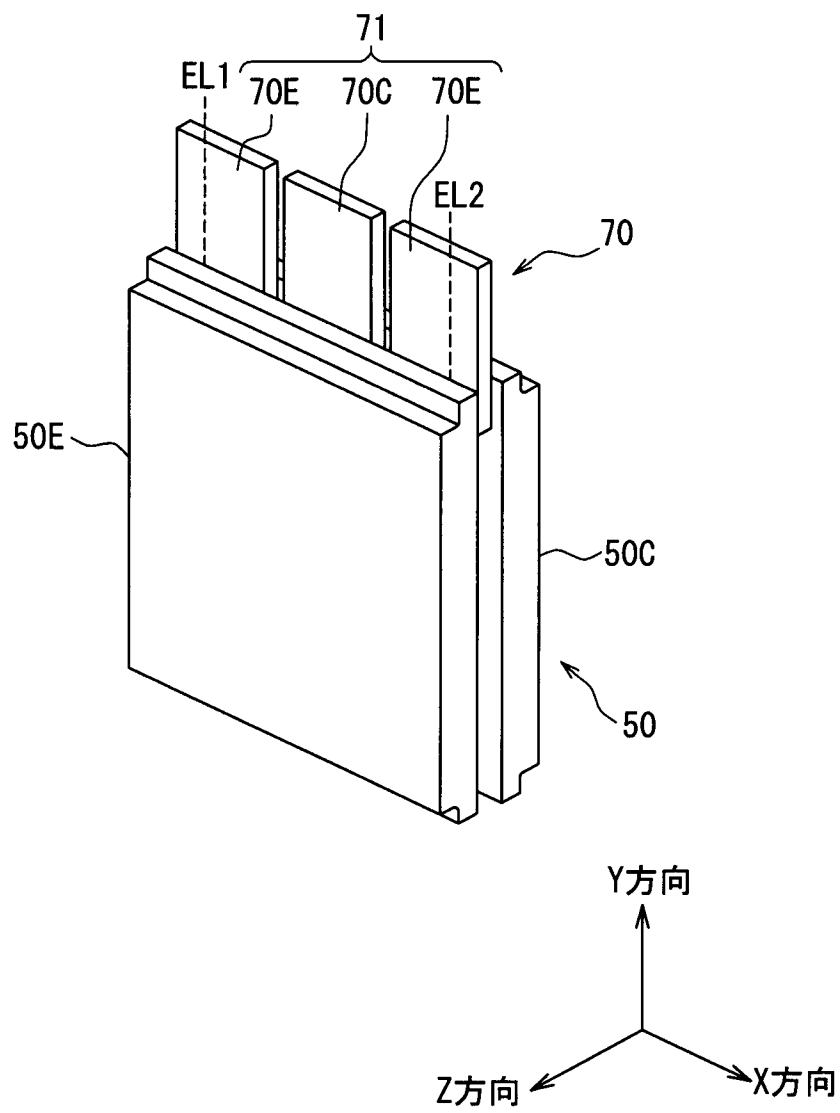


图7



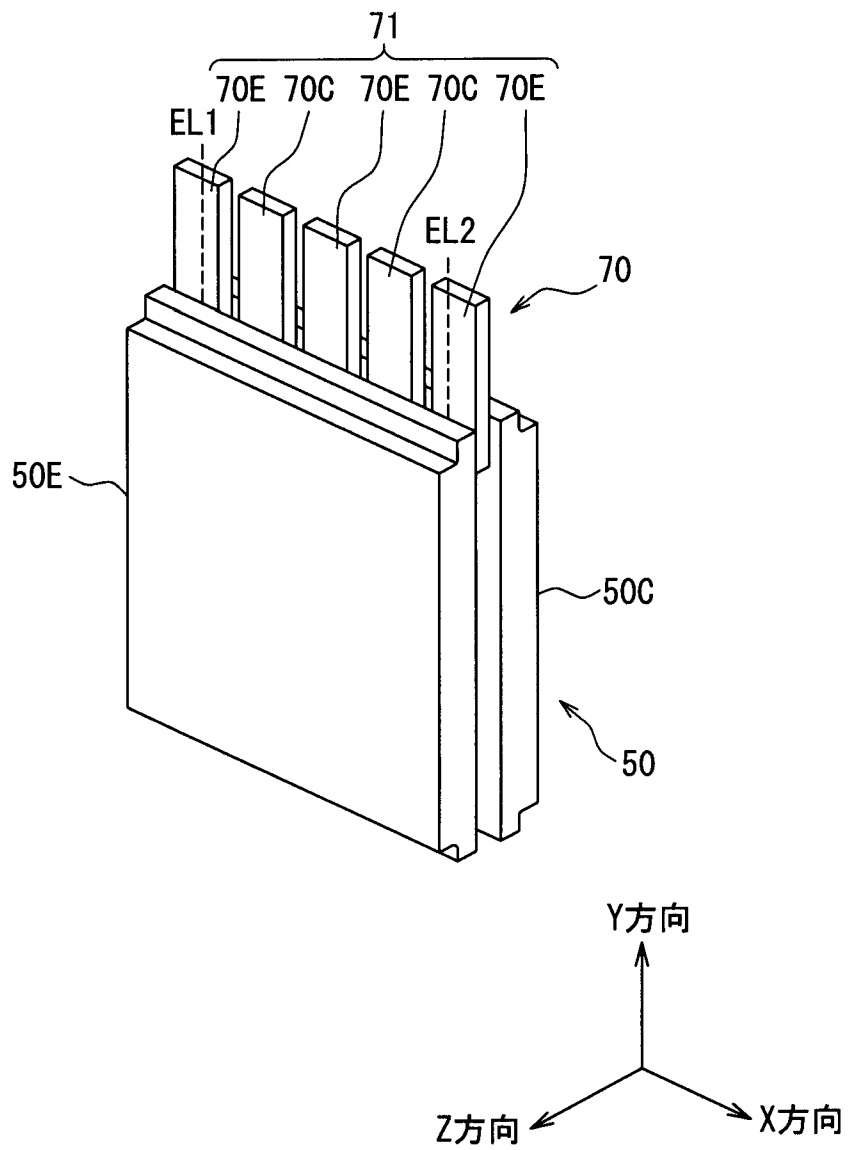
[図8]

図8



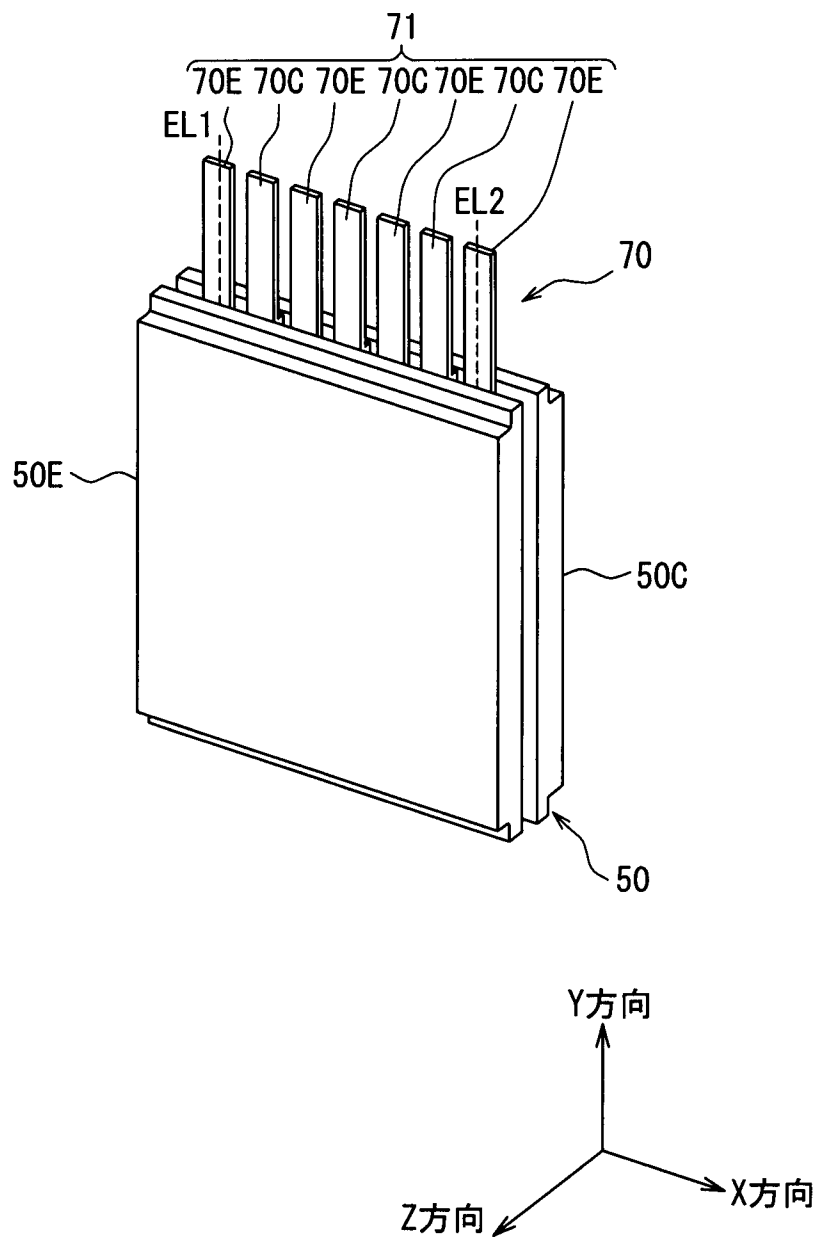
[図9]

図9



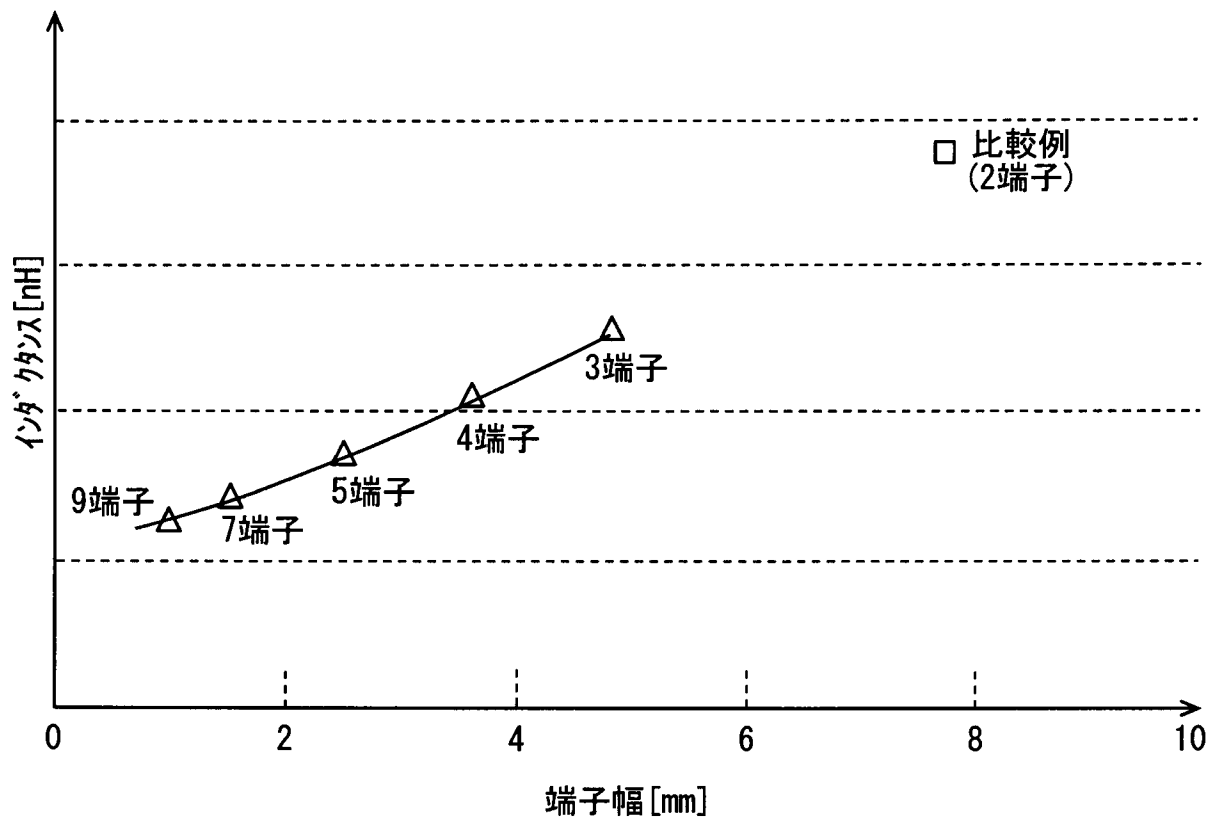
[図10]

図10



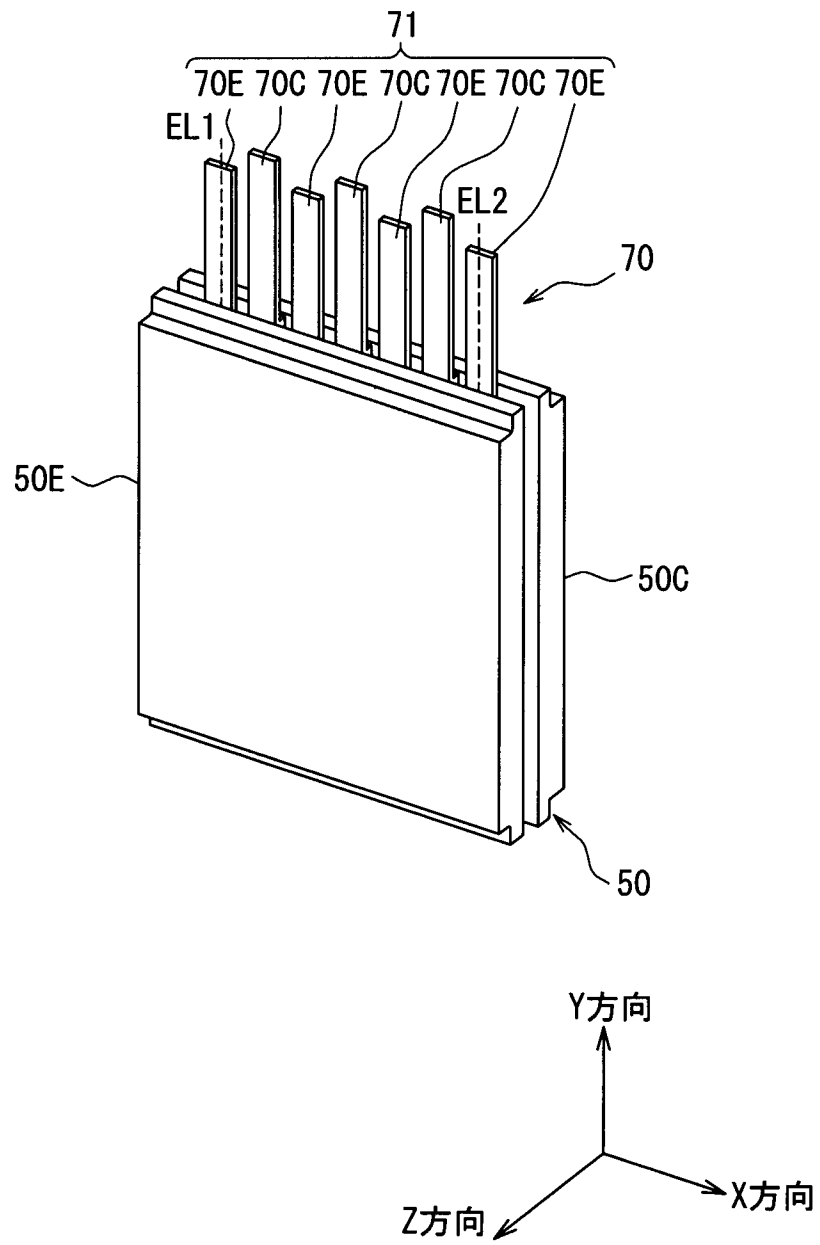
[図11]

図11



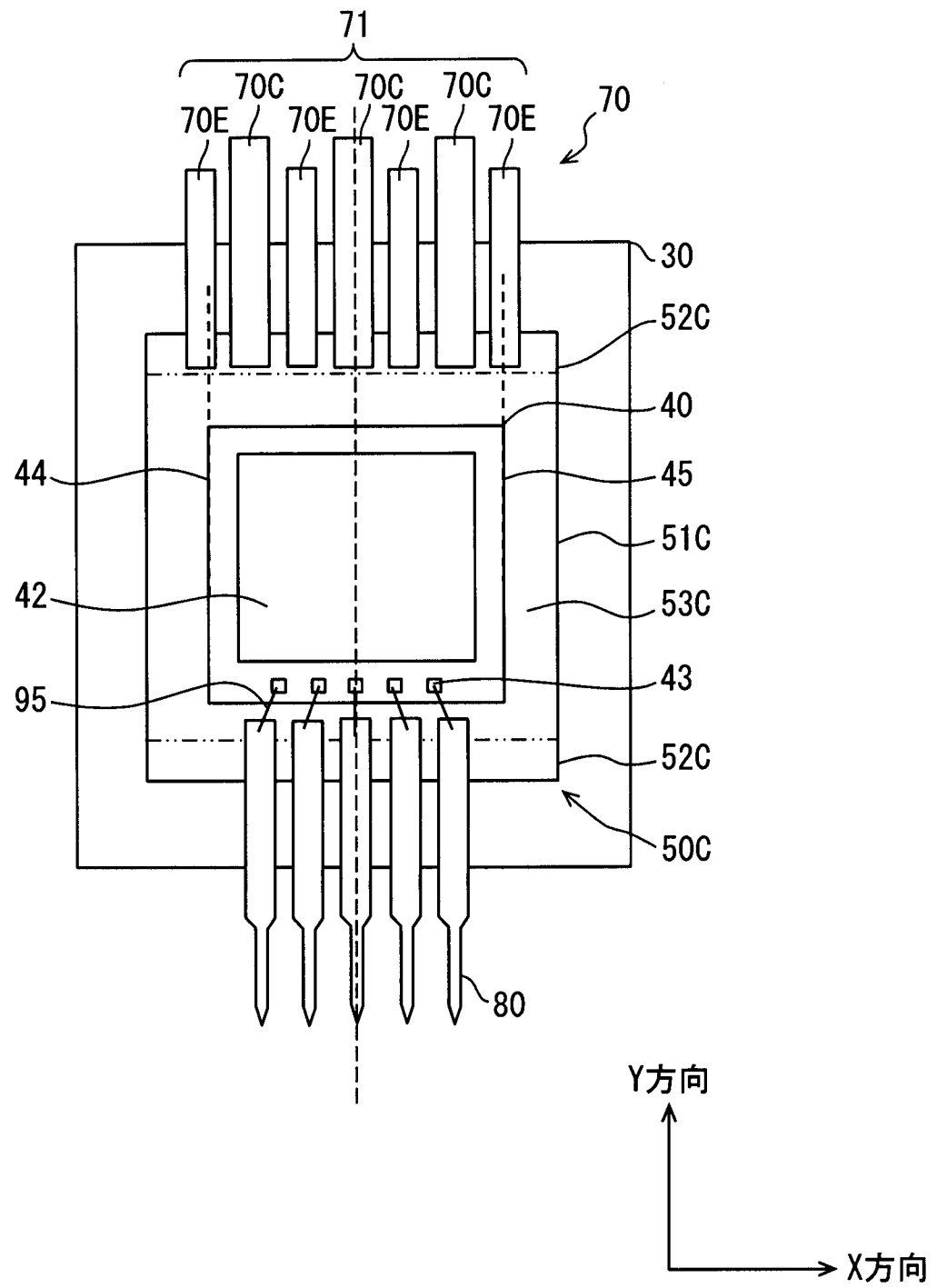
[図12]

図12



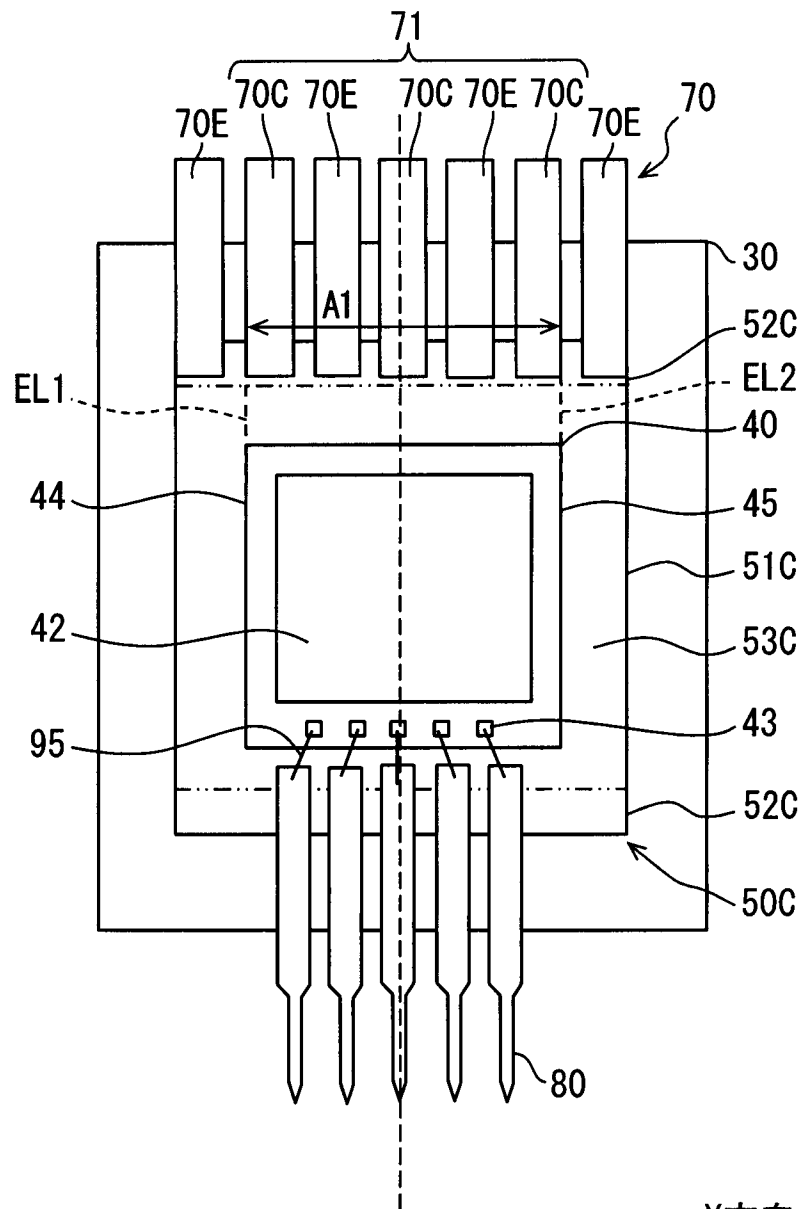
[図13]

図13



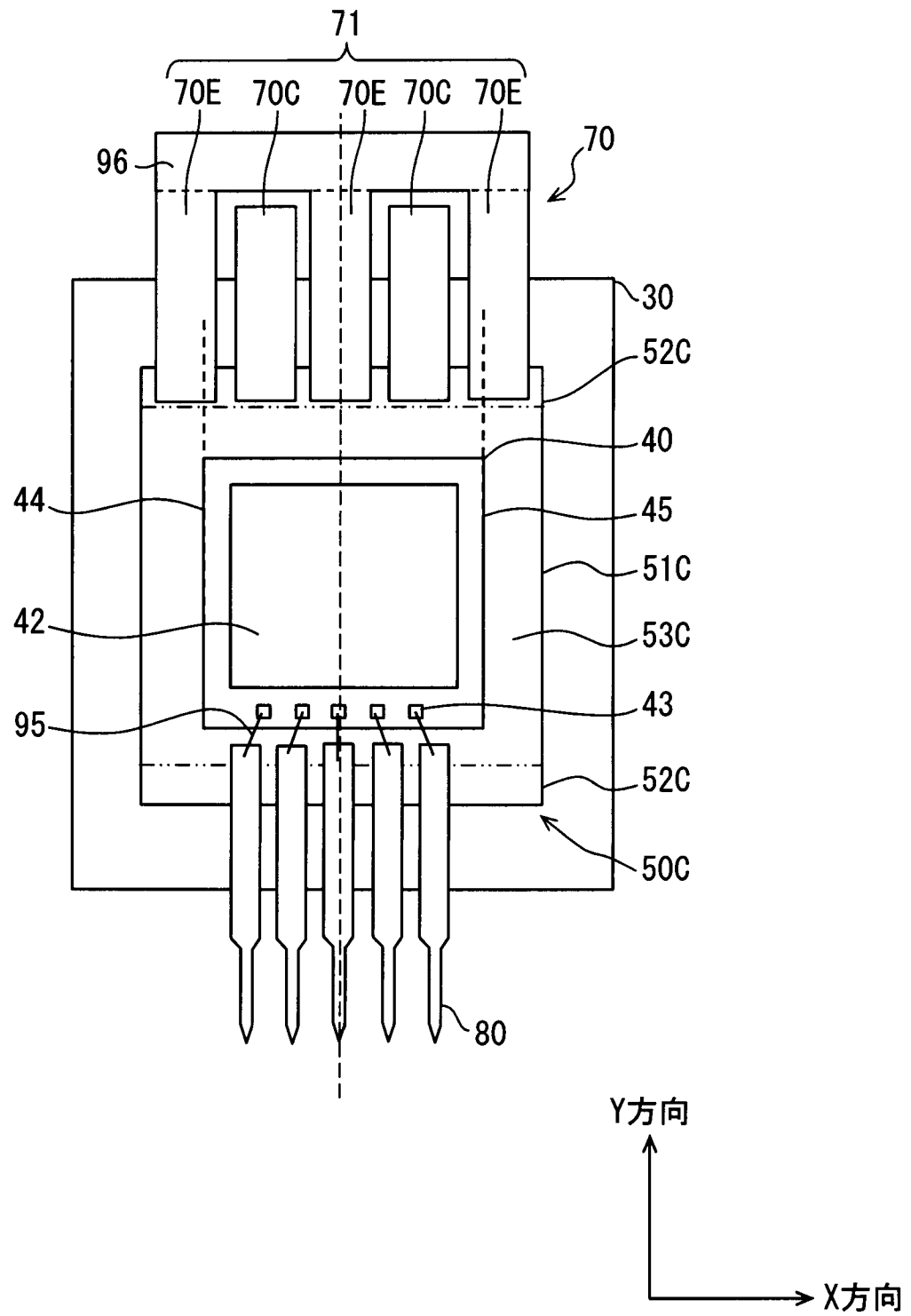
[図14]

図14



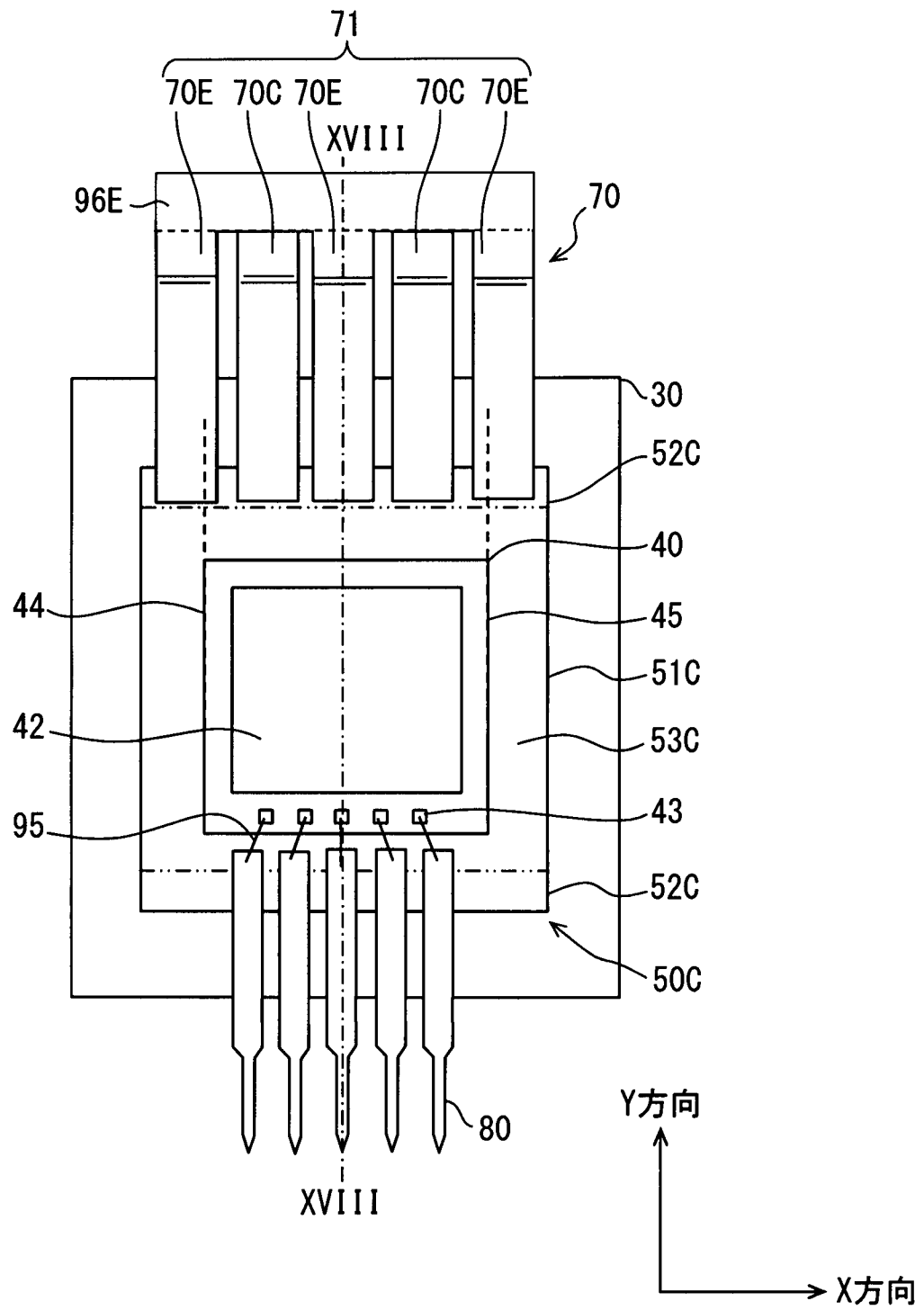
[図16]

図16

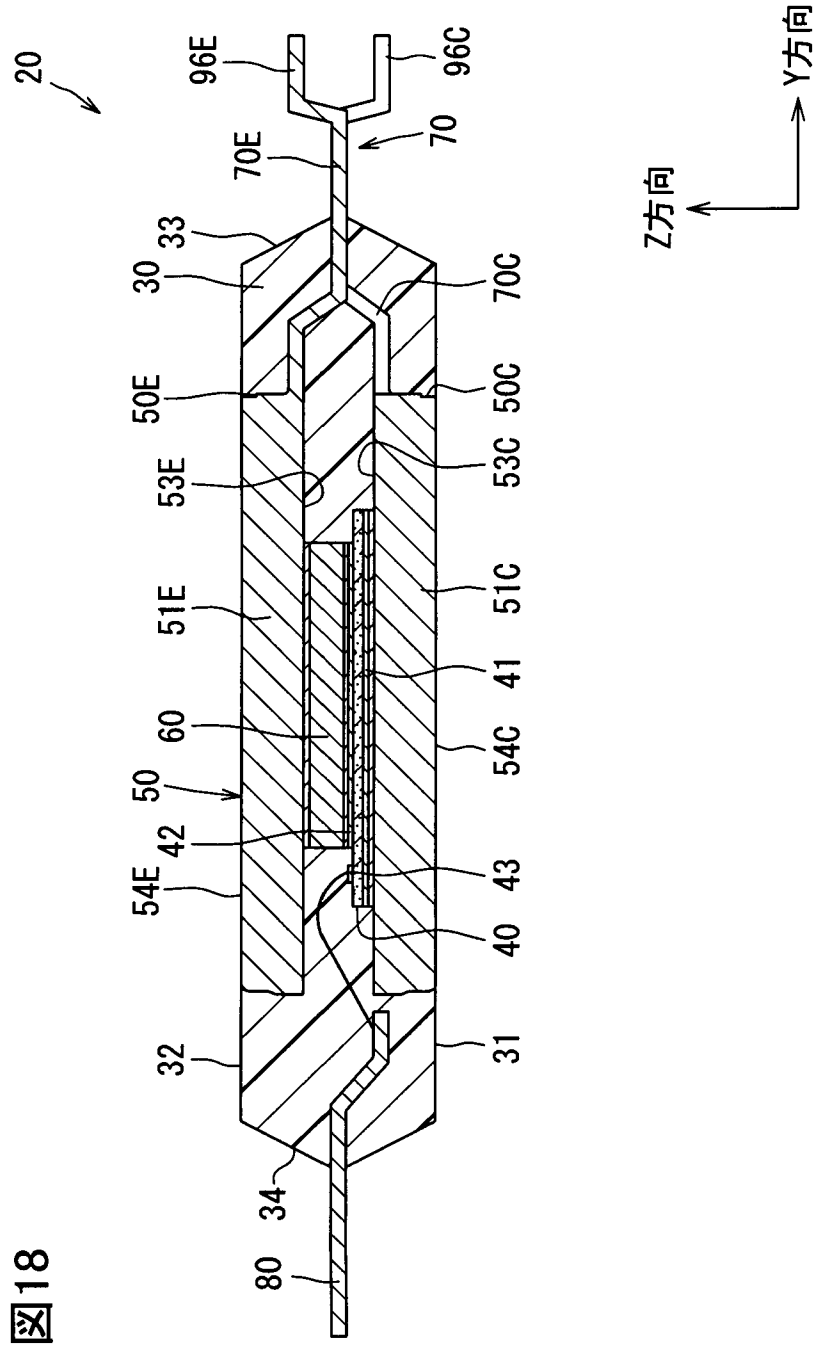


[図17]

図17

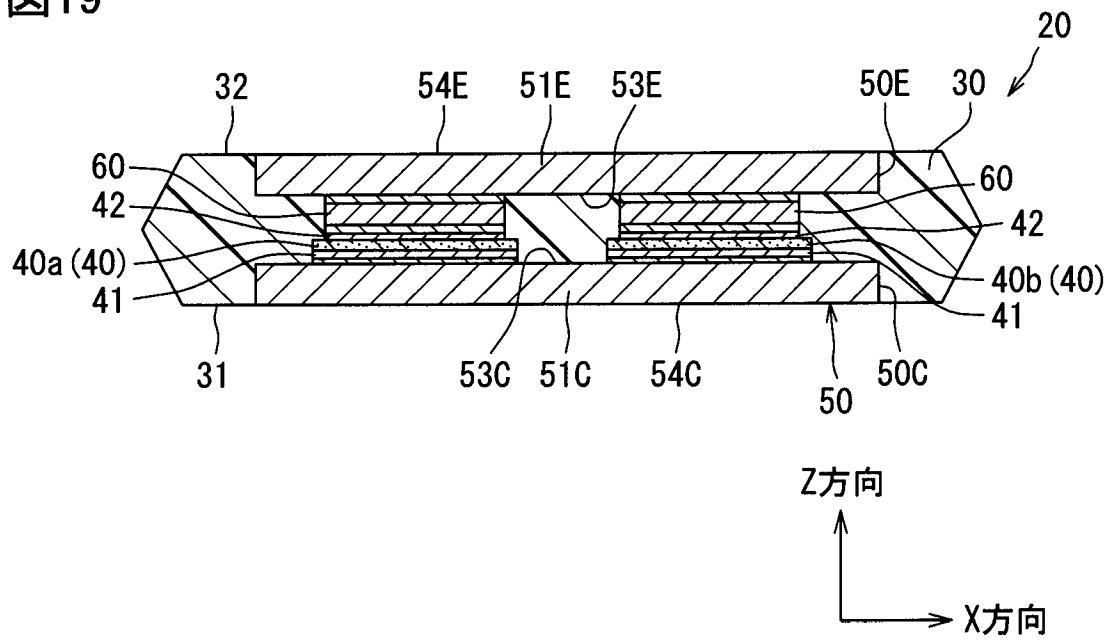


[図18]

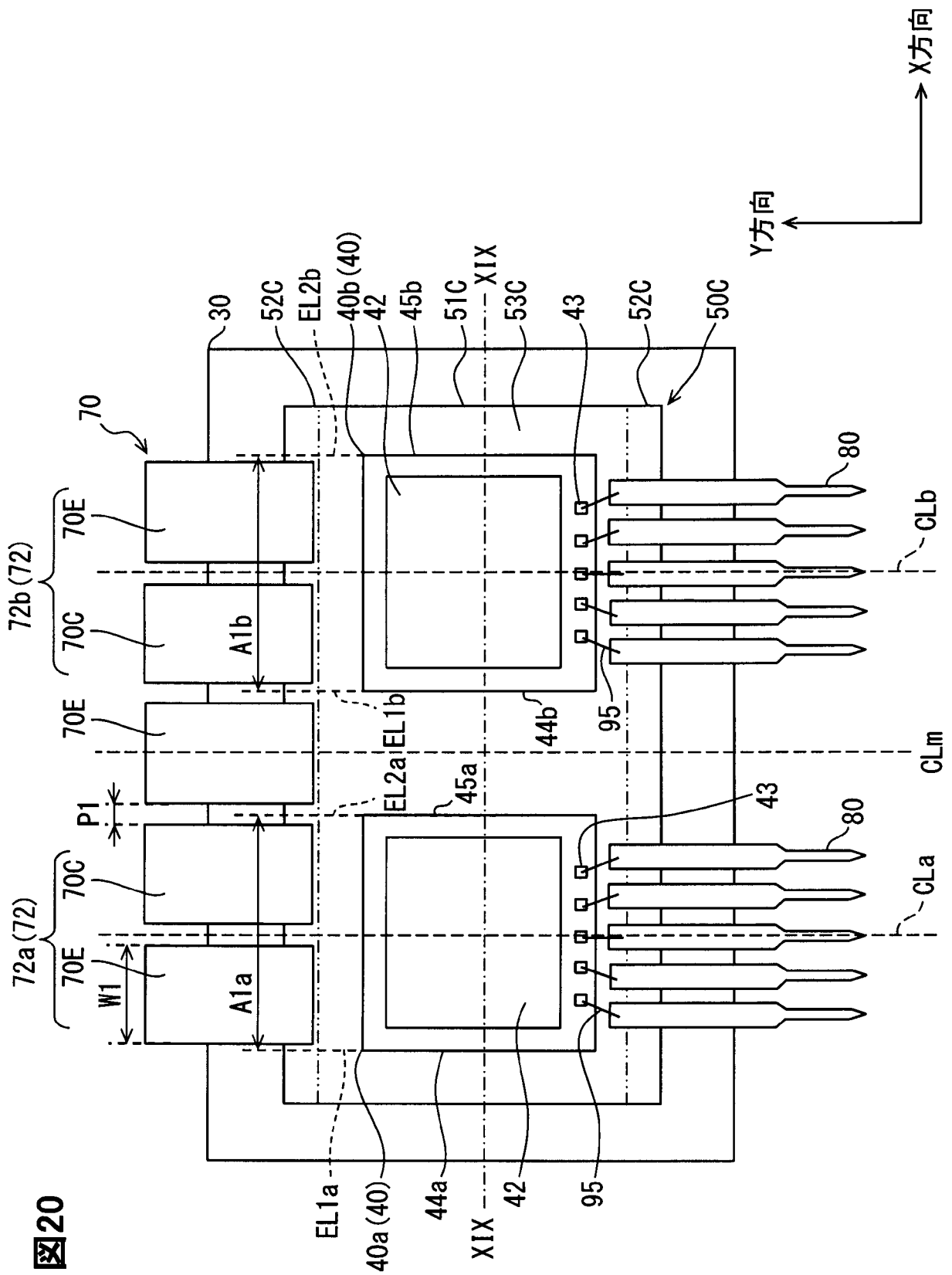


[図19]

図19

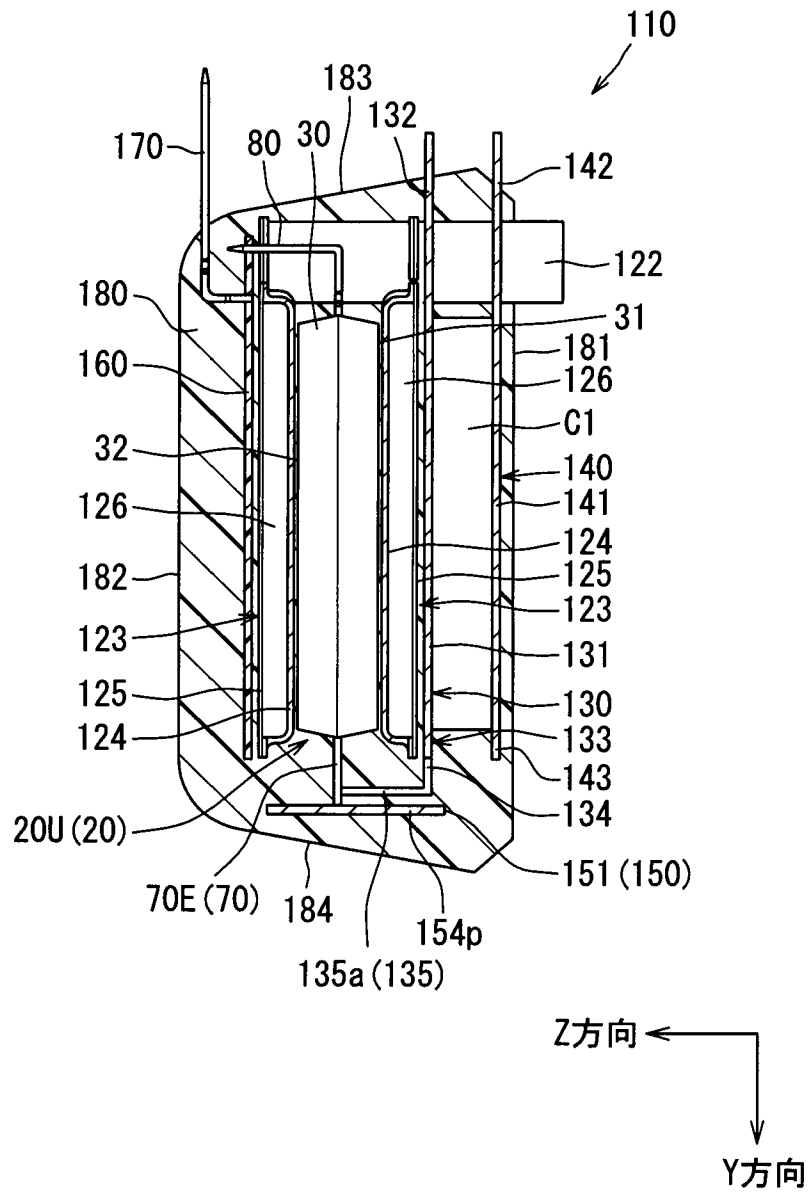


[図20]



[図22]

図22



[図23]

図23

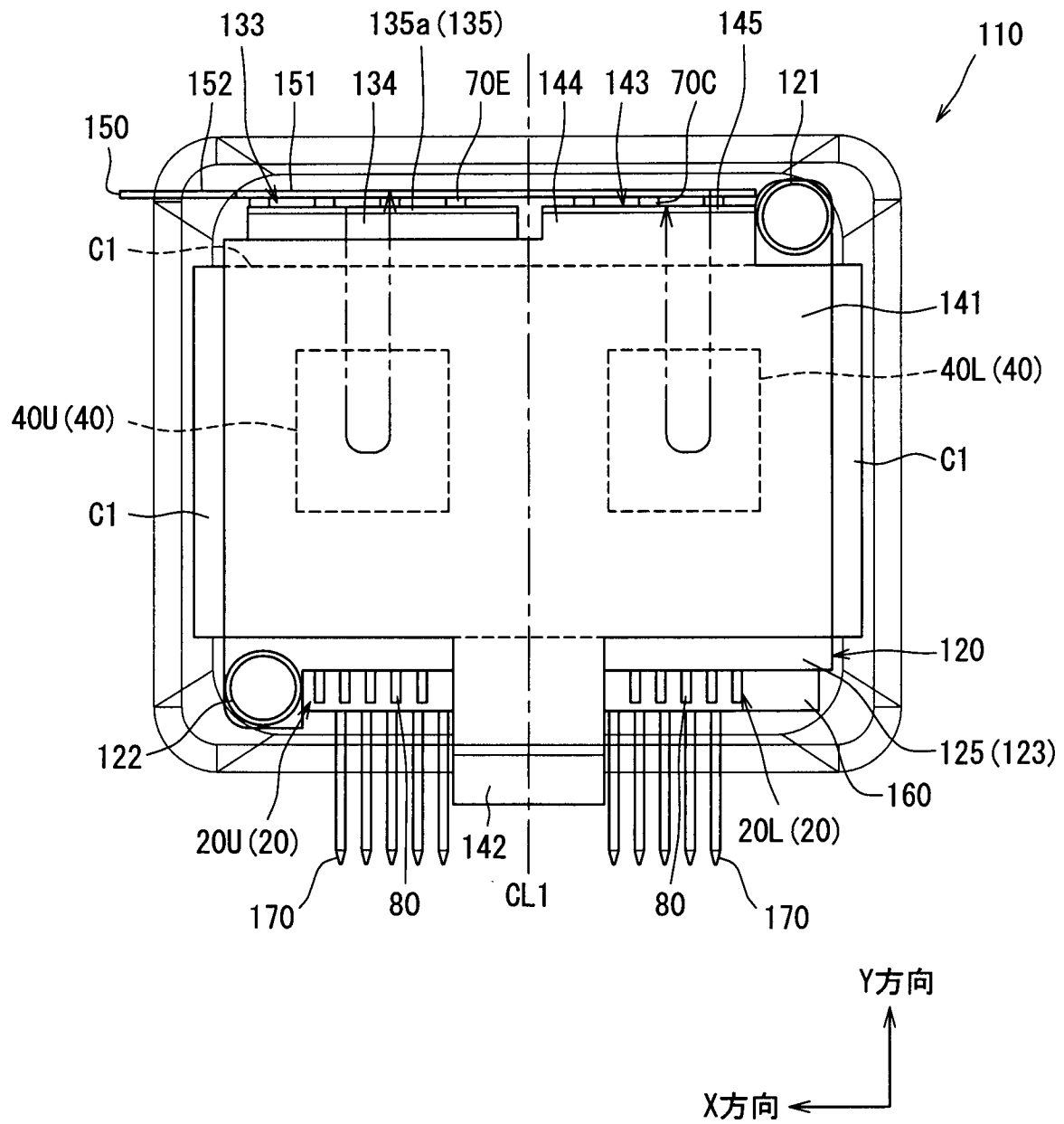
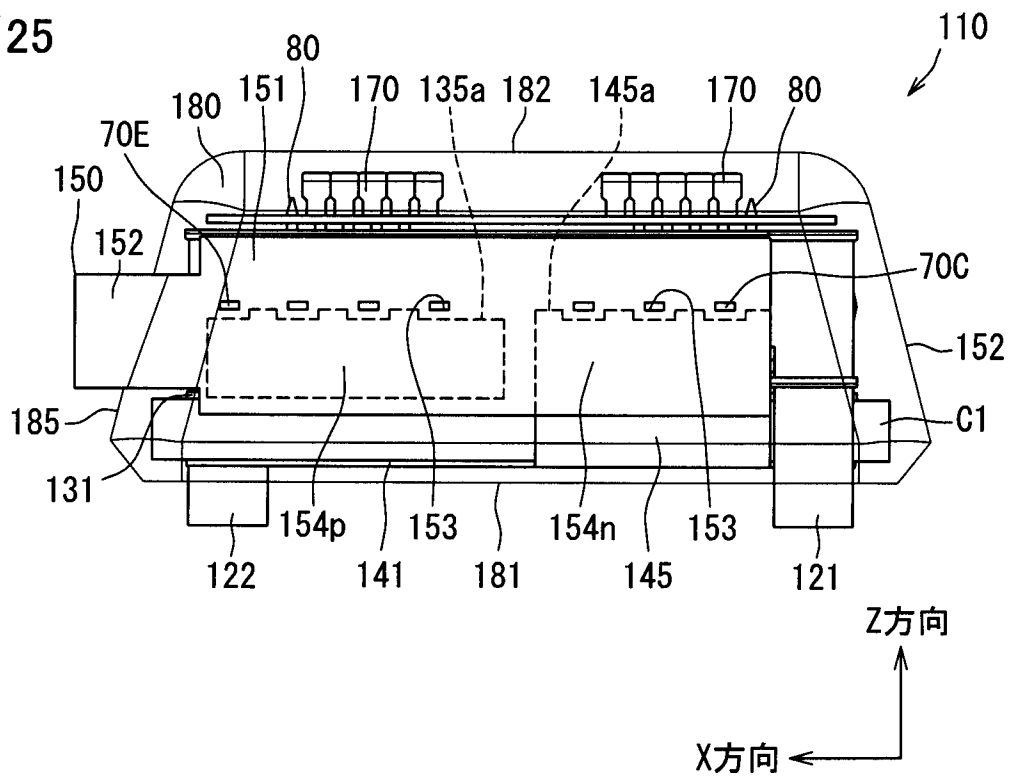
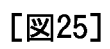
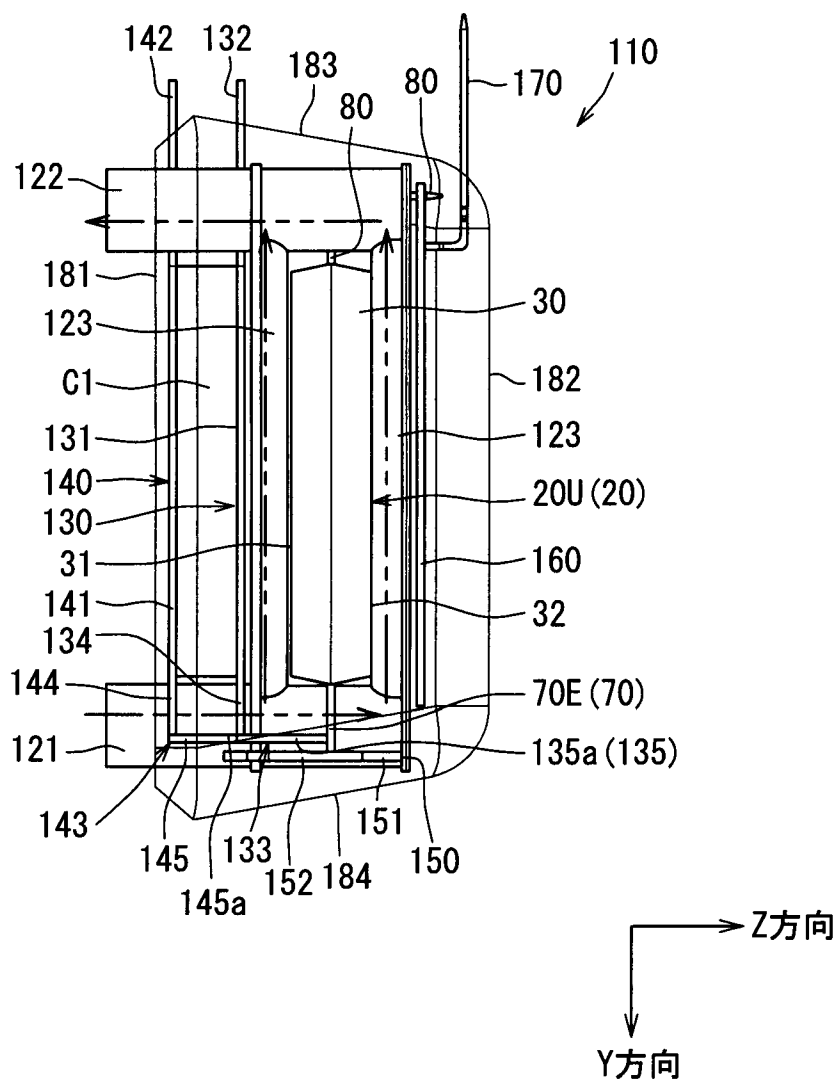


图24



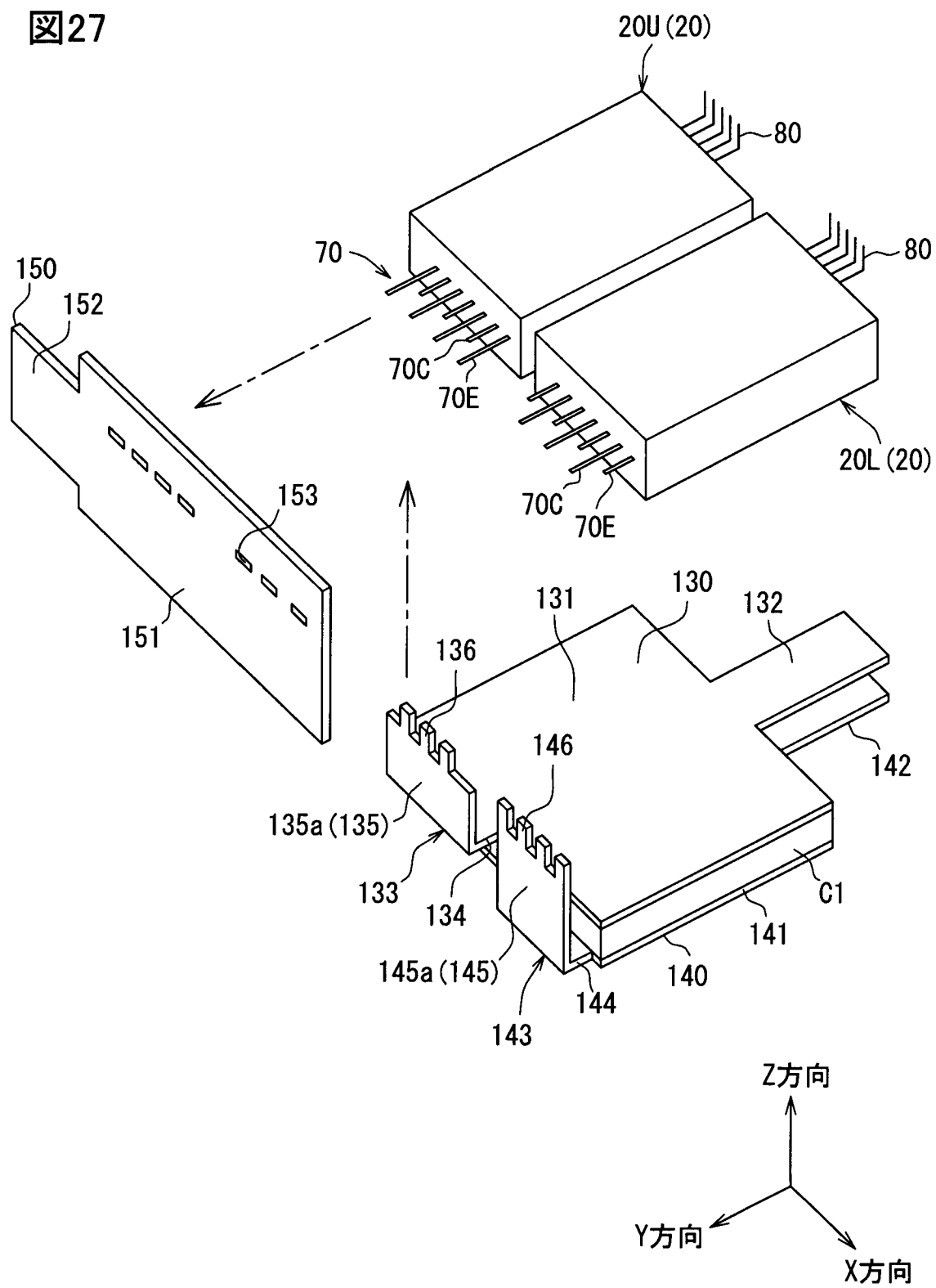
[図26]

図26

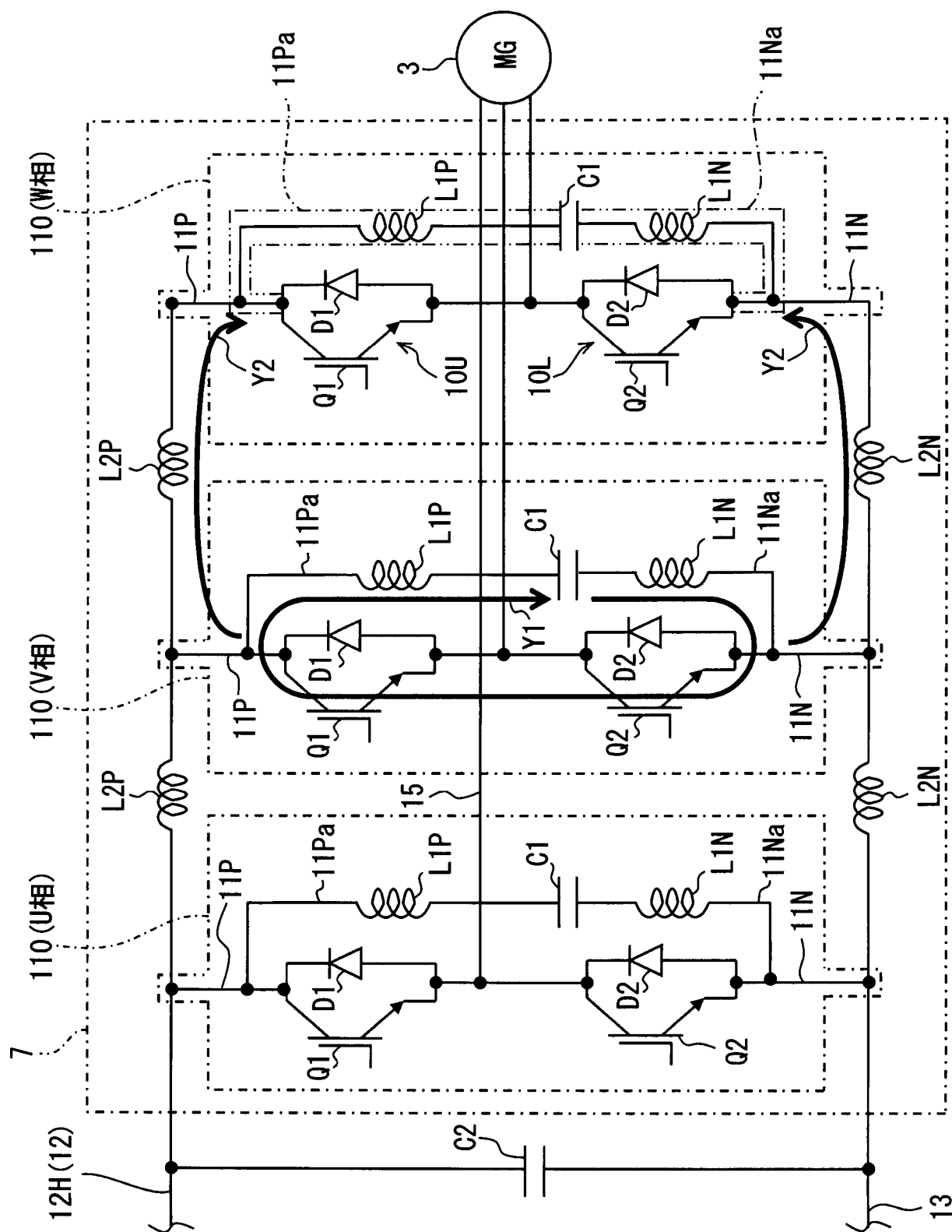


[図27]

図27

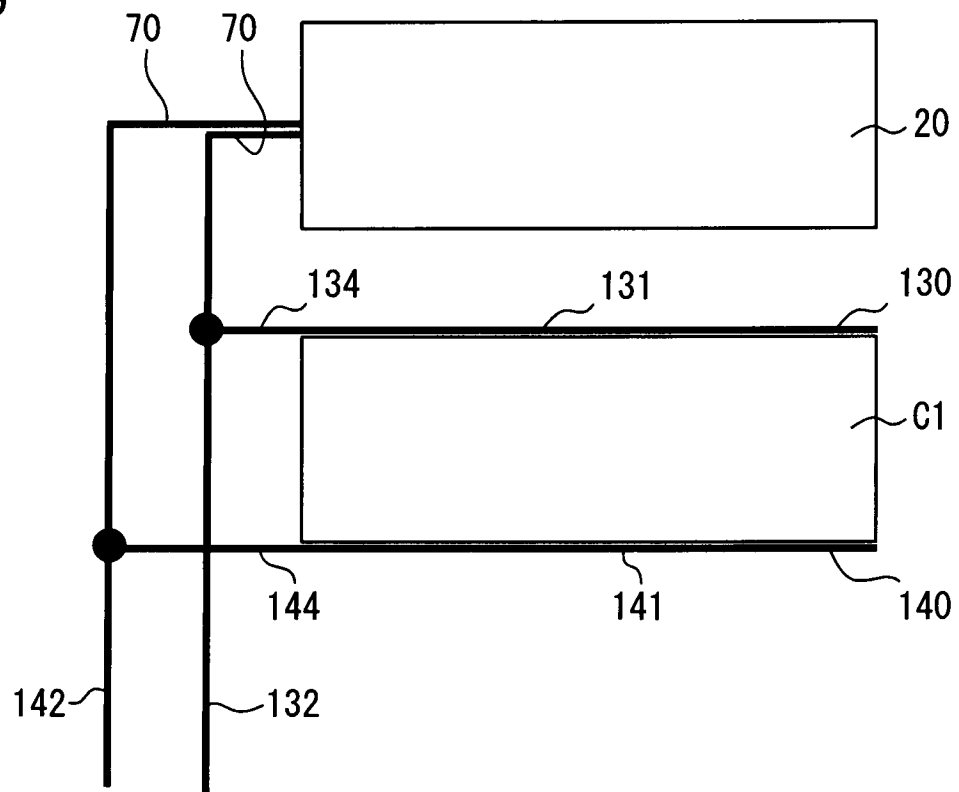


28



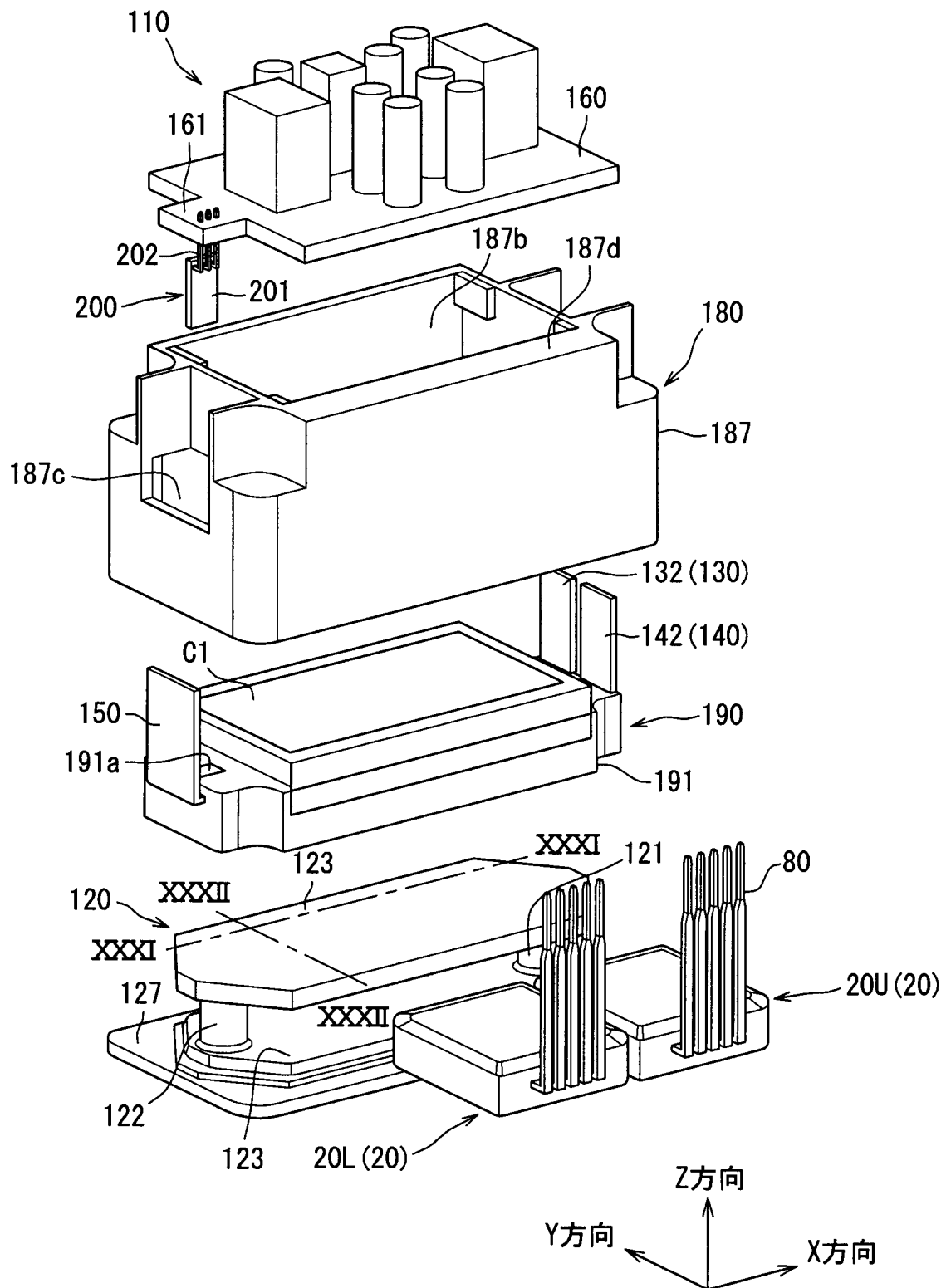
[図29]

図29



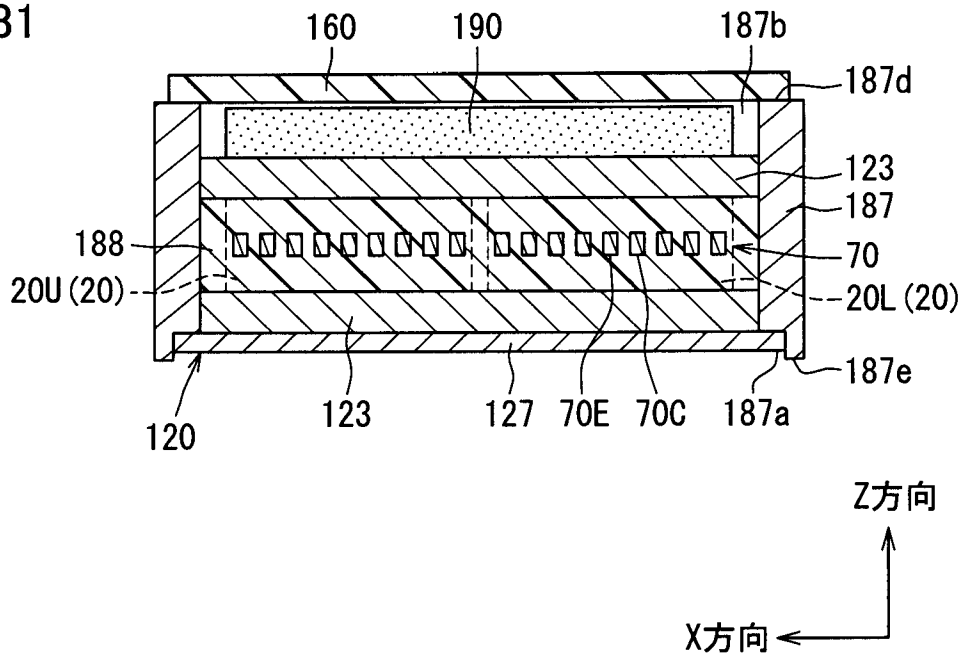
[図30]

図30



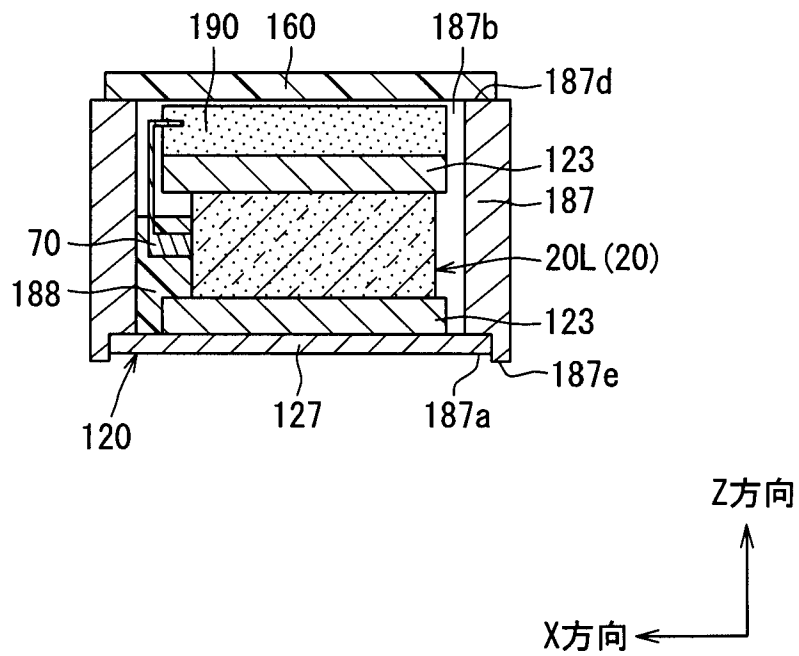
[図31]

図31



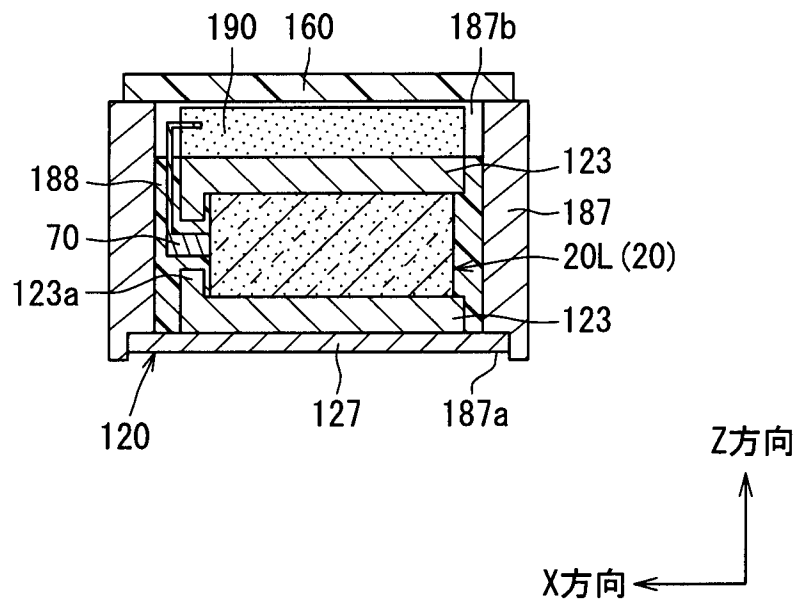
[図32]

図32



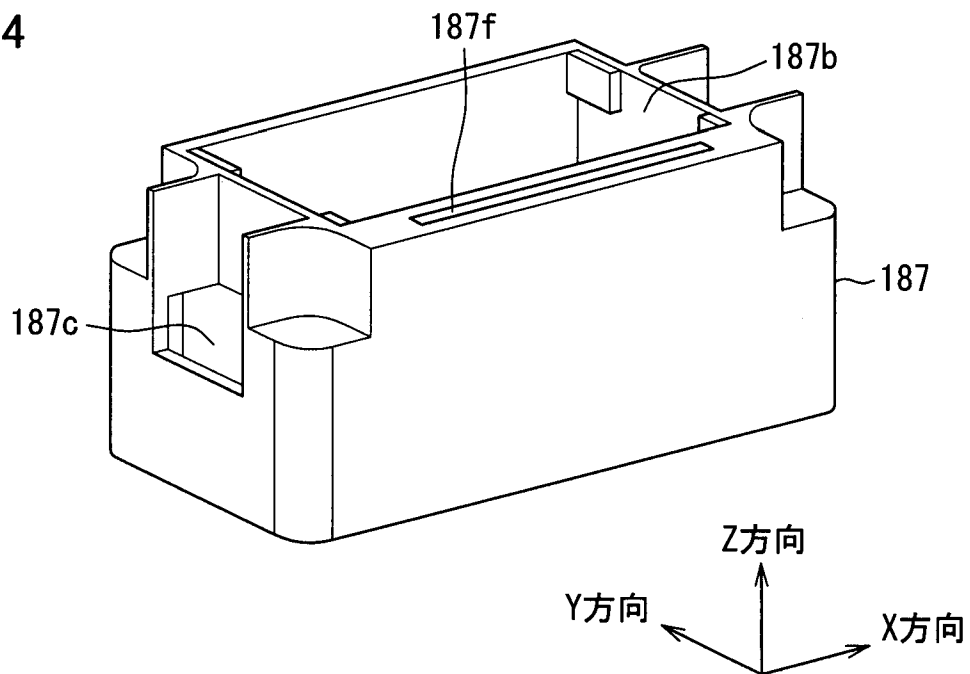
[図33]

図33



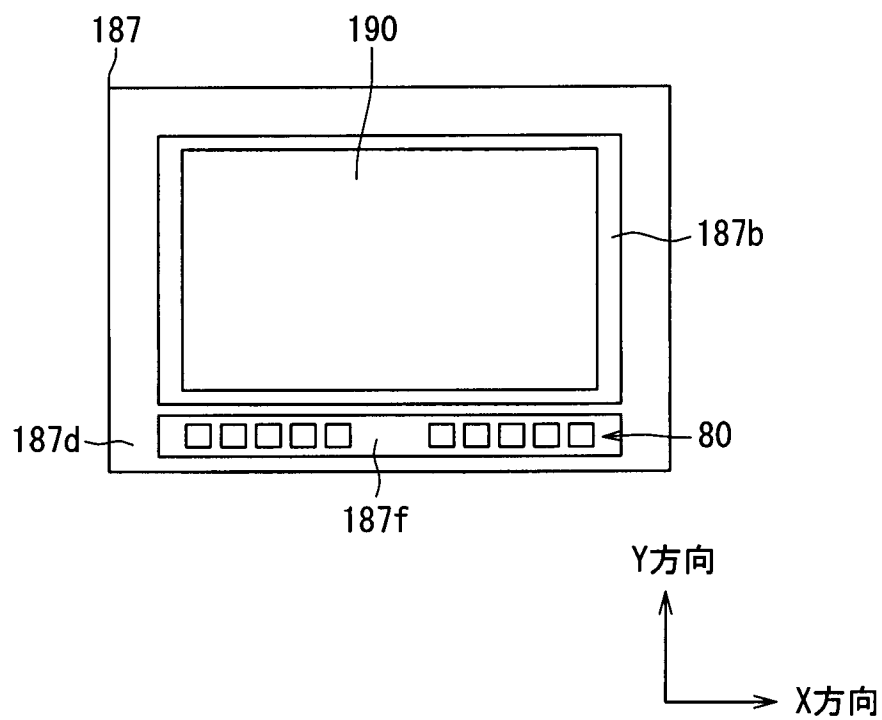
[図34]

図34



[図35]

図35



[図36]

図36

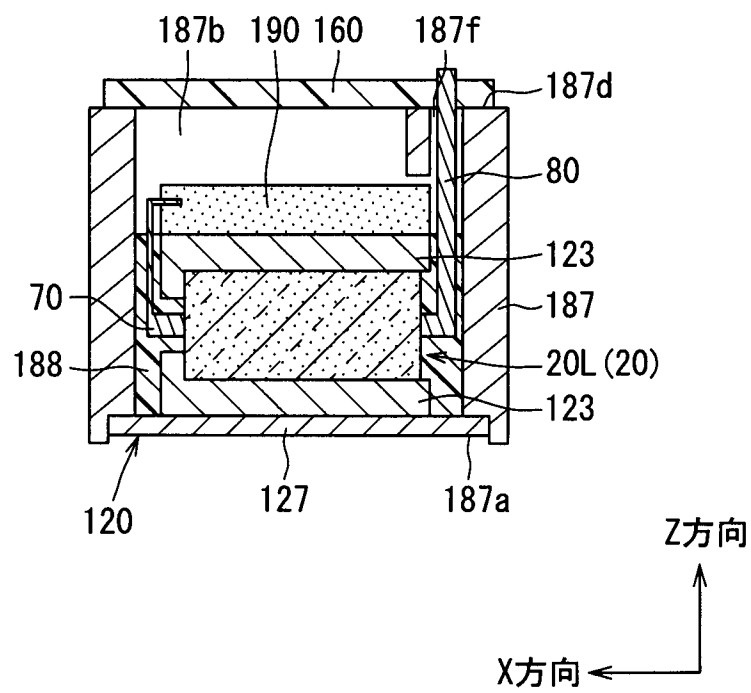
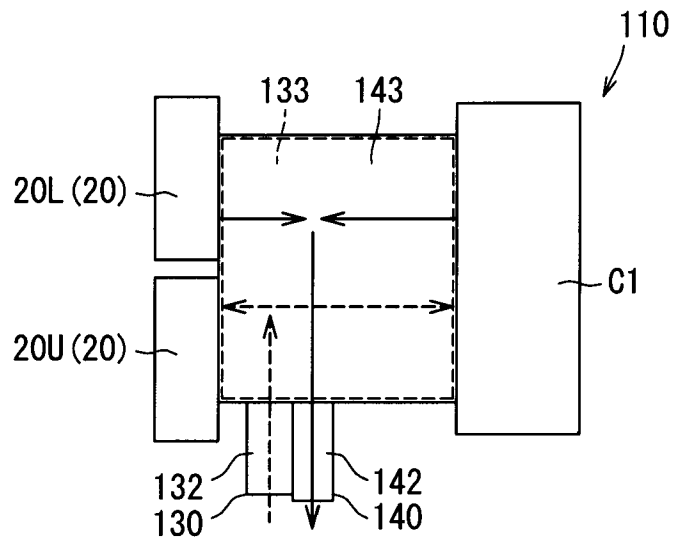
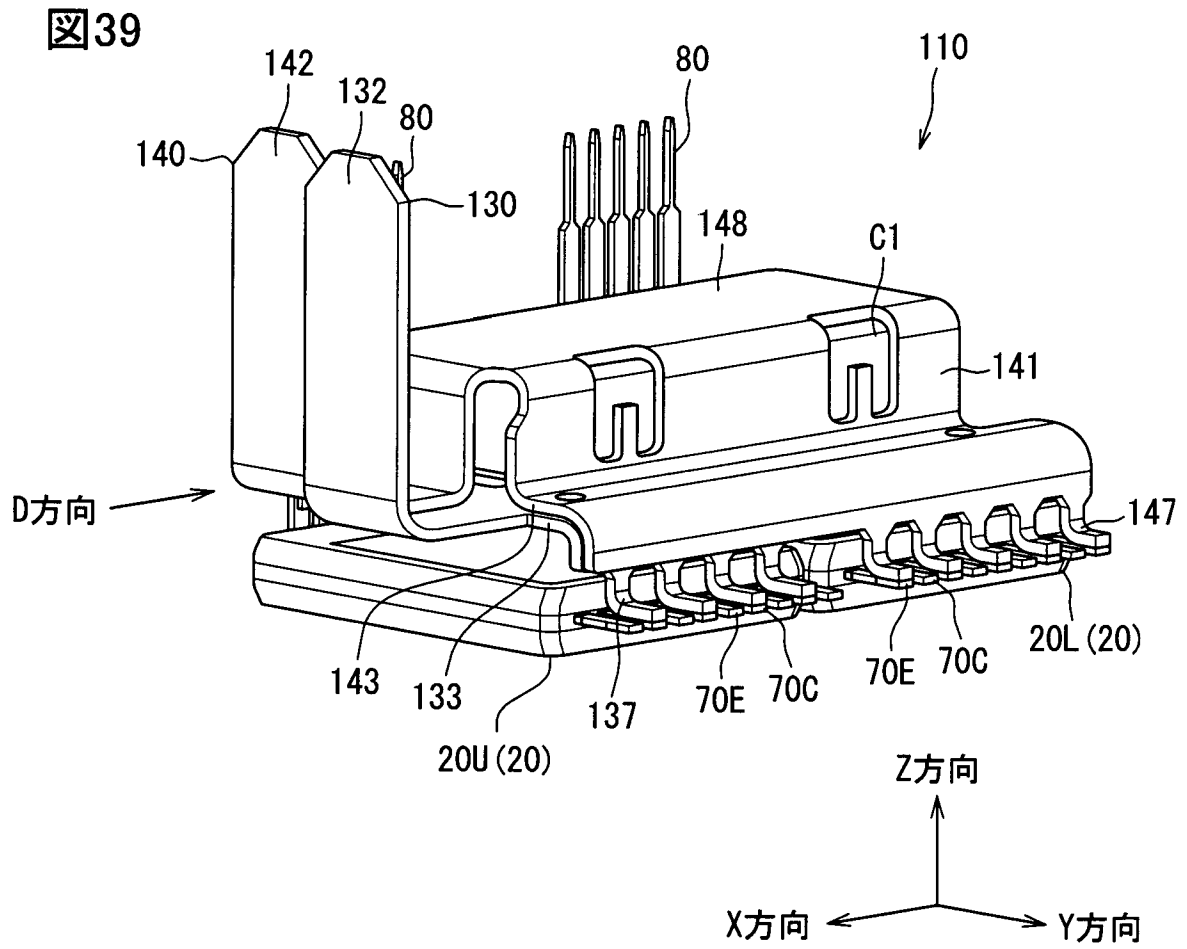


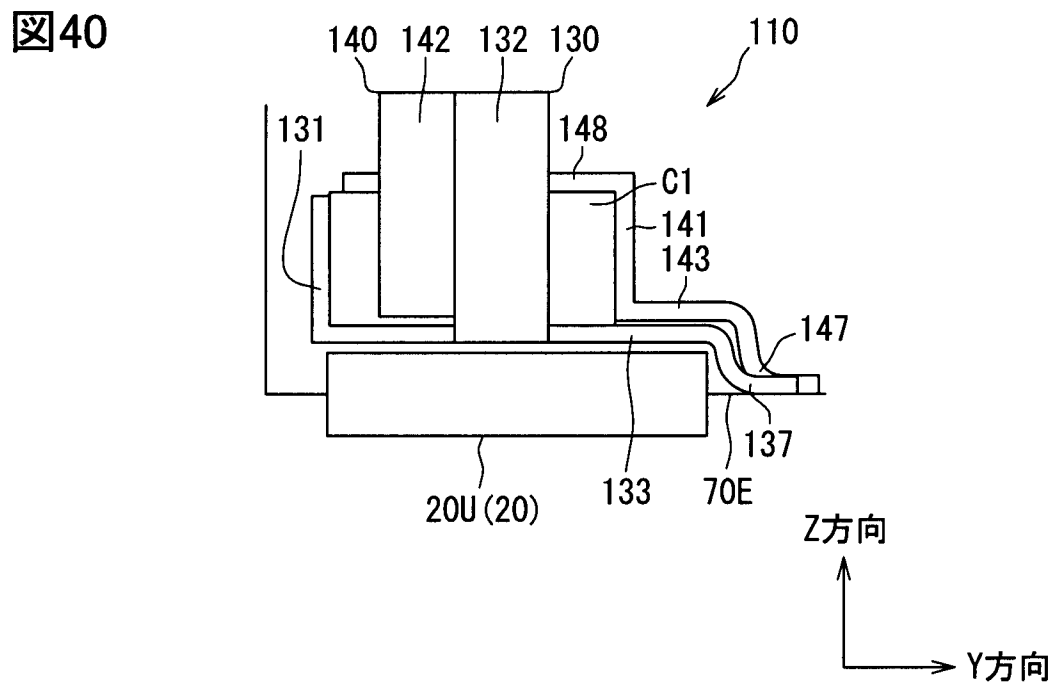
図37



[図39]

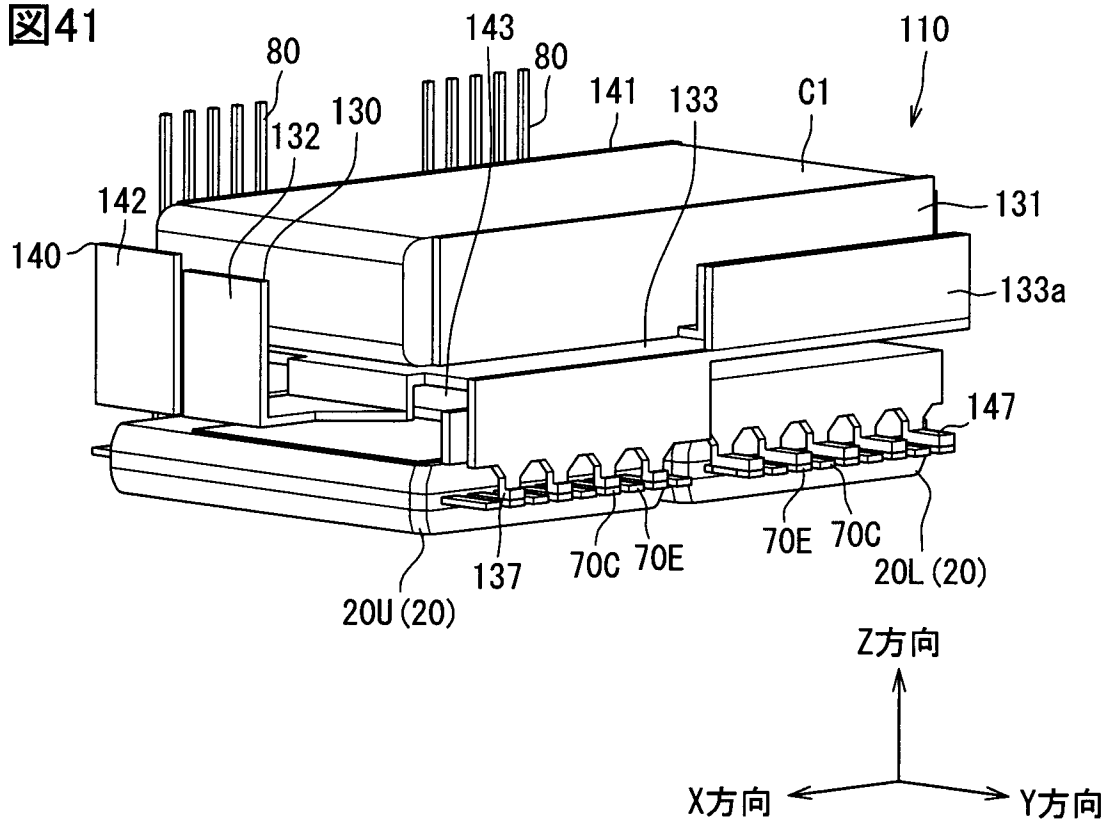


[図40]



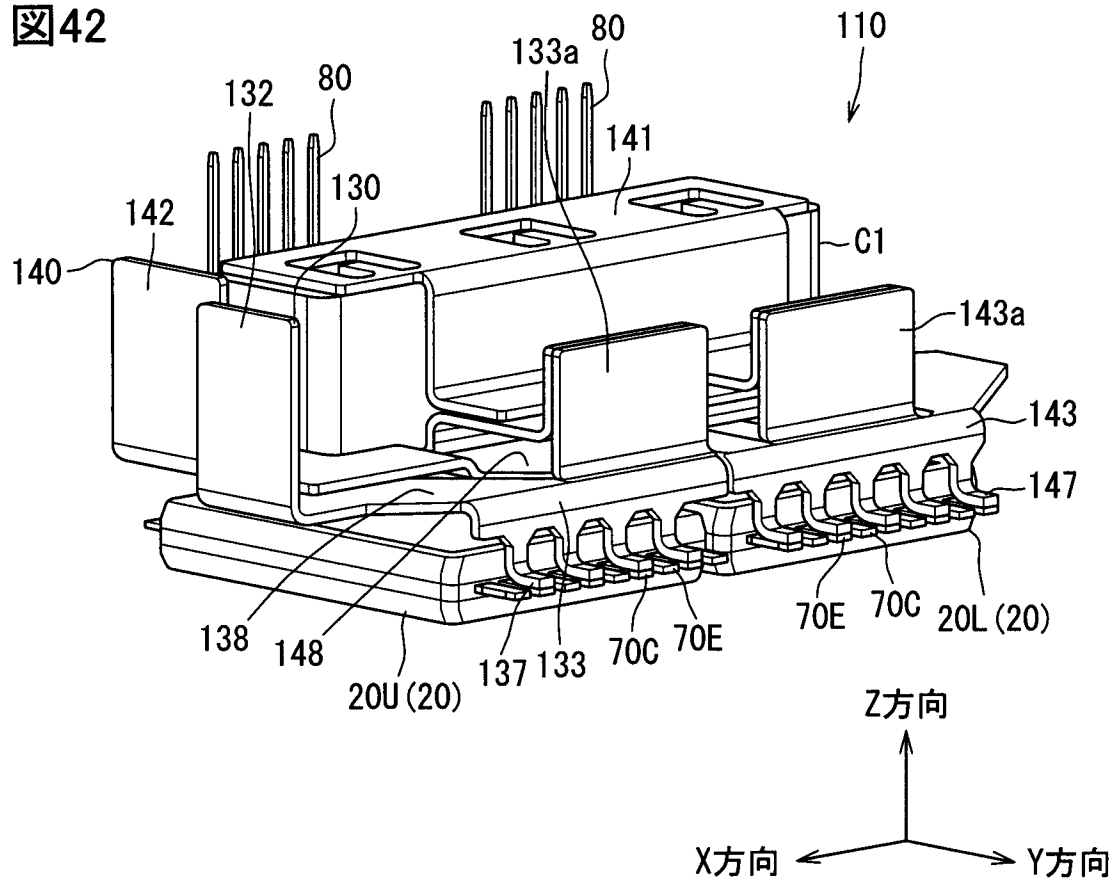
[図41]

図41



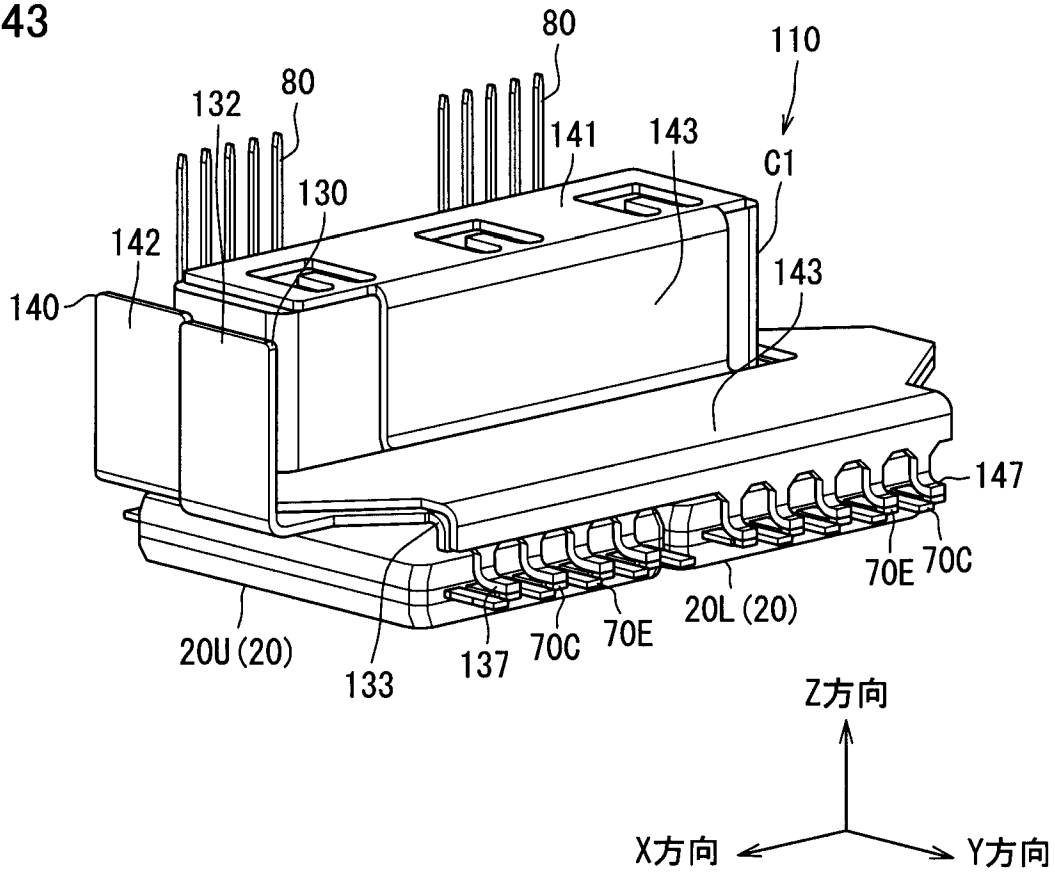
[図42]

図42



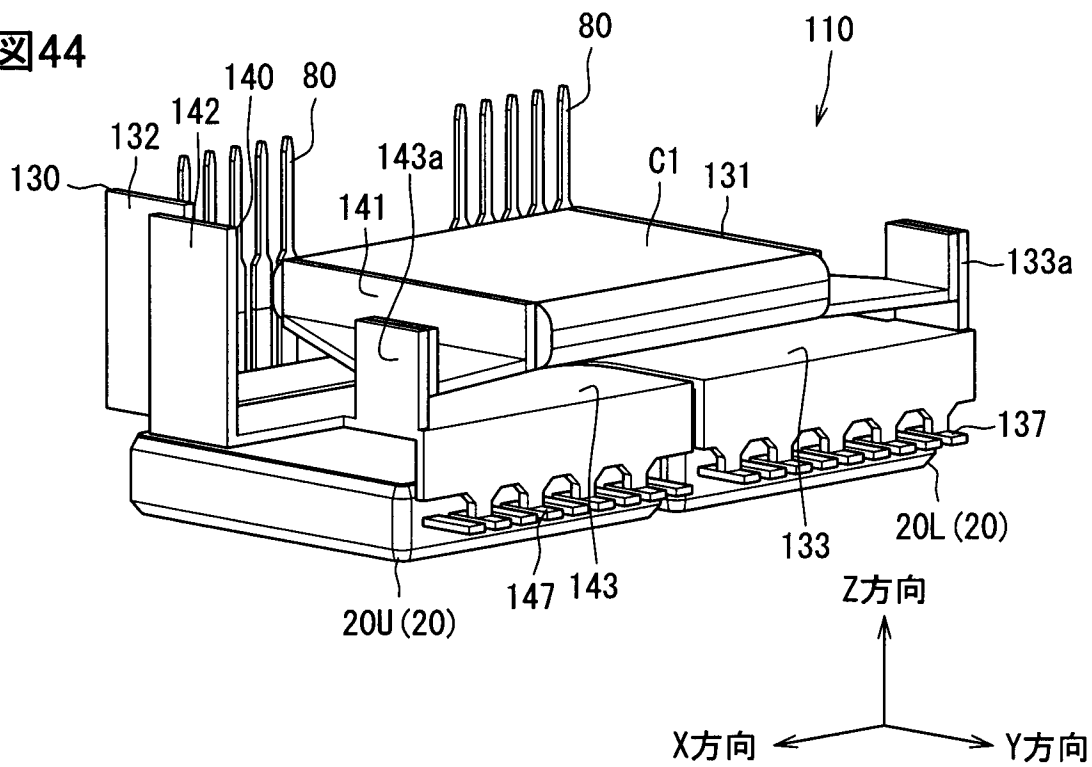
[図43]

図43



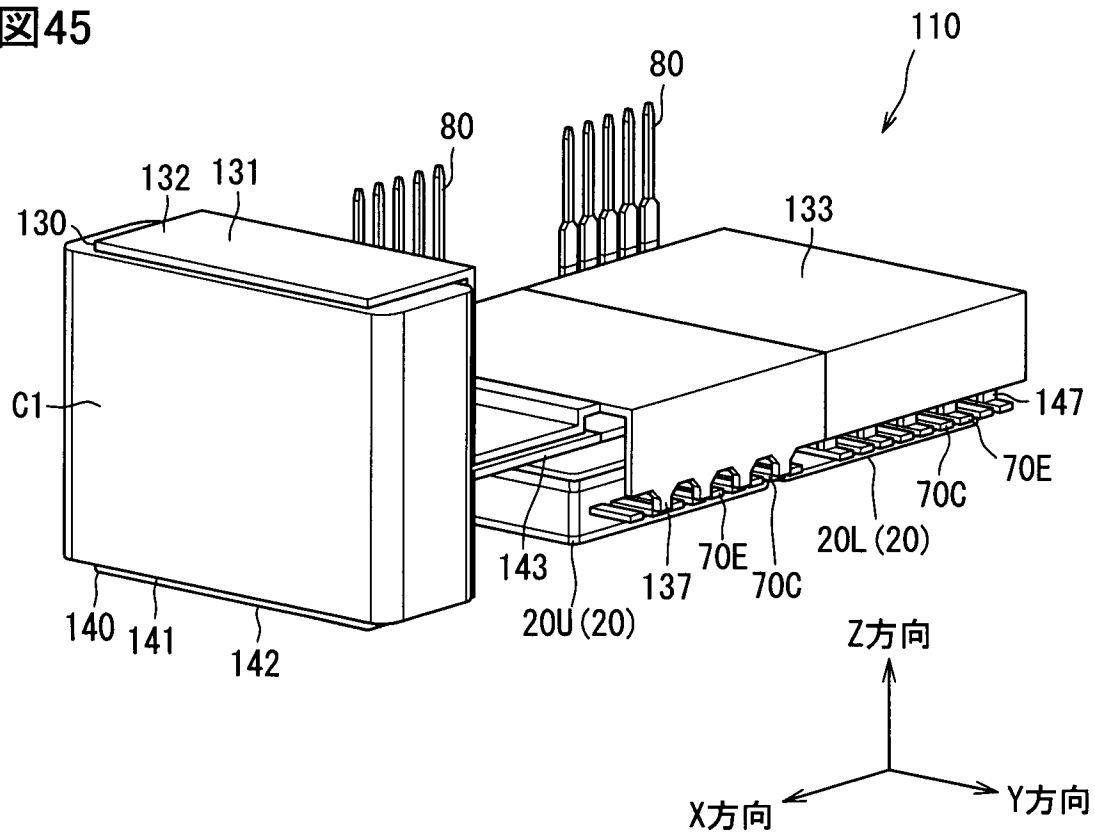
[図44]

図44



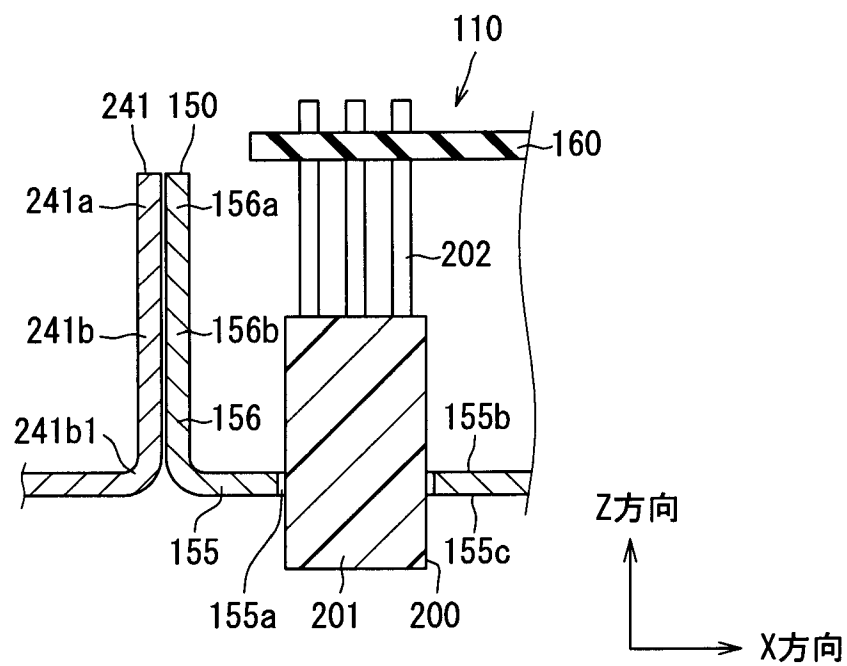
[図45]

図45

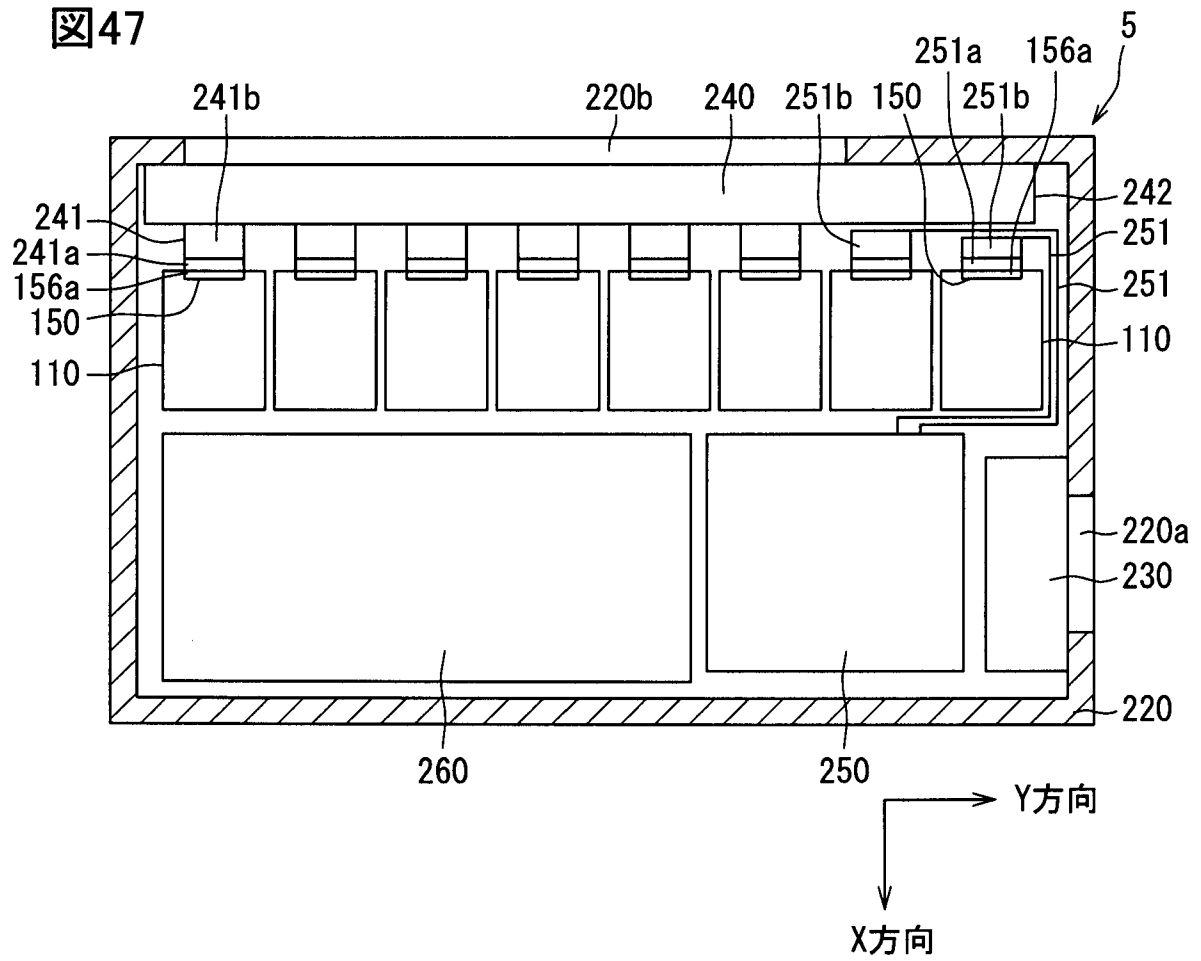


[図46]

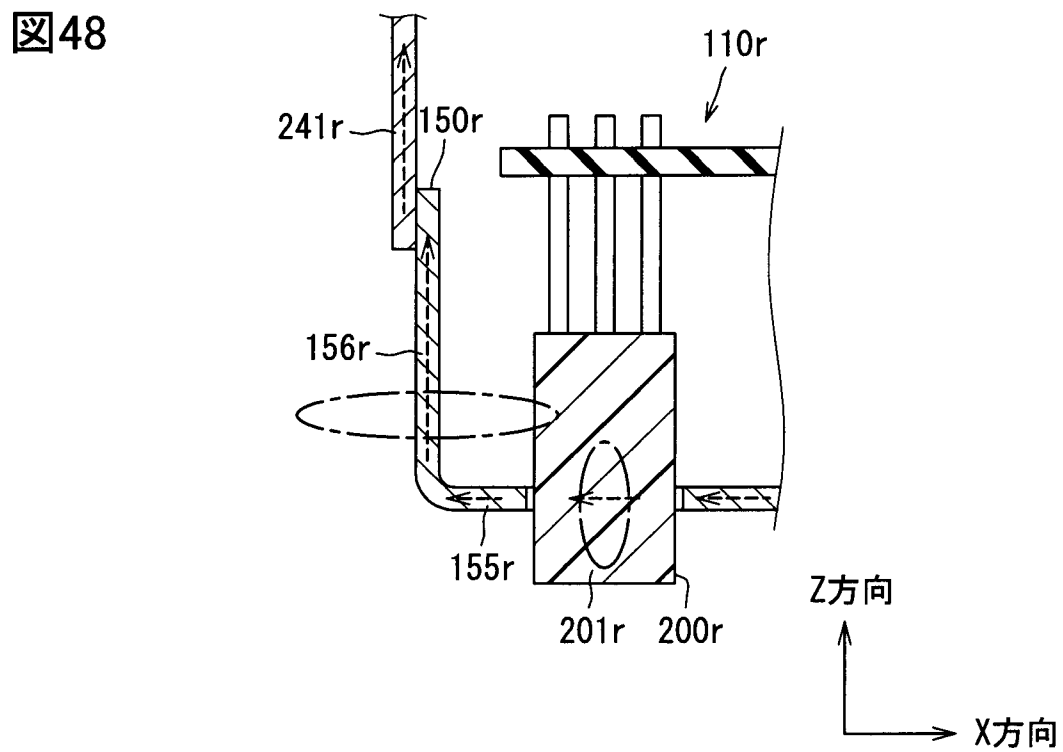
図46



[図47]

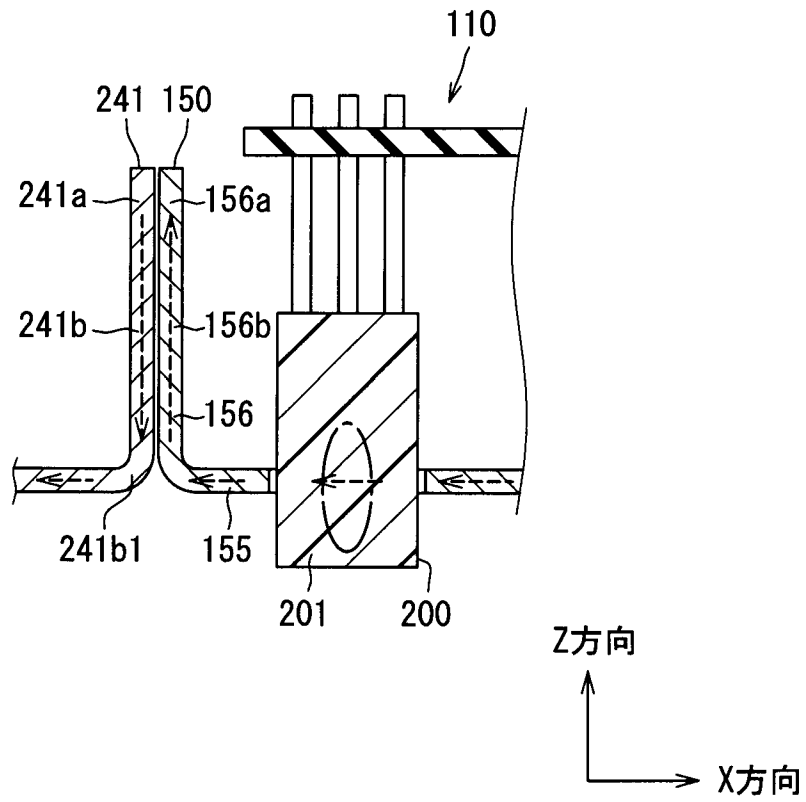


[図48]



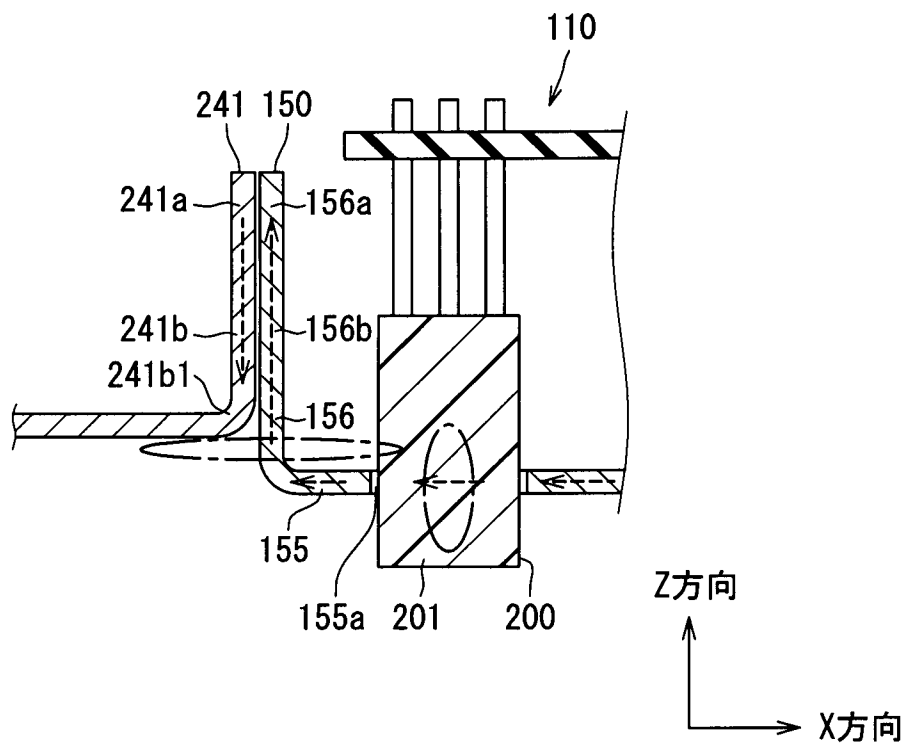
[図49]

図49



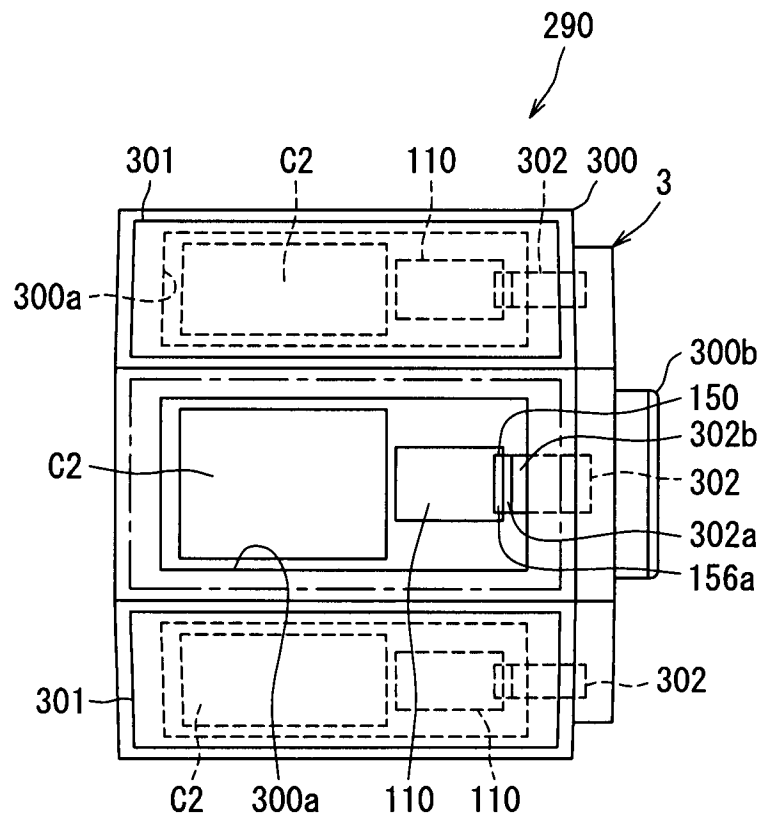
[図50]

図50



[図51]

図51



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/022918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. H02M7/48(2007.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(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, H01L25/07, H01L25/18 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/042741 A1 (ROHM CO., LTD.) 28 March 2013, paragraphs [0014]-[0031], fig. 1 & JP 2013-66349 A	1, 2, 4, 8, 11, 12, 15
A	& US 2014/0226376 A1, paragraphs [0022]-[0046], fig. 1 & EP 2760121 A1 & CN 103907280 A	3, 5-7, 9, 10, 13, 14
A	JP 8-8394 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 12 January 1996, paragraphs [0002]-[0005], fig. 3, 6, 7 (Family: none)	1-15
A	JP 2001-258267 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 21 September 2001, paragraphs [0026]-[0034], fig. 1, 2 & US 2001/0035562 A1, paragraphs [0093]-[0101], fig. 1, 2 & EP 1134807 A2	1-15
A	JP 6-225545 A (TOSHIBA CORP.) 12 August 1994, paragraphs [0002]-[0013], fig. 4-9 (Family: none)	1-15
☐ 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 12 July 2019 (12.07.2019)		Date of mailing of the international search report 23 July 2019 (23.07.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02M7/48(2007.01)i, H01L25/07(2006.01)i, H01L25/18(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（I P C））

Int.Cl. H02M7/48, H01L25/07, H01L25/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で利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	WO 2013/042741 A1（ローム株式会社）2013.03.28, [0014] - [0031], 図1 & JP 2013-66349 A & US 2014/0226376 A1, [0022]-[0046], figure 1	1, 2, 4, 8, 11, 12, 15
A	& EP 2760121 A1 & CN 103907280 A	3, 5-7, 9, 10, 13, 14
A	JP 8-8394 A（富士電機株式会社）1996.01.12, 【0002】 - 【0005】, 図3, 6, 7（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

12.07.2019

国際調査報告の発送日

23.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

栗栖 正和

5G

3987

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*	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 2001-258267 A (三菱電機株式会社) 2001.09.21, 【0026】－【0034】, 図1, 2 & US 2001/0035562 A1, [0093]-[0101], figures 1, 2 & EP 1134807 A2	1-15
A	JP 6-225545 A (株式会社東芝) 1994.08.12, 【0002】－【0013】, 図4-9 (ファミリーなし)	1-15