

(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)



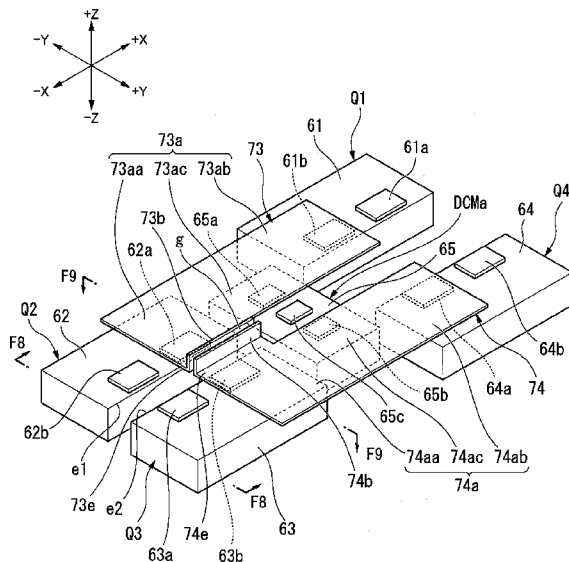
(10) 国際公開番号

WO 2020/021655 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/487 (2007.01) *H02M 7/48* (2007.01)
H02M 7/12 (2006.01) *H02M 5/458* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/027892
- (22) 国際出願日: 2018年7月25日(25.07.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 東芝三菱電機産業システム株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 金子 和秀 (KANEKO Kazuhide); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).
山口 治之(YAMAGUCHI Haruyuki); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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,

(54) Title: POWER CONVERTER

(54) 発明の名称: 電力変換装置



(57) Abstract: A power converter according to an embodiment is provided with first to fourth switching modules, first and second clamp diodes, and first and second buses. The first bus has a first main portion and a first standing portion provided in the first main portion. The first main portion electrically connects the first switching module and the second switching module, and is electrically connected to the first clamp diode. The second bus has a second main portion and a second standing portion provided in the second main portion. The second main portion electrically connects the third switching module and the fourth switching module, and is electrically connected to the second clamp diode. The second standing portion faces the first standing portion.

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)）
- 一 補正された請求の範囲及び説明書（条約第19条(1)）

(57) 要約：実施形態の電力変換装置は、第1から第4のスイッチングモジュールと、第1および第2のクランプダイオードと、第1および第2のバスとを備えている。前記第1バスは、第1主部と、前記第1主部に設けられた第1起立部とを有する。前記第1主部は、前記第1スイッチングモジュールと前記第2スイッチングモジュールとを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードが電氣的に接続されている。前記第2バスは、第2主部と、前記第2主部に設けられた第2起立部とを有する。前記第2主部は、前記第3スイッチングモジュールと前記第4スイッチングモジュールとを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードが電氣的に接続されている。前記第2起立部は、前記第1起立部と向かい合う。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 電力変換装置の1つとして、中性点クランプ型の電力変換装置が知られている。中性点クランプ型の電力変換装置は、例えば、互いに電氣的に直列に接続された4つのスイッチング素子と、これら4つのスイッチング素子に対してそれぞれ逆並列に接続された4つの還流ダイオードと、2つのクランプダイオードとを含む。

[0003] ところで、電力変換装置は、大容量化が期待されている。しかしながら、電力変換装置の大容量化を図ると、通電電流の増大や配線インダクタンスの増大などにより、スイッチング時のサージ電圧が増大する場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2016-158450号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明が解決しようとする課題は、サージ電圧の低減を図ることができる電力変換装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 実施形態の電力変換装置は、中性点クランプ型の電力変換装置であって、第1から第4のスイッチングモジュールと、第1クランプダイオードと、第2クランプダイオードと、第1バスと、第2バスとを備えている。前記第1から第4のスイッチングモジュールは、正極から負極に向けて第1スイッチングモジュール、第2スイッチングモジュール、第3スイッチングモジュール、および第4スイッチングモジュールの順で互いに電氣的に直列に接続さ

れている。前記第1から第4のスイッチングモジュールの各々は、スイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有する。前記第2スイッチングモジュールのパッケージと、前記第3スイッチングモジュールのパッケージとは、互いに隣り合わせに配置されている。前記第1クランプダイオードのアノードは、前記電力変換装置の中性点に電氣的に接続されている。前記第2クランプダイオードのカソードは、前記電力変換装置の中性点に電氣的に接続されている。前記第1ブスは、第1主部と、第1起立部とを有する。前記第1主部は、前記第1スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第2スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードのカソードが電氣的に接続されている。前記第1起立部は、前記第1主部の端部に設けられて前記第1主部に対して起立している。前記第2ブスは、第2主部と、第2起立部とを有する。前記第2主部は、前記第3スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第4スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードのアノードが電氣的に接続されている。前記第2起立部は、前記第2主部の端部に設けられて前記第2主部に対して起立し、前記第1ブスの第1起立部と向かい合う。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態のドライブ装置の一例を示す図。

[図2]実施形態の単相セルユニットを示す図。

[図3]実施形態の電力変換ユニットの一部構成を示す斜視図。

[図4]実施形態の電力変換ユニットを示す斜視図。

[図5]図4で示された電力変換ユニットから中性点ブスが取り外された状態を示す斜視図。

[図6]実施形態の電力変換ユニットに含まれる構成要素の電気接続関係を示す

図。

[図7]実施形態の接続バスおよびモジュールを示す斜視図。

[図8]図7に示された構成要素のF8－F8線に沿う断面図。

[図9]図8に示された構成要素のF9－F9線に沿う断面図。

[図10]実施形態の第3スイッチング素子のターンオフ過程の電流の流れを示す図。

[図11]実施形態のスイッチング素子のターンオフ時に生じるサージ電圧に寄与する配線ループを示す図。

[図12]実施形態のスイッチング素子のターンオフサージ電圧に関する実験結果の一例を示す図。

[図13]実施形態の起立部の起立量と、スイッチング素子のターンオフサージ電圧との関係に関する実験結果の一例を示す図。

[図14]実施形態の第1変形例に係る接続バスおよびスイッチングモジュールを示す断面図。

[図15]実施形態の第2変形例に係る接続バスおよびスイッチングモジュールを示す断面図。

[図16]実施形態の第3変形例に係る接続バスおよびスイッチングモジュールを示す断面図。

[図17]実施形態の第4変形例に係る接続バスおよびスイッチングモジュールを示す断面図。

[図18]実施形態の第5変形例に係る接続バスおよびスイッチングモジュールを示す断面図。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、実施形態の電力変換装置を、図面を参照して説明する。なお以下の説明では、同一または類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それら構成の重複する説明は省略する場合がある。また以下で参照する図面は、説明の便宜上、制御用のゲート配線およびゲート端子などの図示が省略されている場合がある。

[0009] ここで、「正極P」、「負極N」、および「中性点C」について先に定義する。「正極P」とは、電力変換装置が動作している場合に、正電位となる部位を意味する。「負極N」とは、電力変換装置が動作している場合に、負電位となる部位を意味する。「中性点C」とは、電力変換装置が動作している場合に、中性点クランプ型の電力変換装置において正極Pと負極Nとの間の中間の電位（中性点電位）となる部位を意味する。

[0010] 以下、図1から図13を参照して、実施形態のドライブ装置（電動機駆動装置）1について説明する。ドライブ装置1は、「電力変換装置」の一例である。なお、「電力変換装置」は、ドライブ装置1のようなコンバータおよびインバータの両方を含む装置に限定されず、例えば、コンバータまたはインバータのいずれか一方のみの機能を有した装置でもよい。

[0011] ドライブ装置1は、例えば、3相の交流電源PSから供給される交流電力を所望の周波数・電圧の交流電力に変換して負荷Lに供給する。負荷Lは、例えば電動機であるが、これに限定されない。本実施形態では、ドライブ装置1が複数の単相セルユニット6を備える例について説明する。なお、ドライブ装置1は、複数の単相セルユニット6に代えて、3相コンバータおよび3相インバータを備えてもよい。

[0012] <1. 電氣的構成>

<1. 1 全体構成>

まず、ドライブ装置1の電氣的な全体構成について説明する。図1は、ドライブ装置1の一例を示す図である。ドライブ装置1は、例えば、入力変圧器5と、複数の単相セルユニット6と、制御装置7とを備えている。

[0013] 入力変圧器5は、1次側が3相スター結線であり、2次側が互いに絶縁された3相オープンデルタ結線の3群構成である。入力変圧器5には、交流電源PSから3相の交流電力が供給される。入力変圧器5は、入力された交流電力を所望の電圧に変圧し、変圧した交流電力を複数の単相セルユニット6のそれぞれに供給する。

[0014] 複数の単相セルユニット6は、入力変圧器5の2次巻線から供給された単

相の交流電力を直流電力に変換し、変換した直流電力を所望の周波数・電圧の交流電力に変換して出力する。本実施形態では、複数の単相セルユニット 6 は、3 台の第 1 相の単相セルユニット 6 A (U 1, U 2, U 3)、3 台の第 2 相の単相セルユニット 6 B (V 1, V 2, V 3)、および 3 台の第 3 相の単相セルユニット 6 C (W 1, W 2, W 3) を含む。

[0015] 各単相セルユニット 6 は、同一回路構成である。

入力変圧器 5 の 2 次側第 1 群の第 1 相は、単相セルユニット U 1 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 1 群の第 2 相は、単相セルユニット V 1 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 1 群の第 3 相は、単相セルユニット W 1 の入力に接続されている。

入力変圧器 5 の 2 次側第 2 群の第 1 相は、単相セルユニット U 2 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 2 群の第 2 相は、単相セルユニット V 2 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 2 群の第 3 相は、単相セルユニット W 2 の入力に接続されている。

入力変圧器 5 の 2 次側第 3 群の第 1 相は、単相セルユニット U 3 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 3 群の第 2 相は、単相セルユニット V 3 の入力に接続されている。入力変圧器 5 の 2 次側第 3 群の第 3 相は、単相セルユニット W 3 の入力に接続されている。

[0016] 3 台の第 1 相の単相セルユニット U 1, U 2, U 3 の出力は、この順番に直列に接続されている。3 台の第 2 相の単相セルユニット V 1, V 2, V 3 および 3 台の第 3 相の単相セルユニット W 1, W 2, W 3 も同様に直列に接続されている。

単相セルユニット U 2 と接続されていない側の単相セルユニット U 1 の出力と、単相セルユニット V 2 と接続されていない側の単相セルユニット V 1 の出力と、単相セルユニット W 2 と接続されていない側の単相セルユニット W 1 の出力とは、互いに接続されて、負荷回路の 3 相交流の中性点を構成している。

単相セルユニット U 2 と接続されていない側の単相セルユニット U 3 の出

力は、負荷Lの第1相に接続されている。単相セルユニットV2と接続されていない側の単相セルユニットV3の出力は、負荷Lの第2相に接続されている。単相セルユニットW2と接続されていない側の単相セルユニットW3の出力は、負荷Lの第3相に接続されている。

[0017] 制御装置7は、複数の単相セルユニット6を制御する。例えば、制御装置7は、不図示の電圧検出器により検出された交流電力の相電圧を示す情報に基づき、各単相セルユニット6に含まれるスイッチング素子を制御するための信号を送ることで、各単相セルユニット6を制御する。

このような構成により、ドライブ装置1は3相の交流電源PSから供給される交流電力を所望の周波数かつ所望の電圧の3相の交流電力に変換して負荷Lに供給することができる。

[0018] <1. 2 単相セルユニット>

<1. 2. 1 単相セルユニットの全体構成>

次に、単相セルユニット6について説明する。ここで、単相セルユニット6A、単相セルユニット6B、および単相セルユニット6Cは、交流電力の相が異なることを除き互いに略同じである。このため以下では、これらを代表して第1相の単相セルユニット6Aについて説明する。

[0019] 図2は、単相セルユニット6Aを示す図である。単相セルユニット6Aは、例えば、2つの電力変換ユニットPUA、PUBと、コンデンサユニットCUとを含む。

[0020] <1. 2. 2 電力変換ユニット>

単相セルユニット6Aは、電力変換ユニットPUAと電力変換ユニットPUBとにより、3レベル以上の電圧出力が可能なレグを有するフルブリッジの単相インバータとコンバータを構成する。電力変換ユニットPUAと電力変換ユニットPUBは交流の相が異なることを除き互いに略同じである。このため以下では、これらを代表して電力変換ユニットPUAについて代表して説明する。電力変換ユニットPUAは、例えば、1次側端子11、コンバータ12、インバータ13、および2次側端子14を含む。以下では、1次

側端子 1 1 および 2 次側端子 1 4 について先に説明し、続いてコンバータ 1 2 およびインバータ 1 3 について説明する。

[0021] 1 次側端子 1 1 は、入力変圧器 5 を介して交流電源 P S に電氣的に接続されている。

[0022] 2 次側端子 1 4 は、負荷 L または、他の単相セルユニット 6 に接続され、変換後の電力を出力する。

[0023] コンバータ 1 2 は、例えば中性点クランプ型（NPC : Neutral Point Clamped）型の 3 レベルコンバータである。コンバータ 1 2 は、レグ L a を有して交流電力を直流電力に変換する。レグ L a は、第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a と、第 1 から第 4 の還流ダイオード DF 1 a, DF 2 a, DF 3 a, DF 4 a と、第 1 および第 2 のクランプダイオード DC 1 a, DC 2 a とを含む。

[0024] 第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a の各々は、例えば、自己消弧能力を持つトランジスタ型のスイッチング素子である。第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a の各々は、例えば、バイポーラトランジスタ型のスイッチング素子である。本実施形態では、第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a の各々は、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor）である。ただし、第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a の各々は、上記例に限定されない。

[0025] 第 1 から第 4 のスイッチング素子 SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 a は、正極 P から負極 N に向けてこの順で互いに電氣的に直列に接続されている。本実施形態では、第 1 スwitchング素子 SW 1 a のコレクタは、正極 P に電氣的に接続されている。第 2 スwitchング素子 SW 2 a のコレクタは、第 1 スwitchング素子 SW 1 a のエミッタに電氣的に接続されている。第 3 スwitchング素子 SW 3 a のコレクタは、第 2 スwitchング素子 SW 2 a のエミッタに電氣的に接続されている。第 4 スwitchング素子 SW 4 a のコ

レクタは、第3スイッチング素子SW3 aのエミッタに電氣的に接続されている。第4スイッチング素子SW4 aのエミッタは、負極Nに電氣的に接続されている。

[0026] 本実施形態では、1次側端子11は、第2スイッチング素子SW2 aのエミッタと第3スイッチング素子SW3 aのコレクタとを電氣的に接続した接続部に電氣的に接続されている。

[0027] 第1還流ダイオードDF1 aは、第1スイッチング素子SW1 aに対して電氣的に逆並列に接続されている。第2還流ダイオードDF2 aは、第2スイッチング素子SW2 aに対して電氣的に逆並列に接続されている。第3還流ダイオードDF3 aは、第3スイッチング素子SW3 aに対して電氣的に逆並列に接続されている。第4還流ダイオードDF4 aは、第4スイッチング素子SW4 aに対して電氣的に逆並列に接続されている。「逆並列に接続」とは、スイッチング素子と還流ダイオードとが電氣的に並列に接続され、且つ、スイッチング素子において電流が順方向に流れる方向と還流ダイオードにおいて電流が順方向に流れる方向とが逆向きであることを意味する。

[0028] 第1クランプダイオードDC1 aのアノードは、中性点Cに電氣的に接続されている。第1クランプダイオードDC1 aのカソードは、第1スイッチング素子SW1 aのエミッタと第2スイッチング素子SW2 aのコレクタとを電氣的に接続した接続部に電氣的に接続されている。第2クランプダイオードDC2 aのカソードは、中性点Cに電氣的に接続されている。第2クランプダイオードDC2 aのアノードは、第3スイッチング素子SW3 aのエミッタと第4スイッチング素子SW4 aのコレクタとを電氣的に接続した接続部に電氣的に接続されている。

[0029] ここで、ドライブ装置1の物理的構成のなかでコンバータ12のレグLaに関連する部分について先に説明する。コンバータ12は、レグLaの構成として、第1スイッチングモジュールQ1 a、第2スイッチングモジュールQ2 a、第3スイッチングモジュールQ3 a、第4スイッチングモジュールQ4 a、およびクランプダイオードモジュールDCMaを含む。

[0030] 第1スイッチングモジュールQ1aは、第1スイッチング素子SW1aと、第1還流ダイオードDF1aとが内蔵された半導体モジュール（モジュール型半導体）である。第2スイッチングモジュールQ2aは、第2スイッチング素子SW2aと、第2還流ダイオードDF2aとが内蔵された半導体モジュールである。第3スイッチングモジュールQ3aは、第3スイッチング素子SW3aと、第3還流ダイオードDF3aとが内蔵された半導体モジュールである。第4スイッチングモジュールQ4aは、第4スイッチング素子SW4aと、第4還流ダイオードDF4aとが内蔵された半導体モジュールである。クランプダイオードモジュールDCMaは、第1および第2のクランプダイオードDC1a、DC2aが内蔵された半導体モジュールである。

[0031] 次に、インバータ13について説明する。インバータ13は、例えばNPC型の3レベルインバータである。インバータ13は、レグLbを有してコンバータ12によって変換された直流電力を交流電力に変換する。レグLbは、第1から第4のスイッチング素子SW1b、SW2b、SW3b、SW4bと、第1から第4の還流ダイオードDF1b、DF2b、DF3b、DF4bと、第1および第2のクランプダイオードDC1b、DC2bとを含む。また、インバータ13は、物理的な構成として、例えば、第1スイッチングモジュールQ1b、第2スイッチングモジュールQ2b、第3スイッチングモジュールQ3b、第4スイッチングモジュールQ4b、およびクランプダイオードモジュールDCMbを含む。ここで、インバータ13のレグLbの構成および機能は、コンバータ12のレグLaの構成および機能と略同じである。このため、レグLbに関する説明は、レグLaに関する上記説明において、各部材の符号の添え字「a」を、添え字「b」に読み替えればよい。

[0032] <1. 2. 3 コンデンサユニット>

コンデンサユニットCUは、複数の第1コンデンサC1（図2では1つのみ示す）と、複数の第2コンデンサC2（図2では1つのみ示す）とを含む。第1コンデンサC1は、コンバータ12とインバータ13との間で、正極

Pと中性点Cとの間に電氣的に接続されている。第2コンデンサC2は、コンバータ12とインバータ13との間で、負極Nと中性点Cとの間に電氣的に接続されている。コンデンサC1、C2は、例えばコンバータ12によって交流電力から変換された直流電力の電圧を平滑にする。

[0033] <2. 物理的構成>

次に、ドライブ装置1の物理的構成について説明する。図3は、電力変換ユニットPUAの一部構成を示す斜視図である。尚、電力変換ユニットPUBについては、電力変換ユニットPUAと略対称構造あるいは略同一構造となるので記載は省略する。ここで、+X方向、-X方向、+Y方向、-Y方向、+Z方向、および-Z方向について定義する。+X方向、-X方向、+Y方向、および-Y方向は、後述するヒートシンク80Aの第1面81aに沿う方向である。+X方向は、ヒートシンク80Aの第1端部80aから第2端部80bに向かう方向である。-X方向は、+X方向とは反対方向である。+X方向と-X方向とを区別しない場合は、単に「X方向」と称する。+Y方向および-Y方向は、X方向とは異なる（例えば略直交する）方向である。+Y方向は、インバータ13に対してコンバータ12が位置する方向である。-Y方向は、+Y方向とは反対方向である。+Y方向と-Y方向とを区別しない場合は、単に「Y方向」と称する。+Z方向および-Z方向は、X方向およびY方向とは異なる（例えば略直交する）方向である。+Z方向は、ヒートシンク80Aからコンバータ12およびインバータ13に向かう方向である。-Z方向は、+Z方向とは反対方向である。+Z方向と-Z方向とを区別しない場合は、単に「Z方向」と称する。本実施形態では、Y方向は、「第1方向」の一例である。Z方向は、「第2方向」の一例である。X方向は、「第3方向」の一例である。

[0034] 図3に示すように、電力変換ユニットPUAは、例えば、コンバータ12およびインバータ13と、複数のバス71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80（図4, 図5参照）と、ヒートシンク80Aを含む。ここでは、説明の便宜上、ヒートシンク80Aを先に説明する。

[0035] ヒートシンク80Aは、ベース81と、複数のフィン82とを有する。ベース81は、X方向およびY方向に沿う板状に形成されている。ベース81は、+Z方向に向いた第1面81aと、第1面81aとは反対側に位置した第2面81bとを有する。第1面81aには、第1スイッチングモジュールQ1a、Q1b、第2スイッチングモジュールQ2a、Q2b、第3スイッチングモジュールQ3a、Q3b、第4スイッチングモジュールQ4a、Q4b、およびクランプダイオードモジュールDCMa、DCMbが取り付けられている。これらモジュールセットが発する熱の少なくとも一部（例えば大部分）は、ヒートシンク80Aに伝わる。複数のフィン82は、ベース81から-Z方向に突出している。

[0036] 次に、コンバータ12の各構成について詳しく説明する。なお、各モジュールのゲート端子の説明は省略する。第1スイッチングモジュールQ1aは、第1スイッチング素子SW1aと第1還流ダイオードDF1aとを収容したパッケージ（外郭部材）61を有する。パッケージ61の表面には、パッケージ61の外部に露出する第1端子61aおよび第2端子61bが設けられている。第1端子61aには、第1スイッチング素子SW1aのコレクタおよび第1還流ダイオードDF1aのカソードがパッケージ61の内部で電氣的に接続されている。第2端子61bには、第1スイッチング素子SW1aのエミッタおよび第1還流ダイオードDF1aのアノードがパッケージ61の内部で電氣的に接続されている。2つの端子61a、61bは、端子61b、端子61aの順で+X方向に並んでいる。

[0037] 第2スイッチングモジュールQ2aは、第2スイッチング素子SW2aと第2還流ダイオードDF2aとを収容したパッケージ62を有する。パッケージ62の表面には、パッケージ62の外部に露出する第1端子62aおよび第2端子62bが設けられている。第1端子62aには、第2スイッチング素子SW2aのコレクタおよび第2還流ダイオードDF2aのカソードがパッケージ62の内部で電氣的に接続されている。第2端子62bには、第2スイッチング素子SW2aのエミッタおよび第2還流ダイオードDF2a

のアノードがパッケージ62の内部で電氣的に接続されている。2つの端子62a、62bは、端子62b、端子62aの順で+X方向に並んでいる。第2スイッチングモジュールQ2aは、第1スイッチングモジュールQ1aに対して-X方向側に位置する。

[0038] 第3スイッチングモジュールQ3aは、第3スイッチング素子SW3aと第3還流ダイオードDF3aとを収容したパッケージ63を有する。パッケージ63の表面には、パッケージ63の外部に露出する第1端子63aと第2端子63bが設けられている。第1端子63aには、第3スイッチング素子SW3aのコレクタおよび第3還流ダイオードDF3aのカソードがパッケージ63の内部で電氣的に接続されている。第2端子63bには、第3スイッチング素子SW3aのエミッタおよび第3還流ダイオードDF3aのアノードがパッケージ63の内部で電氣的に接続されている。2つの端子63a、63bは、端子63a、端子63bの順で+X方向に並んでいる。本実施形態では、第3スイッチングモジュールQ3aは、第2スイッチングモジュールQ2aに対して+Y方向側に位置する。第2スイッチングモジュールQ2aのパッケージ62と第3スイッチングモジュールQ3aのパッケージ63とは、Y方向で互いに隣り合わせに配置されている。第3スイッチングモジュールQ3aは、第4スイッチングモジュールQ4aに対して-X方向側に位置する。

[0039] 第4スイッチングモジュールQ4aは、第4スイッチング素子SW4aと第4還流ダイオードDF4aとを収容したパッケージ64を有する。パッケージ64の表面には、パッケージ64の外部に露出する第1端子64aと第2端子64bが設けられている。第1端子64aには、第4スイッチング素子SW4aのコレクタおよび第4還流ダイオードDF4aのカソードがパッケージ64の内部で電氣的に接続されている。第2端子64bには、第4スイッチング素子SW4aのエミッタおよび第4還流ダイオードDF4aのアノードがパッケージ64の内部で電氣的に接続されている。2つの端子64a、64bは、端子64a、端子64bの順で+X方向に並んでいる。

[0040] クランプダイオードモジュールDCMaは、第1および第2のクランプダイオードDC1a、DC2aを収容したパッケージ65を有する。パッケージ65の表面には、パッケージ65の外部に露出する第1端子65a、第2端子65b、および第3端子65cが設けられている。第1端子65aには、第1クランプダイオードDC1aのカソードがパッケージ65の内部で電氣的に接続されている。第2端子65bには、第2クランプダイオードDC2aのアノードがパッケージ65の内部で電氣的に接続されている。第3端子65cには、第1クランプダイオードDC1aのアノードと第2クランプダイオードDC2aのカソードとがパッケージ65の内部で電氣的に接続されている。3つの端子65a、65b、65cは、端子65a、端子65c、端子65bの順で+Y方向に並んでいる。

[0041] クランプダイオードモジュールDCMaは、X方向において、第2スイッチングモジュールQ2aおよび第3スイッチングモジュールQ3aのペアと、第1スイッチングモジュールQ1aおよび第4スイッチングモジュールQ4aのペアとの間に配置されている。

[0042] 次に、インバータ13について説明する。インバータ13は、コンバータ12と略同じ配置レイアウトにて配置されている。インバータ13に関する説明は、コンバータ12に関する本明細書の説明において、各部材の符号の添え字「a」を、添え字「b」に読み替えればよい。

[0043] 次に、電力変換ユニットPUAに含まれるバス71、72、73、74、75、76、77、78、79、80について説明する。図4は、電力変換ユニットPUAを示す斜視図である。図5は、図4で示された電力変換ユニットPUAから中性点バス77が取り外された状態を示す斜視図である。図4および図5では、図3に示された構成に対して支持シャーシ32が取り付けられている。なお、図5中の矢印A1、A2については後述する。

[0044] 電力変換ユニットPUAは、中継バス71、第1端子バス72、第1接続バス73、第2接続バス74、正極バス75、負極バス76、中性点バス77、第3接続バス78、第4接続バス79、および第2端子バス80を含む

。

[0045] 中継バス 7 1 は、入力変圧器 5 に電氣的に接続される。

第 1 端子バス 7 2 は、中継バス 7 1 に接続されている。第 1 端子バス 7 2 は、第 2 スイッチングモジュール Q 2 a の第 2 端子 6 2 b と、第 3 スイッチングモジュール Q 3 a の第 1 端子 6 3 a とに接続されている。

[0046] 第 1 接続バス 7 3 は、第 1 スイッチングモジュール Q 1 a の第 2 端子 6 1 b と、第 2 スイッチングモジュール Q 2 a の第 1 端子 6 2 a と、クランプダイオードモジュール D C M a の第 1 端子 6 5 a とに接続され、これら端子 6 1 b, 6 2 a, 6 5 a を電氣的に接続している。なお、第 1 接続バス 7 3 および第 1 接続バス 7 3 に取り付けられた第 1 絶縁部材 8 4 については、詳しく後述する。

[0047] 第 2 接続バス 7 4 は、第 3 スイッチングモジュール Q 3 a の第 2 端子 6 3 b と、第 4 スイッチングモジュール Q 4 a の第 1 端子 6 4 a と、クランプダイオードモジュール D C M a の第 2 端子 6 5 b とに接続され、これら端子 6 3 b, 6 4 a, 6 5 b を電氣的に接続している。なお、第 2 接続バス 7 4 および第 2 接続バス 7 4 に取り付けられる第 2 絶縁部材 8 5 については、詳しく後述する。

[0048] 正極バス 7 5 は、正極本体部 7 5 a と、正極連結部 7 5 b とを有する。正極本体部 7 5 a は、X 方向および Y 方向に沿う板状に形成されている（図 5 参照）。正極本体部 7 5 a は、コンバータ 1 2 の第 1 スイッチングモジュール Q 1 a の第 1 端子 6 1 a と、インバータ 1 3 の第 1 スイッチングモジュール Q 1 b の第 1 端子 6 1 a とに接続され、これら端子 6 1 a, 6 1 a を電氣的に接続している。正極連結部 7 5 b は、第 1 コンデンサ C 1（図 2 参照）が電氣的に接続されている正極 P に電氣的に接続されている。

[0049] 負極バス 7 6 は、負極本体部 7 6 a と、負極連結部 7 6 b とを有する。負極本体部 7 6 a は、X 方向および Y 方向に沿う板状に形成されている（図 5 参照）。負極本体部 7 6 a は、コンバータ 1 2 の第 4 スイッチングモジュール Q 4 a の第 2 端子 6 4 b と、インバータ 1 3 の第 4 スイッチングモジュール

ルQ 4 bの第2端子6 4 bとに接続され、これら端子6 4 b, 6 4 bを電氣的に接続している。負極連結部7 6 bは、第2コンデンサC 2 (図2参照)が電氣的に接続されている負極Nに電氣的に接続されている。

[0050] 中性点バス7 7は、中性点本体部7 7 aと、中性点連結部7 7 bとを有する。中性点本体部7 7 aは、X方向およびY方向に沿う板状に形成されている。中性点本体部7 7 aは、正極本体部7 5 a、負極本体部7 6 a、および接続バス7 3, 7 4, 7 8, 7 9に対して+Z方向側に配置され、正極本体部7 5 a、負極本体部7 6 a、および接続バス7 3, 7 4, 7 8, 7 9との間に絶縁距離を確保するための隙間を空けて、正極本体部7 5 a、負極本体部7 6 a、および接続バス7 3, 7 4, 7 8, 7 9にZ方向で重なる。ただし、正極本体部7 5 a、負極本体部7 6 a、および接続バス7 3, 7 4, 7 8, 7 9と、中性点本体部7 7 aとの間は、空間絶縁に限らず、バリア絶縁でもよい。中性点本体部7 7 aは、コンバータ1 2のクランプダイオードモジュールDCM aの第3端子6 5 cと、インバータ1 3のクランプダイオードモジュールDCM bの第3端子6 5 cとに電氣的に接続され、これら端子6 5 c, 6 5 cを電氣的に接続している。中性点本体部7 7 aは、例えば、導電性スペーサ1 6 1を介して端子6 5 c, 6 5 cに電氣的に接続される。なお、中性点本体部7 7 aと端子6 5 c, 6 5 cとの接続構造は、導電性スペーサ1 6 1を用いる構造に限定されず、プレス加工によって導電性スペーサ1 6 1に相当する曲げ部が中性点本体部7 7 aに設けられてもよい。中性点連結部7 7 bは、第1および第2のコンデンサC 1, C 2 (図2参照)が電氣的に接続されている中性点Cに電氣的に接続されている。

[0051] 第3接続バス7 8は、第1スイッチングモジュールQ 1 bの第2端子6 1 bと、第2スイッチングモジュールQ 2 bの第1端子6 2 aと、クランプダイオードモジュールDCM bの第1端子6 5 aとに接続され、これら端子6 1 b, 6 2 a, 6 5 aを電氣的に接続している。第3接続バス7 8は、第1接続バス7 3と略同じ形状および機能を有する。このため、重複する説明は省略する。

- [0052] 第4接続バス79は、第3スイッチングモジュールQ3bの第2端子63bと、第4スイッチングモジュールQ4bの第1端子64aと、クランプダイオードモジュールDCMbの第2端子65bとに接続され、これら端子63b, 64a, 65bを電氣的に接続している。第4接続バス79は、第2接続バス74と略同じ形状および機能を有する。このため、重複する説明は省略する。
- [0053] 第2端子バス80は、第2スイッチングモジュールQ2bの第2端子62bと、第3スイッチングモジュールQ3bの第1端子63aとに接続されている。第2端子バス80は、負荷Lに電氣的に接続される。
- [0054] 図6は、電力変換ユニットPUAに含まれる構成要素の電気接続関係を示す図である。なお、図6に示す電気接続関係は、バス71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80に関する説明のなかで上述したとおりなので、ここでの重複する説明は省略する。なお以下の説明では、説明の便宜上、スイッチングモジュールQ1a, Q2a, Q3a, Q4aおよびクランプダイオードモジュールDCMaを、スイッチングモジュールQ1, Q2, Q3, Q4およびクランプダイオードモジュールDCMとそれぞれ称する場合がある。また、クランプダイオードDC1a, DC2aを、クランプダイオードDC1, DC2とそれぞれ称する場合がある。
- [0055] 次に、本実施形態の第1接続バス73および第2接続バス74について詳しく説明する。図7は、接続バス73, 74およびモジュールQ1, Q2, Q3, Q4, DCMを示す斜視図である。なお図7では、接続バス73, 74に取り付けられる絶縁部材84, 85の図示を省略している。
- [0056] まず、第1接続バス73について説明する。第1接続バス73は、「第1バス」の一例である。第1接続バス73は、例えば、第1主部73aと、第1起立部73bとを有する。
- [0057] 第1主部73aは、X方向およびY方向に沿う板状に形成されている。第1主部73aは、X方向で、第2スイッチングモジュールQ2から、クランプダイオードモジュールDCMと重なる領域を通して、第1スイッチングモ

ジュールQ 1まで延びている。詳しく述べると、第1主部73aは、第1部分73aa、第2部分73ab、および第3部分73acを有する。第1部分73aaは、第1主部73aのX方向の一端部に位置し、第2スイッチングモジュールQ 2のパッケージ62にZ方向で重なる。第2部分73abは、第1主部73aのX方向の他端部に位置し、第1スイッチングモジュールQ 1のパッケージ61にZ方向で重なる。第3部分73acは、X方向において第1部分73aaと第2部分73abとの間に位置し、クランプダイオードモジュールDCMのパッケージ65にZ方向で重なる。

[0058] 第1主部73aは、第1スイッチングモジュールQ 1の第2端子61b、第2スイッチングモジュールQ 2の第1端子62a、およびクランプダイオードモジュールDCMの第1端子65aに接続され、これら端子61b、62a、65aを電氣的に接続している。本実施形態では、第1主部73aは、Y方向に比較的大きな幅を有する。これにより、例えば第1接続バス73の連続的な最大許容電流容量が高められるとともに、低インダクタンス化が図られている。

[0059] ここで、第2スイッチングモジュールQ 2のパッケージ62は、第3スイッチングモジュールQ 3に面した縁部e1を有する。縁部e1は、「第1縁部」の一例である。縁部e1は、第2スイッチングモジュールQ 2のなかで、最も+Y方向側に位置した部分である。そして、第1主部73aの第1部分73aaは、第2スイッチングモジュールQ 2の縁部e1よりも第3スイッチングモジュールQ 3の近くまで延びた延長部（張出部）73eを有する。なお、「第1部分73aaは、第2スイッチングモジュールQ 2の縁部e1よりも第3スイッチングモジュールQ 3の近くまで延びた延長部73eを有する」とは、第1部分73aaの一部が第2スイッチングモジュールQ 2の縁部e1を超えて+Y方向側にはみ出すことを意味する。

[0060] 第1起立部73bは、第1主部73aの+Y方向側の端部に設けられて、第1主部73aに対して起立している。本明細書で「起立する」とは、上方に向けて起立する場合に限定されず、第1主部73a（または第2主部74

a) が広がる方向とは異なる方向に起立する（例えば、折れ曲がるまたは盛り上がる）ことを広く意味する。また「起立する」とは、略垂直に起立する場合に限定されず、略垂直よりも小さいまたは大きい角度で起立する場合も含む。本実施形態では、第1起立部73bは、第1接続バス73を形成する板部材の一部が第1主部73aの端部で折り曲げられることで形成された折曲部（第1折曲部）である。第1起立部73bは、第1主部73aに対して+Z方向に起立している。例えば、第1起立部73bは、第1主部73aに対して略垂直に起立している。

[0061] 本実施形態では、第1起立部73bは、第1主部73aのなかで、第2部分73abおよび第3部分73acには設けられておらず、第1部分73aaのみに設けられている。本実施形態では、第1起立部73bは、第1部分73aaの延長部73eの+Y方向側の端部に設けられ、第2スイッチングモジュールQ2の縁部e1よりも第3スイッチングモジュールQ3の近くの位置（すなわち、第2スイッチングモジュールQ3の縁部e1からはみ出した位置）で、第1主部73aに対して起立している。

[0062] 第1起立部73bは、第1主部73aの+Y方向側の端部に沿って、X方向に延びている。例えば、第1起立部73bは、Z方向における起立量（折曲量）を一定に保ってX方向に延びている。

[0063] 次に、第2接続バス74について説明する。第2接続バス74は、「第2バス」の一例である。第2接続バス74は、例えば、第2主部74aと、第2起立部74bとを有する。

[0064] 第2主部74aは、X方向およびY方向に沿う板状に形成されている。第2主部74aは、X方向で、第3スイッチングモジュールQ3から、クランプダイオードモジュールDCMと重なる領域を通して、第4スイッチングモジュールQ4まで延びている。詳しく述べると、第2主部74aは、第1部分74aa、第2部分74ab、および第3部分74acを有する。第1部分74aaは、第2主部74aのX方向の一端部に位置し、第3スイッチングモジュールQ3のパッケージ63にZ方向で重なる。第2部分74abは

、第2主部74aのX方向の他端部に位置し、第4スイッチングモジュールQ4のパッケージ64にZ方向で重なる。第3部分74acは、X方向において第1部分74aaと第2部分74abとの間に位置し、クランプダイオードモジュールDCMのパッケージ65にZ方向で重なる。

[0065] 第2主部74aは、第3スイッチングモジュールQ3の第2端子63b、第4スイッチングモジュールQ4の第1端子64a、およびクランプダイオードモジュールDCMの第2端子65bに接続され、これら端子63b、64a、65bを電氣的に接続している。本実施形態では、第2主部74aは、Y方向に比較的大きな幅を有する。これにより、例えば第2接続バス74の連続的な最大許容電流容量が高められるとともに、低インダクタンス化が図られている。

[0066] ここで、第3スイッチングモジュールQ3のパッケージ63は、第2スイッチングモジュールQ2に面した縁部e2を有する。縁部e2は、「第2縁部」の一例である。縁部e2は、第3スイッチングモジュールQ3のなかで、最も-Y方向側に位置した部分である。そして、第2主部74aの第1部分74aaは、第3スイッチングモジュールQ3の縁部e2よりも第2スイッチングモジュールQ2の近くまで延びた延長部（張出部）74eを有する。なお、「第1部分74aaは、第3スイッチングモジュールQ3の縁部e2よりも第2スイッチングモジュールQ2の近くまで延びた延長部74eを有する」とは、第1部分74aaの一部が第3スイッチングモジュールQ3の縁部e2を超えて-Y方向側にはみ出すことを意味する。

[0067] 第2起立部74bは、第2主部74aの-Y方向側の端部に設けられて、第2主部74aに対して起立している。本実施形態では、第2起立部74bは、第2接続バス74を形成する板部材の一部が第2主部74aの端部で折り曲げられることで形成された折曲部（第2折曲部）である。第2起立部74bは、第2主部74aに対して+Z方向に起立している。例えば、第2起立部74bは、第2主部74aに対して略垂直に起立している。

[0068] 本実施形態では、第2起立部74bは、第2主部74aのなかで、第2部

分 7 4 a b および第 3 部分 7 4 a c には設けられておらず、第 1 部分 7 4 a a の端部に設けられている。例えば、第 2 起立部 7 4 b は、第 1 部分 7 4 a a の延長部 7 4 e の - Y 方向の端部に設けられ、第 3 スイッチングモジュール Q 3 の縁部 e 2 よりも第 2 スイッチングモジュール Q 2 の近くの位置（すなわち、第 3 スイッチングモジュール Q 3 の縁部 e 2 からはみ出した位置）で、第 2 主部 7 4 a に対して起立している。

[0069] 第 2 起立部 7 4 b は、第 2 主部 7 4 a - Y 方向側の端部に沿って、X 方向に延びている。例えば、第 2 起立部 7 4 b は、Z 方向における起立量（折曲量）を一定に保って X 方向に延びている。

[0070] 本実施形態では、第 1 接続バス 7 3 の第 1 起立部 7 3 b と、第 2 接続バス 7 4 の第 2 起立部 7 4 b とは、互いに略同じ形状を有し、Y 方向で互いに向かい合う。第 1 起立部 7 3 b と第 2 起立部 7 4 b との間には、隙間 g が形成されている。第 1 起立部 7 3 b および第 2 起立部 7 4 b は、X 方向における一定の距離に亘って、互いに略平行に配置されている。

[0071] 図 8 は、図 7 に示された構成要素の F 8 - F 8 に沿う断面図である。なお図 8 では、接続バス 7 3, 7 4 に取り付けられる絶縁部材 8 4, 8 5 の図示を省略している。

[0072] 図 8 に示すように、クランプダイオードモジュール DCM の第 3 端子 6 5 c は、第 3 端子 6 5 c の縁部のなかで第 2 スイッチングモジュール Q 2 および第 3 スイッチングモジュール Q 3 に最も近い縁部 e 3 を有する。縁部 e 3 は、「第 3 縁部」の一例である。

[0073] 第 1 接続バス 7 3 の第 1 主部 7 3 a は、第 2 スイッチングモジュール Q 2 の第 1 端子 6 2 a（または第 2 端子 6 2 b）から見て、X 方向で、クランプダイオードモジュール DCM の第 3 端子 6 5 c の縁部 e 3 よりも遠くに位置した第 1 領域 R 1 と、クランプダイオードモジュール DCM の第 3 端子 6 5 c の縁部 e 3 よりも近くに位置した第 2 領域 R 2 とを有する。そして、第 1 起立部 7 3 b は、第 1 領域 R 1 には設けられておらず、第 2 領域 R 2 の少なくとも一部に設けられている。

[0074] 同様に、第2接続バス74の第2主部74aは、第3スイッチングモジュールQ3の第2端子63b（または第1端子63a）から見て、X方向で、クランプダイオードモジュールDCMの第3端子65cの縁部e3よりも遠くに位置した第1領域R3と、クランプダイオードモジュールDCMの第3端子65cの第3縁部e3よりも近くに位置した第2領域R4とを有する。そして、第2起立部74bは、第1領域R3には設けられておらず、第2領域R4の少なくとも一部に設けられている。これにより、特別な絶縁構造を設けることなく、第1および第2の起立部73b、74bとクランプダイオードモジュールDCMの第3端子65cとの間の絶縁性を確実に確保することができる。

[0075] また別の観点でみると、第1接続バス73の第1主部73aは、Z方向で中性点バス77に覆われる領域r1と、Z方向で中性点バス77に覆われない領域r2とを有する。そして、第1起立部73bは、第1主部73aのなかで中性点バス77に覆われる領域r1には設けられておらず、第1主部73aのなかで中性点バス77に覆われない領域r2の少なくとも一部に設けられている。同様に、第2接続バス74の第1主部74aは、Z方向で中性点バス77に覆われる領域r3と、Z方向で中性点バス77に覆われない領域r4とを有する。そして、第2起立部74bは、第2主部74aのなかで中性点バス77に覆われる領域r3には設けられておらず、第2主部74aのなかで中性点バス77に覆われない領域r4の少なくとも一部に設けられている。これにより、第1および第2の起立部73b、74bと中性点バス77との干渉を避けることができ、装置の小型化を図ることができる。

[0076] なお、図8中において、寸法W1は、Y方向における第1主部73aの第1部分73aaの幅である。寸法W2は、Y方向における第1主部73aの第2部分73abの幅であり、且つ、Y方向における第1主部73aの第3部分73acの幅である。寸法L1は、X方向における第1起立部73bの長さである。寸法L2は、X方向における第1接続バス73の長さ（全長）である。寸法W1、W2、L1、L2の一例については後述する。第2接続

バス 7 4 の形状は、互いに線対称であることを除き、第 1 接続バス 7 3 の形状と略同じである。このため、第 2 接続バス 7 4 の各寸法は、第 1 接続バス 7 3 の各寸法と同じ符号を用いて表す。

[0077] 図 9 は、図 7 に示された構成要素の F 9—F 9 に沿う断面図である。ここでは、第 1 起立部 7 3 b の起立量 H について説明する。本実施形態では、Z 方向における第 1 起立部 7 3 b の起立量 H は、Y 方向における第 1 主部 7 3 a の幅（例えば、第 1 部分 7 3 a a の幅 W 1）よりも小さい。別の観点で見ると、Z 方向における第 1 起立部 7 3 b の起立量 H は、Y 方向における第 1 主部 7 3 a の最小幅（例えば、第 2 部分 7 3 a b または第 3 部分 7 3 a c の幅 W 2）よりも小さい。第 1 起立部 7 3 b の起立量 H は、例えば、10 mm 以下に設定される。本実施形態では、第 1 起立部 7 3 b の起立量 H は、10 mm である。

[0078] 同様に、Z 方向における第 2 起立部 7 4 b の起立量 H は、Y 方向における第 2 主部 7 4 a の幅（例えば、第 1 部分 7 4 a a の幅 W 1）よりも小さい。別の観点で見ると、Z 方向における第 2 起立部 7 4 b の起立量 H は、Y 方向における第 1 主部 7 4 a の最小幅（例えば、第 2 部分 7 4 a b または第 3 部分 7 4 a c の幅 W 2）よりも小さい。第 1 起立部 7 4 b の起立量 H は、例えば、10 mm 以下に設定される。本実施形態では、第 1 起立部 7 4 b の起立量 H は、10 mm である。

[0079] 次に、第 1 接続バス 7 3 と第 2 接続バス 7 4 との間に配置される絶縁部材 8 4, 8 5 について説明する。本実施形態では、コンバータ 1 2 は、第 1 および第 2 の絶縁部材 8 4, 8 5 を有する。第 1 および第 2 の絶縁部材 8 4, 8 5 の各々の少なくとも一部は、第 1 起立部 7 3 b と第 2 起立部 7 4 b との間に配置される。これにより、第 1 起立部 7 3 b と第 2 起立部 7 4 b との間の絶縁性が高められている。

[0080] 詳しく述べると、第 1 起立部 7 3 b は、第 2 起立部 7 4 b に面する対向面 S 1 を有する。第 1 絶縁部材 8 4 は、第 1 起立部 7 3 b の対向面 S 1 に不図示の固定部材により固定されている。同様に、第 2 起立部 7 4 b は、第 1 起

立部 7 3 b に面する対向面 S 2 を有する。第 2 絶縁部材 8 5 は、第 2 起立部 7 4 b の対向面 S 2 に不図示の固定部材により固定されている。第 1 および第 2 の絶縁部材 8 4, 8 5 は、X 方向において、第 1 起立部 7 3 b および第 2 起立部 7 4 b の略全長に亘って設けられている（図 4 参照）。第 1 および第 2 の絶縁部材 8 4, 8 5 の各々は、例えば絶縁紙であるが、合成樹脂製の絶縁シートなどでもよい。なお、コンバータ 1 2 は、第 1 および第 2 の絶縁部材 8 4, 8 5 を有することに代えて、第 1 起立部 7 3 b と第 2 起立部 7 4 b との間に挟まれる 1 つの絶縁部材を有してもよい。

[0081] 次に、本実施形態の電力変換ユニット P U A の作用について説明する。電力変換ユニット P U A の入力変圧器 5 側からコンバータ 1 2 に電流が流れ込む場合において、第 1 スイッチング素子 S W 1 a および第 4 スイッチング素子 S W 4 a がオフ状態で、第 3 スイッチング素子 S W 3 a がオン状態であるとする。この場合、図 1 0 の実線で示されるように、電流は第 1 端子バス 7 2 から、第 3 スイッチング素子 S W 3 a を通過し、第 2 接続バス 7 4 を経由して、第 2 クランプダイオード D C 2 a を流れ中性点バス 7 7 を経由して中性点 C に流れる。この状態から、第 3 スイッチング素子 S W 3 a をオフ状態に移行させることを想定する。第 3 スイッチング素子 S W 3 a のオフ状態への移行過程（ターンオフ過程と呼ぶ）においては、第 3 スイッチング素子 S W 3 a の電流が減少すると、その電流の減少分は、第 1 端子バス 7 2 から、第 2 還流ダイオード D F 2 a を通過し、第 1 接続バス 7 3 を経由して、第 1 還流ダイオード D F 1 a を流れ正極バス 7 5 を経由して正極 P に流れるようになる（図 1 0 中の破線の矢印参照）。即ち、転流を開始する。

[0082] この場合、図 5 に示すように、第 3 スイッチング素子 S W 3 a のターンオフ過程において、電流は、第 3 スイッチングモジュール Q 3 a から、第 2 接続バス 7 4 を通り、クランプダイオードモジュール D C M a に流れる（図 5 中の矢印 A 2）。このとき、第 2 接続バス 7 4 を流れる電流の一部は、第 2 起立部 7 4 b を + X 方向に流れている。また、電流は、第 2 スイッチングモジュール Q 2 a から、第 1 接続バス 7 3 を通り、第 1 スイッチングモジュール Q 1 a に流れる。

ルQ 1 aに流れる（図5中の矢印A 1）。このとき、第1接続バス7 3を流れる電流の一部は、第1起立部7 3 bを+ X方向に流れる。

[0083] 上記の場合、第1接続バス7 3の第1起立部7 3 bを流れる電流の向きと、第2接続バス7 4の第2起立部7 4 bを流れる電流の向きとは、互いに略同じである。その結果、第3スイッチング素子SW 3 aのターンオフ過程において、第1および第2の接続バス7 3, 7 4の近傍での磁束の変化が比較的小さくなる。即ち、第1接続バス7 3の第1起立部7 3 bと第2接続バス7 4の第2起立部7 4 bが近接して向かい合うことによる磁気的な結合により、第1および第2の接続バス7 3, 7 4の近傍での磁束の変化が比較的小さくなる。よって、第3スイッチング素子SW 3 aのターンオフ過程で発生するサージ電圧の低減を図ることができる。なお、最終的には第3スイッチング素子SW 3 aを流れる電流がなくなり、第1端子バス7 2から流れる電流は、第2還流ダイオードDF 2 aを流れるようになる。

[0084] 以上では、コンバータ1 2の第3スイッチング素子SW 3 aのターンオフを例に第1起立部7 3 bおよび第2起立部7 4 bの作用を説明したが、コンバータ1 2の第2スイッチング素子SW 2 aや、インバータ1 3の第2および第3のスイッチング素子SW 2 b, SW 3 bについても略同じである。

[0085] 以上のような構成によれば、サージ電圧の低減を図ることができる。以下、この内容について説明する。図1 1は、電力変換ユニットPUAのコンバータ1 2（またはインバータ1 3）に関して、第1から第4のスイッチング素子SW 1 a, SW 2 a, SW 3 a, SW 4 aのターンオフ時に生じるサージ電圧（以下、「ターンオフサージ電圧」と称する）に寄与する配線ループP 1, P 2, P 3, P 4を示す図である。

[0086] 図1 1中の（a）は、第1スイッチング素子SW 1 aのターンオフサージ電圧に寄与する配線ループP 1を示す。この場合、配線ループP 1は、第1スイッチング素子SW 1 a、第1コンデンサC 1、第1クランプダイオードDC 1 aを通る比較的短い経路となる。

[0087] 図1 1中の（b）は、第2スイッチング素子SW 2 aのターンオフサージ

電圧に寄与する配線ループP 2を示す。この場合、配線ループP 2は、第2スイッチング素子SW 2 a、第3スイッチング素子SW 3 a、第4スイッチング素子SW 4 a、第2コンデンサC 2、第1クランプダイオードDC 1 aを通る比較的長い経路となる。

[0088] 図1 1中の(c)は、第3スイッチング素子SW 3 aのターンオフサージ電圧に寄与する配線ループP 3を示す。この場合、配線ループP 3は、第1スイッチング素子SW 1 a、第2スイッチング素子SW 2 a、第3スイッチング素子SW 3 a、第1コンデンサC 1、第2クランプダイオードDC 2 aを通る比較的長い経路となる。

[0089] 図1 1中の(d)は、第4スイッチング素子SW 4 aのターンオフサージ電圧に寄与する配線ループP 4を示す。この場合、配線ループP 4は、第4スイッチング素子SW 4 a、第2コンデンサC 2、第2クランプダイオードDC 2 aを通る比較的短い経路となる。

[0090] ここで、上記配線ループが長いほど配線インダクタンスの値が大きくなり、ターンオフサージ電圧が大きくなる。そのため、スイッチングモジュール素子SW 2 a、SW 3 aのターンオフサージ電圧は、スイッチングモジュールSW 1 a、SW 4 aのターンオフサージ電圧よりも大きくなりやすい。

[0091] そこで、本実施形態のドライブ装置1は以下の構成を有する。すなわち、ドライブ装置1は、第1から第4のスイッチングモジュールQ 1、Q 2、Q 3、Q 4と、第1および第2のクランプダイオードDC 1、DC 2と、第1および第2の接続バス7 3、7 4とを有する。第1から第4のスイッチングモジュールQ 1、Q 2、Q 3、Q 4の各々は、スイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有する。第1接続バス7 3は、第1主部7 3 aと、第1起立部7 3 bとを有する。第1主部7 3 aは、第1スイッチングモジュールQ 1の前記第2端子と第2スイッチングモジュールQ 2の前記第1端子とを電気

的に接続するとともに第1クランプダイオードDC1のカソードが電氣的に接続されている。第1起立部73bは、第1主部73aに対して起立している。第2接続バス74は、第2主部74aと、第2起立部74bとを有する。第2主部74aは、第3スイッチングモジュールQ3の前記第2端子と第4スイッチングモジュールQ4の前記第1端子とを電氣的に接続するとともに第2クランプダイオードDC2のアノードが電氣的に接続されている。第2起立部74bは、第2主部74aに対して起立し、第1起立部73bと向かい合う。

[0092] このような構成によれば、例えば、第2スイッチング素子SW2aまたは第3スイッチング素子SW3aのターンオフ過程で、第1接続バス73の第1起立部73bと第2接続バス74の第2起立部74bとに略同じ方向の電流が流れ、起立部73b、74bが存在しない場合に比べてターンオフ過程で磁束の変化が小さくなる。これにより、ターンオフサージ電圧の低減を図ることができる。また、第1起立部73bおよび第2起立部74bの存在によりX方向以外にバスの幅を延長することができるので、ストレイインダクタンスの低減によるサージ電圧低減の効果も期待できる。

[0093] 図12は、第3スイッチング素子SW3aのターンオフサージ電圧 ΔV_{ce} に関する実験結果の一例を示す図である。 ΔV_{ce} とはSW3aがターンオフしたときに、SW3aのコレクタとエミッタ間に印加されるサージ電圧から正極Pと負極N間の直流電圧の値を減算した値である。図12において、横軸はコレクタ電流 I_c の電流値を示し、縦軸は第3スイッチング素子SW3aのターンオフサージ電圧 ΔV_{ce} の値を示す。実験の条件1から条件4は、第1起立部73bと第2起立部74bとの間のY方向の隙間の幅をgとし、第1起立部73bおよび第2起立部74bの各々の起立量をHとした場合、以下のとおりである。

条件1 : $g = 20\text{ mm}$ 、 $H = 0\text{ mm}$ (起立部が存在しない)

条件2 : $g = 20\text{ mm}$ 、 $H = 10\text{ mm}$

条件3 : $g = 20\text{ mm}$ 、 $H = 20\text{ mm}$

条件4 : $g = 2 \text{ mm}$ 、 $H = 10 \text{ mm}$

[0094] 図12に示すように、第1起立部73bおよび第2起立部74bが設けられることで、ターンオフサージ電圧が低下することが確認できる。また図12によれば、第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間 g を小さくすると、ターンオフサージ電圧をより効果的に低減することができることが分かる。

[0095] 本実施形態では、第1接続バス73の第1起立部73bは、第2スイッチングモジュールQ2の縁部e1よりも第3スイッチングモジュールQ3の近くの位置で、第1主部73aに対して起立している。第2接続バス74の第2起立部74bは、第3スイッチングモジュールQ3の縁部e2よりも第2スイッチングモジュールQ2の近くの位置で、第2主部74aに対して起立している。このような構成によれば、第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間 g をより小さくすることができ、ターンオフサージ電圧のさらなる低減を図ることができる。

[0096] 本実施形態では、第1主部73aおよび第2主部74aは、X方向およびY方向に沿う板状に形成されている。第1主部73aおよび第2主部74aは、Z方向で第2スイッチングモジュールQ2のパッケージ62および第3スイッチングモジュールQ3のパッケージ63とそれぞれ重なる。第1起立部73bおよび第2起立部74bは、第1主部73aの端部および第2主部74aの端部からそれぞれZ方向に起立している。このような構成によれば、第2スイッチングモジュールQ2および第3スイッチングモジュールQ3に対する第1主部73aおよび第2主部74aの取り付けを容易に行うことができるとともに、第1起立部73bおよび第2起立部74bによりターンオフサージ電圧の低減を図ることができる。

[0097] 本実施形態では、Z方向における第1起立部73bの起立量は、Y方向における第1主部73aの幅よりも小さい。このような構成によれば、2スイッチングモジュールQ2から第1起立部73bが大きく突出することを抑制することができる。これにより、装置の小型化を図ることができる。

[0098] 本実施形態では、Z方向における第1起立部73bの起立量は、10mm以下である。このような構成によれば、電力変換ユニットPUAの小型化を図るとともに、ターンオフサージ電圧の低減を効果的に行うことができる。以下、この内容について説明する。

[0099] 図13は、第1および第2の起立部73b、74bの起立量Hと、第3スイッチング素子SW3aのターンオフサージ電圧との関係に関する実験結果の一例を示す図である。本実験の条件は、第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間gが20mm、直流成分による電圧VDCが1550V、図9中に示した各部の寸法は、W1が90mm、W2が70mm、L1が75mm、L2が200mmである。また図中の「I=350A」とは、ターンオフする時のコレクタ電流が350Aの場合、「I=680A」とは、コレクタ電流が680Aの場合、「I=850A」とは、ターンオフする時のコレクタ電流が850Aの場合、「I=1100A」とは、ターンオフする時のコレクタ電流が1100Aの場合を示す。

[0100] 図13に示すように、種々のコレクタ電流において、起立部73b、74bの起立量Hが10mm以下の場合、起立量Hが増えるほど、ターンオフサージ電圧が低下することが分かる。一方で、起立部73b、74bの起立量Hが10mmを超える場合、起立量Hが増えても、ターンオフサージ電圧が低下しないことが分かる。これは、第1接続バス73および第2接続バス74を流れる電流の大部分は、第1主部73aおよび第2主部74aを流れることができるため、第1起立部73bおよび第2起立部74bのなかで起立量Hが10mmを超えた先端部には、第1主部73aおよび第2主部74aから電流が入りにくいためと考えられる。このため、起立部73b、74bの起立量Hが10mm以下にすることで、ターンオフサージ電圧の効果的な低減と、装置の小型化との両立を図ることができる。

[0101] 本実施形態では、第2スイッチングモジュールQ2と、クランプダイオードモジュールDCMの少なくとも一部とは、X方向で並ぶ。そして、第1起立部73bおよび第2起立部74bの各々は、X方向に延びている。このよ

うな構成によれば、第2スイッチングモジュールQ2と第1クランプダイオードDC1との間で流れる電流の一部が第1起立部73bに入りやすくなる。同様に、第3スイッチングモジュールQ3と第2クランプダイオードDC2との間で流れる電流の一部が第2起立部74bに入りやすくなる。そのため、ターンオフサージ電圧のさらなる低減を図ることができる。

[0102] 次に、いくつかの変形例について説明する。なお、各変形例において、以下に説明する以外の構成は、上記実施形態の構成と同様である。

[0103] (第1変形例)

図14は、第1変形例に係る接続バス73, 74およびスイッチングモジュールQ2, Q3を示す断面図である。第1変形例では、第1起立部73bは、第1主部73aの端部から-Z方向に折れ曲っている。第2起立部74bは、第2主部74aの端部から-Z方向に折れ曲っている。第1起立部73bの少なくとも一部および第2起立部74bの少なくとも一部は、第2スイッチングモジュールQ2のパッケージ62と、第3スイッチングモジュールQ3のパッケージ63との間に位置する。

[0104] このような構成によれば、第2スイッチングモジュールQ2と、第3スイッチングモジュールQ3との間の空間を利用して、第1起立部73bおよび第2起立部74bが収容される。このため、第2スイッチングモジュールQ2および第3スイッチングモジュールQ3に対して+Z方向に第1起立部73bおよび第2起立部74bが大きく突出することが抑制される。これにより、装置の小型化を図ることができる。

[0105] (第2変形例)

図15は、第2変形例に係る接続バス73, 74およびスイッチングモジュールQ2, Q3を示す断面図である。第2変形例では、第1起立部73bは、第1主部73aの端部から+Z方向および-Z方向のそれぞれに起立したT形に形成されている。第2起立部74bは、第2主部74aの端部から+Z方向および-Z方向のそれぞれに起立したT形に形成されている。本実施形態では、第1起立部73bの少なくとも一部および第2起立部74bの

少なくとも一部は、第2スイッチングモジュールQ2のパッケージ62と、第3スイッチングモジュールQ3のパッケージ63との間に位置する。

[0106] このような構成によれば、第2スイッチングモジュールQ2と、第3スイッチングモジュールQ3との間の空間を利用して、第1起立部73bおよび第2起立部74bのそれぞれ一部が収容される。これにより、装置の小型化を図ることができる。また本変形例の構成によれば、第1起立部73bと第2起立部74bの対向面積を大きくすることができる。これにより、ターンオフ過程における第1接続バス73aおよび第2接続バス74b周辺の磁束の変化をより効果的に小さくし、ターンオフサージ電圧のさらなる低減を図ることができる場合がある。

[0107] (第3変形例)

図16は、第3変形例に係る接続バス73、74およびスイッチングモジュールQ2、Q3を示す断面図である。第3変形例では、第1起立部73bは、第1部分73baと、第2部分73bbとを有する。第1部分73baは、第1主部73aの+Y方向の端部から+Z方向に折り曲げられている。第2部分73bbは、第1主部73aと略平行になるように第1部分73baの+Z方向の端部から-Y方向にさらに折り曲げられている。

[0108] 第1絶縁部材84は、第1起立部73bの第1部分73baに面する第1部分84aと、第1起立部73bの第2部分73bbに面する第2部分84bとを有する。第2部分84bは、X方向およびY方向に沿う。そして、第1絶縁部材84は、この第1絶縁部材84の第2部分84bが第1起立部73bの第2部分73bbに取り付けられることで、第1起立部73bに固定されている。第1絶縁部材84の第2部分84bは、例えば固定部材86によって第1起立部73bの第2部分73bbに固定される。固定部材86は、例えばZ方向に延びたビスであり、第1絶縁部材84に対してZ方向で取り付けられることで、第1絶縁部材84を第1起立部73bに固定する。

[0109] 同様に、第2起立部74bは、第1部分74baと、第2部分74bbとを有する。第1部分74baは、第2主部74aの-Y方向の端部から+Z

方向に折り曲げられている。第2部分74bbは、第2主部74aと略平行になるように第1部分74baの+Z方向の端部から+Y方向にさらに折り曲げられている。

[0110] 第2絶縁部材85は、第2起立部74bの第1部分74baに面する第1部分85aと、第2起立部74bの第2部分74bbに面する第2部分85bとを有する。第2部分85bは、X方向およびY方向に沿う。そして、第2絶縁部材85は、この第2絶縁部材85の第2部分85bが第2起立部74bの第2部分74bbに取り付けられることで、第2起立部74bに固定されている。第2絶縁部材85の第2部分85bは、例えば固定部材86によって第2起立部74bの第2部分74bbに固定される。固定部材86は、例えばZ方向に延びたビスであり、第2絶縁部材85に対してZ方向で取り付けられることで、第2絶縁部材85を第2起立部74bに固定する。

[0111] このような構成によれば、Z方向に沿って固定部材86を取り付けることができ、固定部材86の頭部などが第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間gに存在しない。このため、固定部材86の一部が第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間gに存在する場合に比べて、第1起立部73bと第2起立部74bとの間の隙間gを小さくすることができる。これにより、ターンオフサージ電圧のさらなる低減を図ることができる。また本変形例の構成によれば、比較的空間に余裕があるZ方向から固定部材86を取り付けることができ、装置の組立性の向上を図ることもできる。

[0112] (第4変形例)

図17は、第4変形例に係る接続バス73, 74およびスイッチングモジュールQ2, Q3を示す断面図である。第4変形例では、第1主部73aは、板部材91で形成されている。そして、第1起立部73bは、板部材91の端部に取り付けられた導電部材92で形成されている。導電部材92は、例えば、直方体状のブロック部材である。同様に、第2主部74aは、別の板部材91で形成されている。そして、第2起立部74bは、板部材91の端部に取り付けられた別の導電部材92で形成されている。

[0113] このような構成によっても、ターンオフの前後の磁束の変化を小さくし、ターンオフサージ電圧の低下を図ることができる。なお、導電部材 9 2 は、ブロック部材に限定されず、L 字形の断面を有する板部材などでもよい。

[0114] (第 5 変形例)

図 1 8 は、第 5 変形例に係る接続バス 7 3, 7 4 およびスイッチングモジュール Q 2, Q 3 を示す断面図である。第 5 変形例では、第 1 起立部 7 3 b は、上述した実施形態と同様に、第 1 接続バス 7 3 を形成する板部材の一部が折り曲げられることで形成されている。一方で、第 2 起立部 7 4 b は、第 4 変形例と同様に、導電部材 9 2 が板部材 9 1 に取り付けられることで形成されている。

[0115] 第 5 変形例では、第 2 起立部 7 4 b に絶縁部材 8 5 が取り付けられるとともに、第 1 起立部 7 3 b に取り付けられる絶縁部材 8 4 は省略されている。絶縁部材 8 5 は、第 1 部分 8 5 a、第 2 部分 8 5 b、および第 3 部分 8 5 c を有する。第 1 部分 8 5 a は、導電部材 9 2 の対向面 S 2 に重なる。第 2 部分 8 5 b は、+Z 方向側から導電部材 9 2 に重なる。第 3 部分 8 5 c は、-Z 方向側から板部材 9 1 に重なる。

[0116] 本変形例では、固定部材 8 6 は、導電部材 9 2 を板部材 9 1 に固定する固定部材である。固定部材 8 6 は、例えば、絶縁部材 8 5 の第 2 部分 8 5 b、導電部材 9 2、板部材 9 1、および絶縁部材 8 5 の第 3 部分 8 5 c を Z 方向に貫通し、絶縁部材 8 5、導電部材 9 2、および板部材 9 1 を一体に固定している。なお本変形例において、第 1 起立部 7 3 b も、第 2 起立部 7 4 b と同様の構成を有してもよい。

[0117] このような構成によれば、導電部材 9 2 を板部材 9 1 に固定する固定部材 8 6 によって、絶縁部材 8 5 が導電部材 9 2 に固定される。これにより、導電部材 9 2 を板部材 9 1 に固定する固定部材とは別に、絶縁部材 8 5 を導電部材 9 2 に固定する固定部材が設けられる場合に比べて、装置の製造工数を減らすことができ、製造コストの削減を図ることができる。また、本変形例の構成によれば、第 3 変形例と同様に、固定部材 8 6 の一部が第 1 起立部 7

3 bと第2起立部7 4 bとの間の隙間gに存在しない。このため、固定部材8 6の一部が第1起立部7 3 bと第2起立部7 4 bとの間の隙間gに存在する場合に比べて、第1起立部7 3 bと第2起立部7 4 bとの間の隙間gを小さくすることができる。これにより、ターンオフサージ電圧のさらなる低減を図ることができる。また本変形例の構成によれば、比較的空間に余裕があるZ方向から固定部材8 6を取り付けることができ、装置の組立性の向上を図ることもできる。

[0118] 以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、電力変換装置は、第1から第4のスイッチングモジュールと、第1および第2のクランプダイオードと、第1および第2のバスとを備えている。前記第1バスは、第1主部と、前記第1主部に設けられた第1起立部とを有する。前記第1主部は、前記第1スイッチングモジュールと前記第2スイッチングモジュールとを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードが電氣的に接続されている。前記第1起立部は、前記第1主部の端部に設けられている。前記第2バスは、第2主部と、前記第2主部に設けられた第2起立部とを有する。前記第2主部は、前記第3スイッチングモジュールと前記第4スイッチングモジュールとを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードが電氣的に接続されている。前記第2起立部は、前記第2主部の端部に設けられ、前記第1バスの第1起立部と向かい合う。このような構成によれば、サージ電圧の低減を図ることができる

[0119] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0120] 1…ドライブ装置（電力変換装置）、6…単相セルユニット、12…コン

バータ、13…インバータ、61, 62, 63, 64, 65…パッケージ、
61a, 62a, 63a, 64a…第1端子、61b, 62b, 63b, 64b…第2端子、73…第1接続バス（第1バス）、73a…第1主部、73b…第1起立部、74…第2接続バス（第2バス）、74a…第2主部、74b…第2起立部、84, 85…絶縁部材、86…固定部材、Q1a, Q1b…第1スイッチングモジュール、Q2a, Q2b…第2スイッチングモジュール、Q3a, Q3b…第3スイッチングモジュール、Q4a, Q4b…第4スイッチングモジュール、DC1a, DC1b…第1クランプダイオード、DC2a, DC2b…第2クランプダイオード。

請求の範囲

[請求項1]

中性点クランプ型の電力変換装置であって、

正極から負極に向けて第1スイッチングモジュール、第2スイッチングモジュール、第3スイッチングモジュール、および第4スイッチングモジュールの順で互いに電氣的に直列に接続され、それぞれスイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有し、前記第2スイッチングモジュールのパッケージと前記第3スイッチングモジュールのパッケージとが互いに隣り合わせに配置された第1から第4のスイッチングモジュールと、

前記電力変換装置の中性点にアノードが電氣的に接続された第1クランプダイオードと、

前記電力変換装置の中性点にカソードが電氣的に接続された第2クランプダイオードと、

前記第1スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第2スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードのカソードが電氣的に接続された第1主部と、前記第1主部の端部に設けられて前記第1主部に対して起立した第1起立部とを有した第1バスと、

前記第3スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第4スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードのアノードが電氣的に接続された第2主部と、前記第2主部の端部に設けられて前記第2主部に対して起立し、前記第1バスの第1起立部と向かい合う第2起立部とを有した第2バスと、

を備えた電力変換装置。

[請求項2] 前記第2スイッチングモジュールのパッケージは、前記第3スイッチングモジュールに面した第1縁部を有し、

前記第1ブスの第1主部は、前記第2スイッチングモジュールの第1縁部よりも前記第3スイッチングモジュールの近くまで延びており、

前記第1ブスの第1起立部は、前記第2スイッチングモジュールの第1縁部よりも前記第3スイッチングモジュールの近くの位置で、前記第1主部に対して起立しており、

前記第3スイッチングモジュールのパッケージは、前記第2スイッチングモジュールに面した第2縁部を有し、

前記第2ブスの第2主部は、前記第3スイッチングモジュールの第2縁部よりも前記第2スイッチングモジュールの近くまで延びており、

前記第2ブスの第2起立部は、前記第3スイッチングモジュールの第2縁部よりも前記第2スイッチングモジュールの近くの位置で、前記第2主部に対して起立している、

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項3] 前記第2スイッチングモジュールと前記第3スイッチングモジュールとは第1方向で隣り合い、

前記第1主部および前記第2主部は、前記第1方向に沿う板状に形成されるとともに、前記第1方向とは異なる第2方向で前記第2スイッチングモジュールのパッケージおよび前記第3スイッチングモジュールのパッケージとそれぞれ重なり、

前記第1起立部および前記第2起立部は、前記第1主部の端部および前記第2主部の端部からそれぞれ前記第2方向と略平行に起立している、

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記第2方向における前記第1起立部の起立量は、前記第1方向に

おける前記第 1 主部の幅よりも小さい、

請求項 3 に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記第 2 方向における前記第 1 起立部の起立量は、10 mm 以下である、

請求項 4 に記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記第 1 クランプダイオードと、前記第 1 クランプダイオードを収容したパッケージとを有したクランプダイオードモジュールを備え、
前記第 2 スイッチングモジュールと、前記クランプダイオードモジュールの少なくとも一部とは、前記第 1 方向および前記第 2 方向とは異なる第 3 方向で並び、

前記第 1 起立部および前記第 2 起立部の各々は、前記第 3 方向に延びている、

請求項 3 に記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記クランプダイオードモジュールは、前記第 1 クランプダイオードのアノードに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第 3 端子を有し、前記第 3 端子は、前記第 3 端子の縁部のなかで前記第 2 スイッチングモジュールに最も近い第 3 縁部を有し、

前記第 1 ブスの第 1 主部は、前記第 2 スイッチングモジュールの第 1 端子から見て、前記第 3 方向において、前記クランプダイオードモジュールの前記第 3 端子の第 3 縁部よりも遠くに位置した第 1 領域と、前記クランプダイオードモジュールの前記第 3 端子の第 3 縁部よりも近くに位置した第 2 領域とを有し、

前記第 1 ブスの第 1 起立部は、前記第 1 領域には設けられておらず、前記第 2 領域の少なくとも一部に設けられた、

請求項 6 に記載の電力変換装置。

[請求項8] 少なくとも前記第 1 クランプダイオードのアノードが電氣的に接続された中性点ブスをさらに備え、

前記第 1 主部は、前記中性点ブ스에覆われる領域と、前記中性点ブ

スに覆われない領域とを有し、

前記第 1 起立部は、前記第 1 主部のなかで前記中性点バスに覆われる領域には設けられておらず、前記第 1 主部のなかで前記中性点バスに覆われない領域の少なくとも一部に設けられた、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記第 1 起立部は、前記第 1 主部の端部から折り曲げられた第 1 折曲部であり、

前記第 2 起立部は、前記第 2 主部の端部から折り曲げられた第 2 折曲部である、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項10] 前記第 1 折曲部と前記第 2 折曲部との間に少なくとも一部が配置された絶縁部材をさらに備え、

前記第 1 折曲部は、前記第 1 主部の端部から折り曲げられた第 1 部分と、前記第 1 主部と略平行になるように前記第 1 部分の端部からさらに折り曲げられた第 2 部分とを有し、

前記絶縁部材は、前記第 1 折曲部の第 2 部分に固定されている、

請求項 9 に記載の電力変換装置。

[請求項11] 前記第 1 主部および前記第 2 主部の少なくとも一方は、板部材で形成されており、

前記第 1 起立部および前記第 2 起立部の少なくとも一方は、前記板部材の端部に取り付けられた導電部材で形成されている、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項12] 前記導電部材を前記板部材に固定する固定部材と、

前記第 1 起立部と前記第 2 起立部との間に少なくとも一部が配置された絶縁部材と、

をさらに備え、

前記絶縁部材は、前記固定部材によって前記導電部材に固定されている、

請求項 1 1 に記載の電力変換装置。

補正された請求の範囲
[2019年1月23日(23.01.2019)国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項2] (補正後) 中性点クランプ型の電力変換装置であって、

正極から負極に向けて第1スイッチングモジュール、第2スイッチングモジュール、第3スイッチングモジュール、および第4スイッチングモジュールの順で互いに電氣的に直列に接続され、それぞれスイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有し、前記第2スイッチングモジュールのパッケージと前記第3スイッチングモジュールのパッケージとが互いに隣り合わせに配置された第1から第4のスイッチングモジュールと、

前記電力変換装置の中性点にアノードが電氣的に接続された第1クランプダイオードと、

前記電力変換装置の中性点にカソードが電氣的に接続された第2クランプダイオードと、

前記第1スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第2スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードのカソードが電氣的に接続された第1主部と、前記第1主部の端部に設けられて前記第1主部に対して起立した第1起立部とを有した第1ブスと、

前記第3スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第4スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードのアノードが電氣的に接続された第2主部

と、前記第2主部の端部に設けられて前記第2主部に対して起立し、前記第1ブスの第1起立部と向かい合う第2起立部とを有した第2バスと、

を備え、

前記第2スイッチングモジュールのパッケージは、前記第3スイッチングモジュールに面した第1縁部を有し、

前記第1ブスの第1主部は、前記第2スイッチングモジュールの第1縁部よりも前記第3スイッチングモジュールの近くまで延びており、

前記第1ブスの第1起立部は、前記第2スイッチングモジュールの第1縁部よりも前記第3スイッチングモジュールの近くの位置で、前記第1主部に対して起立しており、

前記第3スイッチングモジュールのパッケージは、前記第2スイッチングモジュールに面した第2縁部を有し、

前記第2ブスの第2主部は、前記第3スイッチングモジュールの第2縁部よりも前記第2スイッチングモジュールの近くまで延びており、

前記第2ブスの第2起立部は、前記第3スイッチングモジュールの第2縁部よりも前記第2スイッチングモジュールの近くの位置で、前記第2主部に対して起立している、

電力変換装置。

〔請求項3〕（削除）

〔請求項4〕（削除）

〔請求項5〕（削除）

〔請求項6〕（削除）

〔請求項7〕（補正後）中性点クランプ型の電力変換装置であって、

正極から負極に向けて第1スイッチングモジュール、第2スイッチングモジュール、第3スイッチングモジュール、および第4スイッチ

ングモジュールの順で互いに電氣的に直列に接続され、それぞれスイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有し、前記第2スイッチングモジュールのパッケージと前記第3スイッチングモジュールのパッケージとが互いに隣り合わせに配置された第1から第4のスイッチングモジュールと、

前記電力変換装置の中性点にアノードが電氣的に接続された第1クラumpダイオードと、

前記電力変換装置の中性点にカソードが電氣的に接続された第2クラumpダイオードと、

前記第1クラumpダイオードと、前記第1クラumpダイオードを収容したパッケージとを有したクラumpダイオードモジュールと、

前記第1スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第2スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第1クラumpダイオードのカソードが電氣的に接続された第1主部と、前記第1主部の端部に設けられて前記第1主部に対して起立した第1起立部とを有した第1ブスと、

前記第3スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第4スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第2クラumpダイオードのアノードが電氣的に接続された第2主部と、前記第2主部の端部に設けられて前記第2主部に対して起立し、前記第1ブスの第1起立部と向かい合う第2起立部とを有した第2ブスと、
を備え、

前記第2スイッチングモジュールと前記第3スイッチングモジュール

ルとは第1方向で隣り合い、

前記第1主部および前記第2主部は、前記第1方向に沿う板状に形成されるとともに、前記第1方向とは異なる第2方向で前記第2スイッチングモジュールのパッケージおよび前記第3スイッチングモジュールのパッケージとそれぞれ重なり、

前記第2スイッチングモジュールと、前記クランプダイオードモジュールの少なくとも一部とは、前記第1方向および前記第2方向とは異なる第3方向で並び、

前記第1起立部および前記第2起立部は、前記第1主部の端部および前記第2主部の端部からそれぞれ前記第2方向と略平行に起立するとともに、前記第3方向に延びており、

前記クランプダイオードモジュールは、前記第1クランプダイオードのアノードに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第3端子を有し、前記第3端子は、前記第3端子の縁部のなかで前記第2スイッチングモジュールに最も近い第3縁部を有し、

前記第1ブスの第1主部は、前記第2スイッチングモジュールの第1端子から見て、前記第3方向において、前記クランプダイオードモジュールの前記第3端子の第3縁部よりも遠くに位置した第1領域と、前記クランプダイオードモジュールの前記第3端子の第3縁部よりも近くに位置した第2領域とを有し、

前記第1ブスの第1起立部は、前記第1領域には設けられておらず、前記第2領域の少なくとも一部に設けられた、
電力変換装置。

〔請求項8〕（補正後）中性点クランプ型の電力変換装置であって、

正極から負極に向けて第1スイッチングモジュール、第2スイッチングモジュール、第3スイッチングモジュール、および第4スイッチング

モジュールの順で互いに電氣的に直列に接続され、それぞれスイッチング素子と、前記スイッチング素子を収容したパッケージと、前記スイッチング素子のコレクタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第1端子と、前記スイッチング素子のエミッタに電氣的に接続され前記パッケージの外部に露出した第2端子とを有し、前記第2スイッチングモジュールのパッケージと前記第3スイッチングモジュールのパッケージとが互いに隣り合わせに配置された第1から第4のスイッチングモジュールと、

前記電力変換装置の中性点にアノードが電氣的に接続された第1クランプダイオードと、

前記電力変換装置の中性点にカソードが電氣的に接続された第2クランプダイオードと、

前記第1スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第2スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第1クランプダイオードのカソードが電氣的に接続された第1主部と、前記第1主部の端部に設けられて前記第1主部に対して起立した第1起立部とを有した第1バスと、

前記第3スイッチングモジュールの前記第2端子と前記第4スイッチングモジュールの前記第1端子とを電氣的に接続するとともに前記第2クランプダイオードのアノードが電氣的に接続された第2主部と、前記第2主部の端部に設けられて前記第2主部に対して起立し、前記第1バスの第1起立部と向かい合う第2起立部とを有した第2バスと、

少なくとも前記第1クランプダイオードのアノードが電氣的に接続された中性点バスと、

を備え、

前記第1主部は、前記中性点バスに覆われる領域と、前記中性点バス

に覆われない領域とを有し、

前記第1起立部は、前記第1主部のなかで前記中性点ブスに覆われる領域には設けられておらず、前記第1主部のなかで前記中性点ブスに覆われない領域の少なくとも一部に設けられている、
電力変換装置。

〔請求項9〕（削除）

〔請求項10〕（補正後）絶縁部材をさらに備え、

前記第1起立部は、前記第1主部の端部から折り曲げられた第1折曲部であり、

前記第2起立部は、前記第2主部の端部から折り曲げられた第2折曲部であり、

前記第1折曲部は、前記第1主部の端部から折り曲げられた第1部分と、前記第1主部と略平行になるように前記第1部分の端部からさらに折り曲げられた第2部分とを有し、

前記絶縁部材は、前記第1折曲部と前記第2折曲部との間に少なくとも一部が配置され、前記第1折曲部の第2部分に固定されている、

請求項2に記載の電力変換装置。

〔請求項11〕（削除）

〔請求項12〕（補正後）固定部材と、絶縁部材と、をさらに備え、

前記第1主部および前記第2主部の少なくとも一方は、板部材で形成されており、

前記第1起立部および前記第2起立部の少なくとも一方は、前記板部材の端部に取り付けられた導電部材で形成されており、

前記固定部材は、前記導電部材を前記板部材に固定しており、

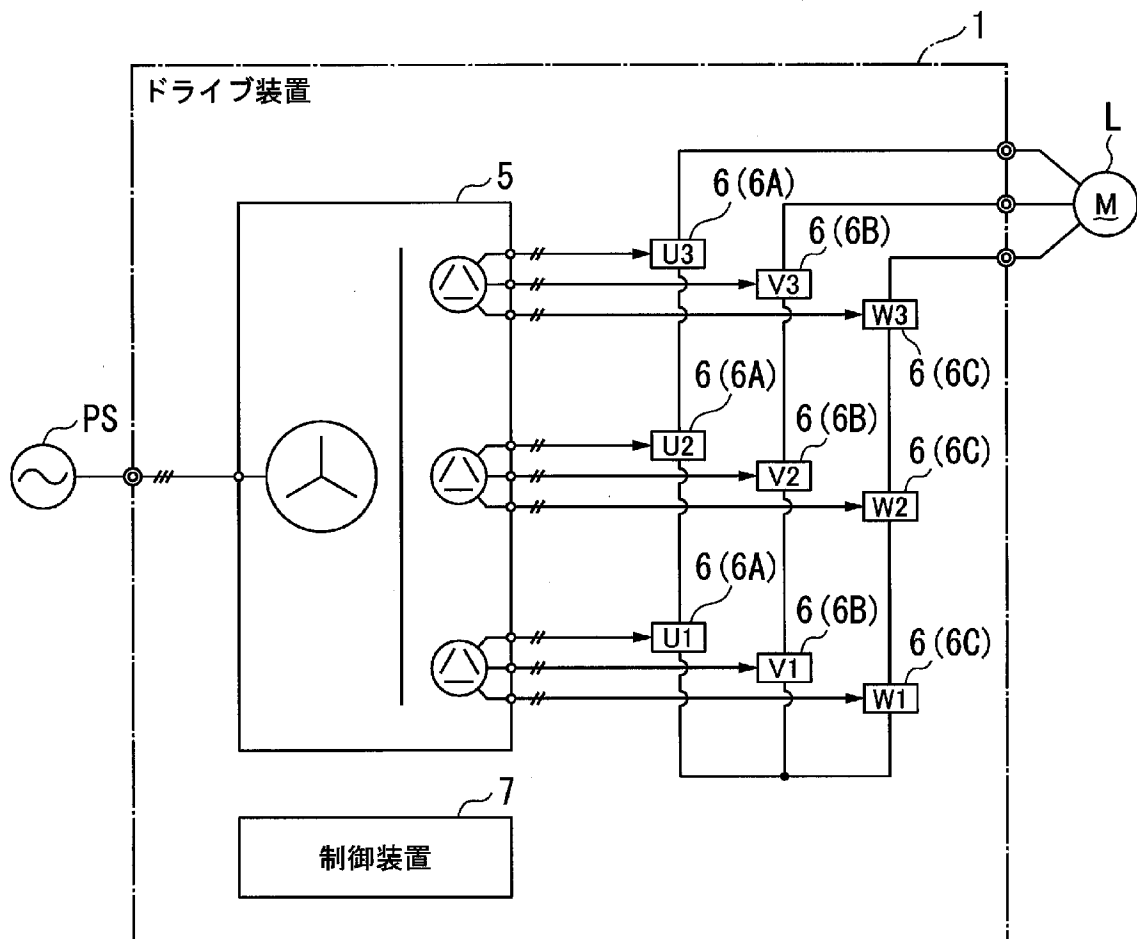
前記絶縁部材は、前記第1起立部と前記第2起立部との間に少なくとも一部が配置され、前記固定部材によって前記導電部材に固定されている。

る、
請求項 2 に記載の電力変換装置。

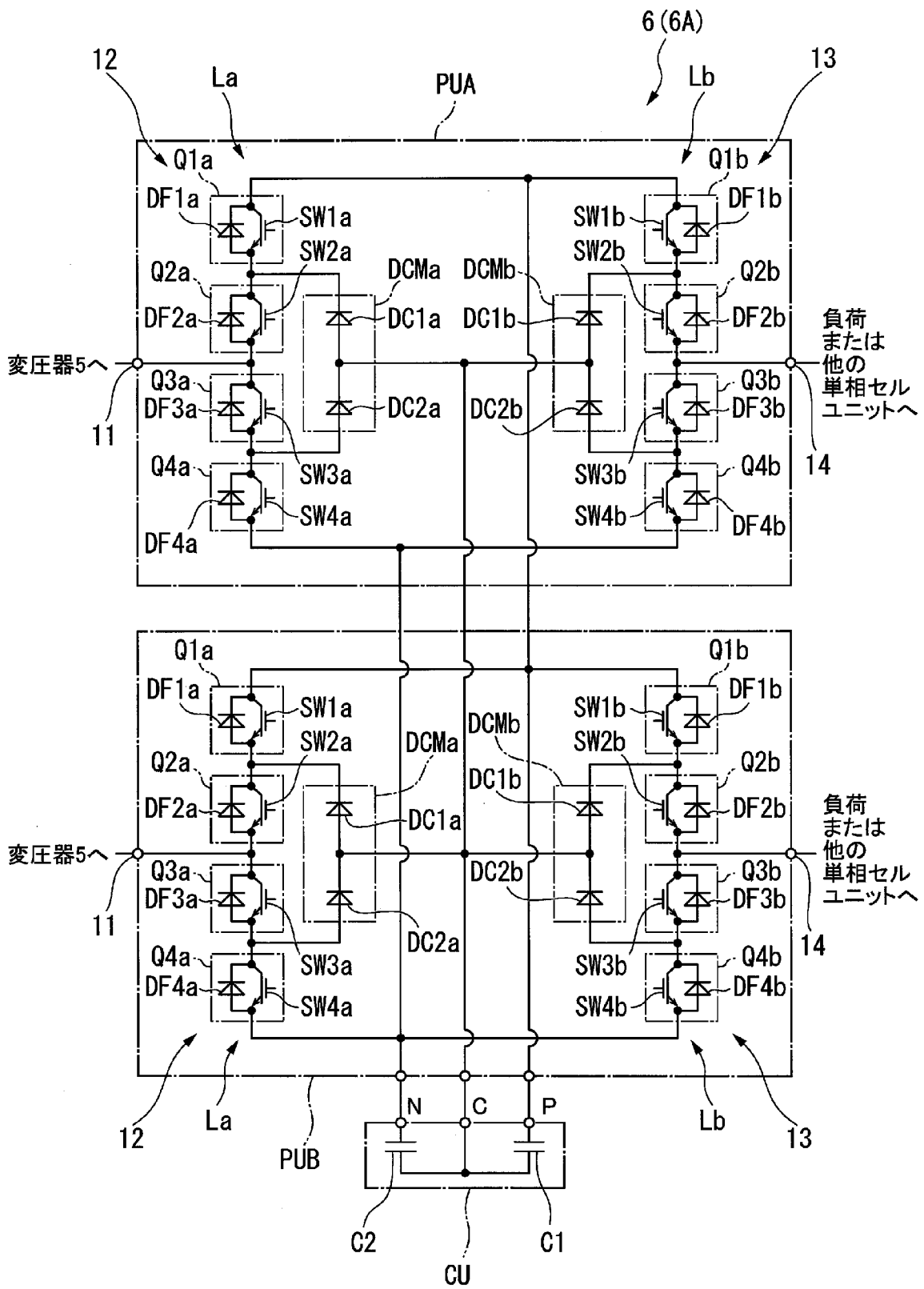
条約第 19 条（1）に基づく説明書

請求の範囲を別紙の通り補正する。すなわち、補正前の請求項 1，3－6，9，11 を削除し、補正前の請求項 2，7，8 をそれぞれ独立項に変更し、補正前の請求項 10，12 を、請求項 2 を引用する従属項に変更した。

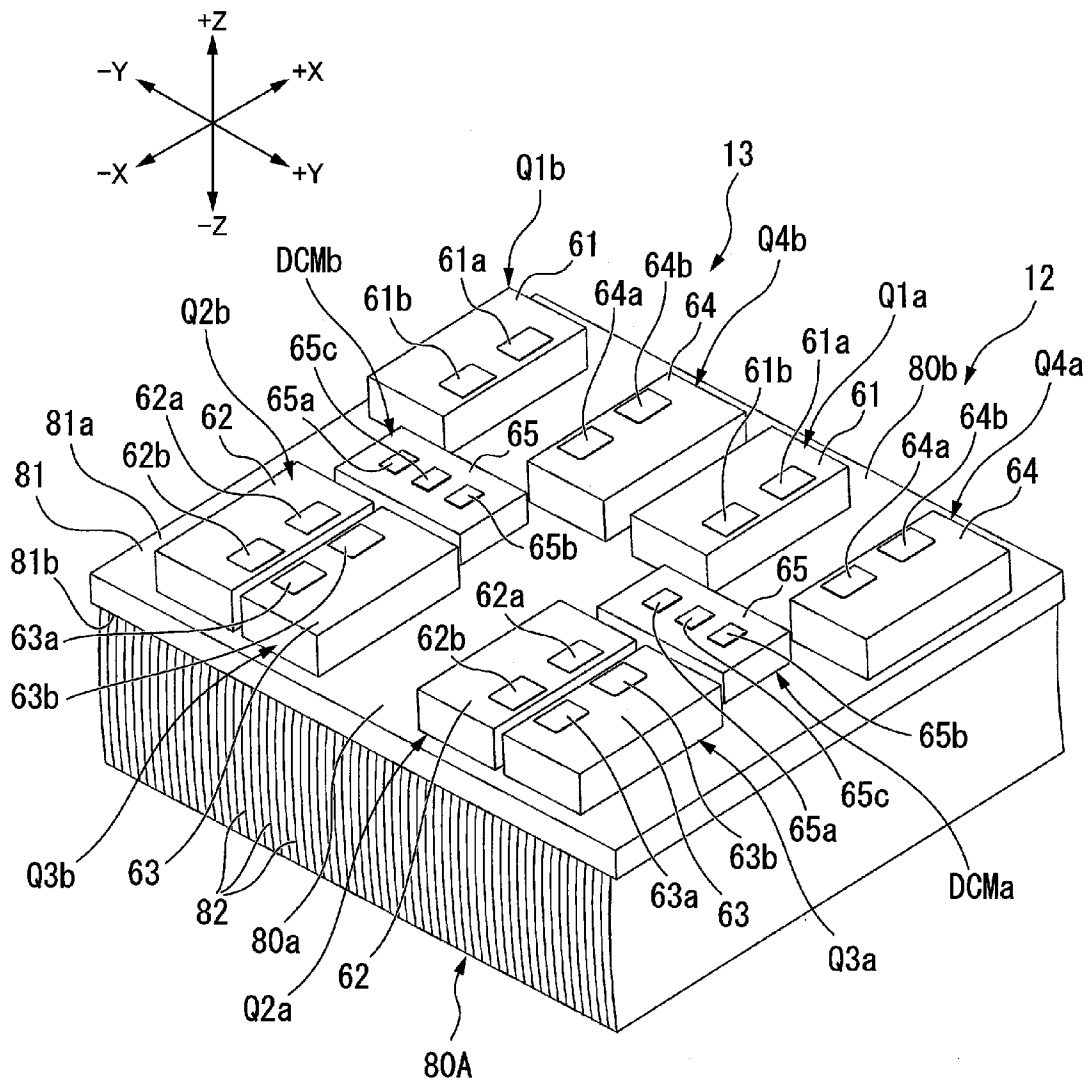
[図1]



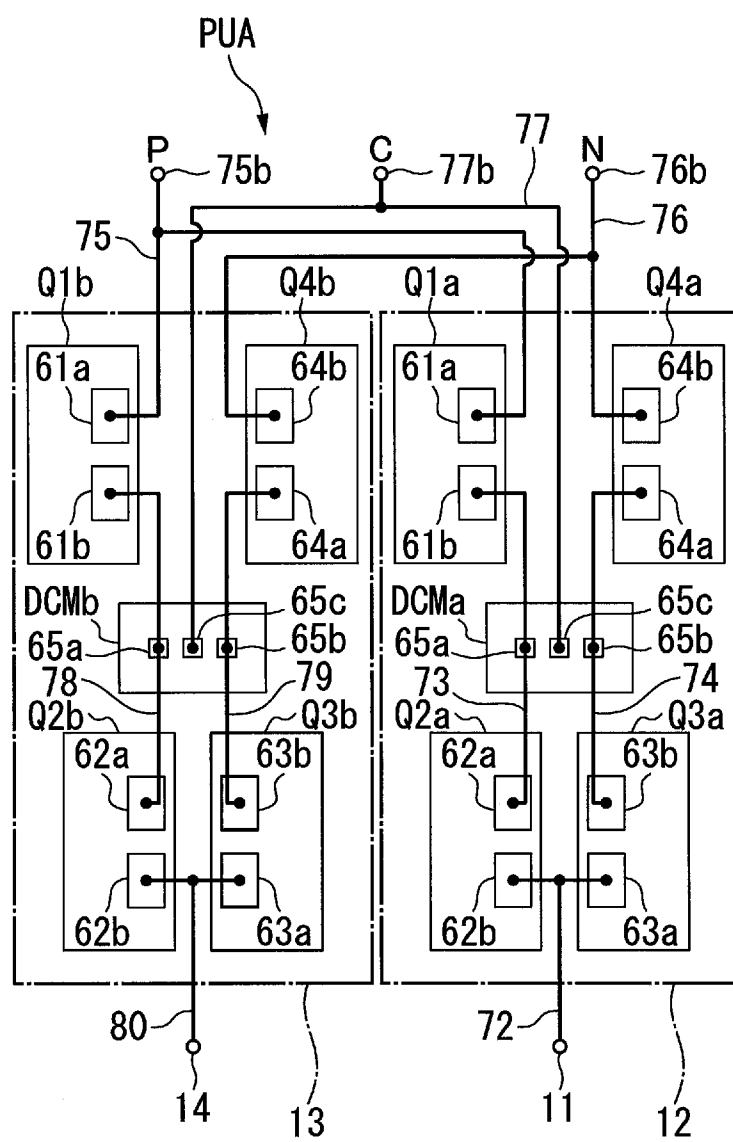
[図2]



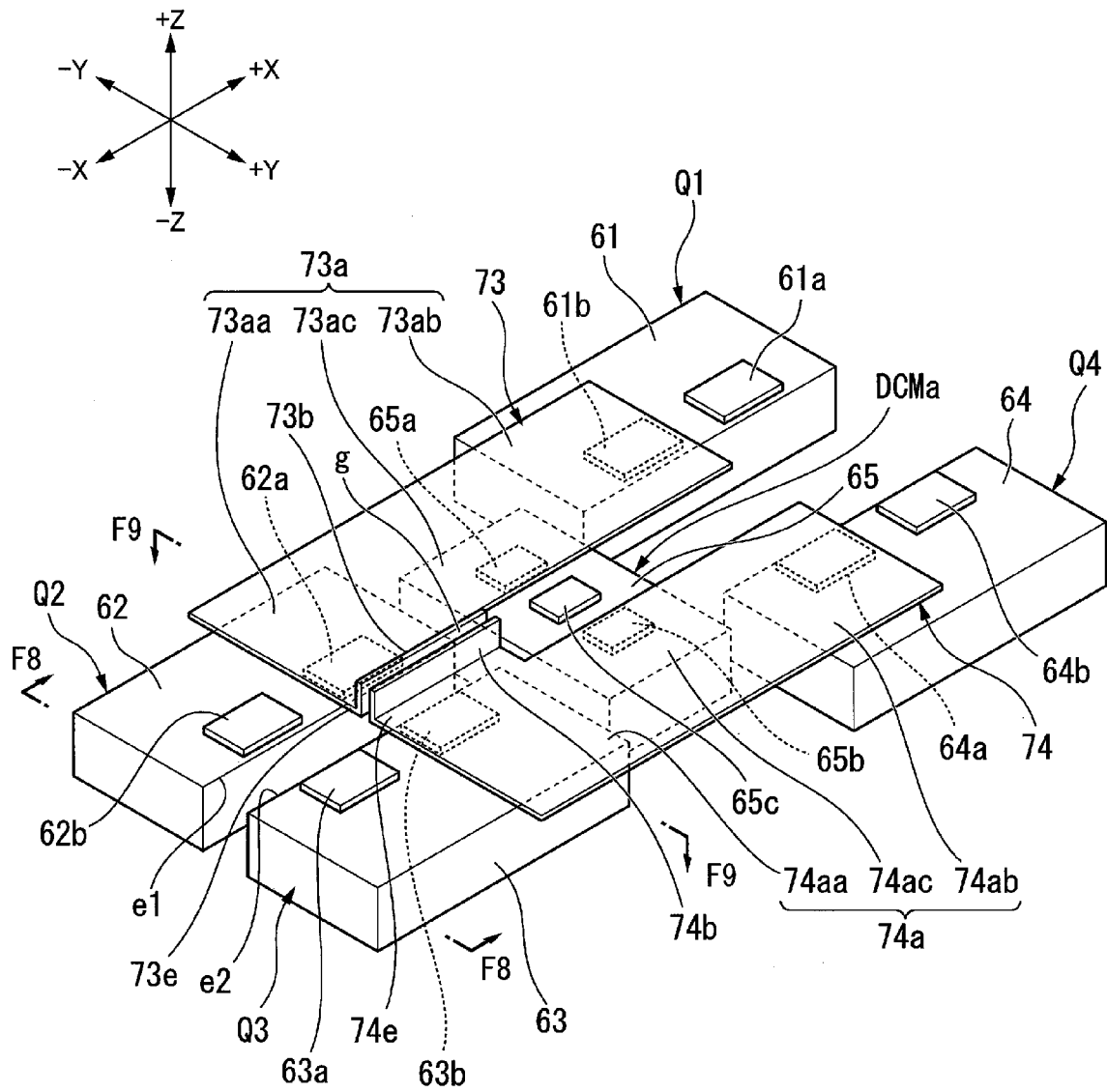
[図3]



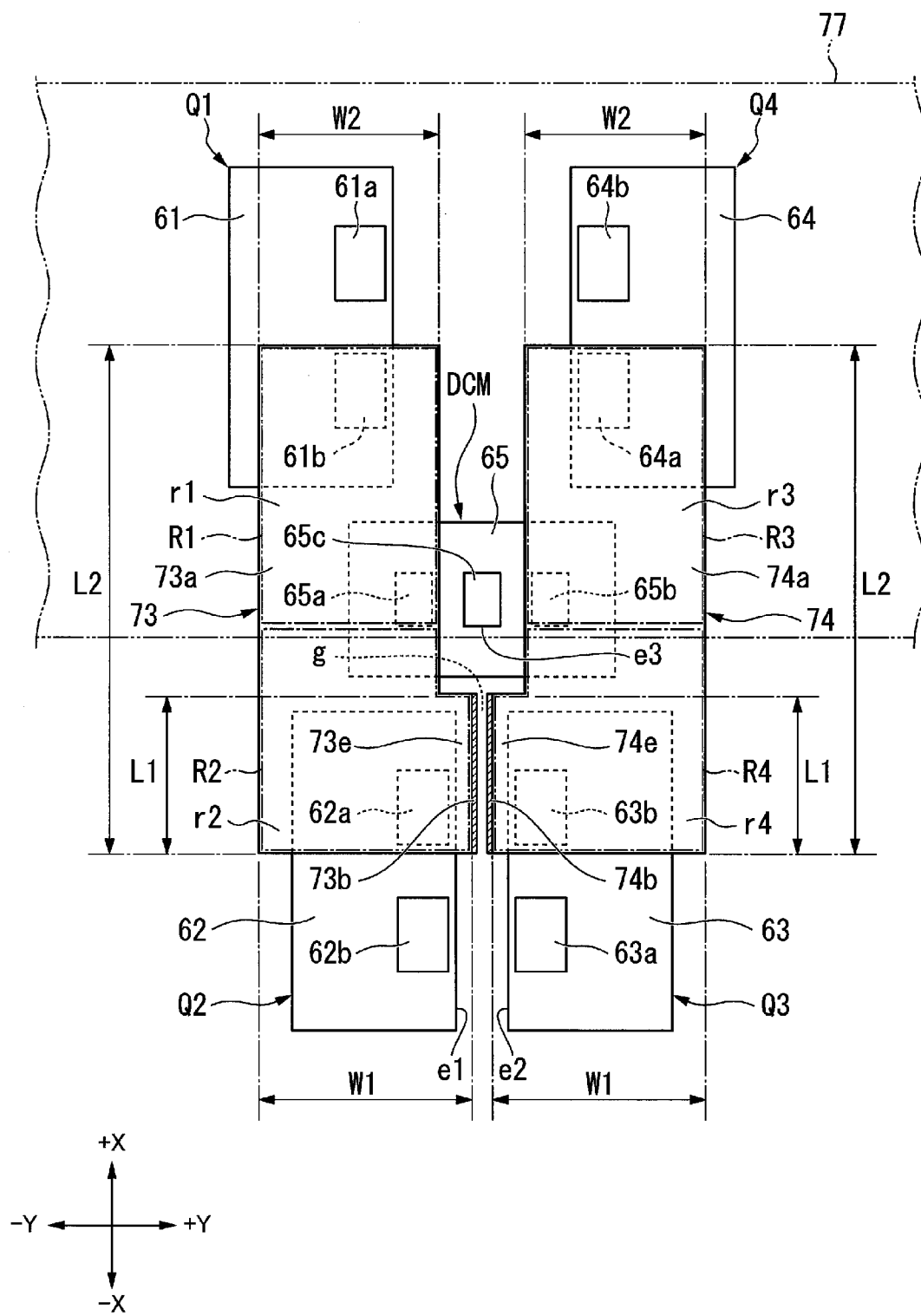
[図6]



[図7]

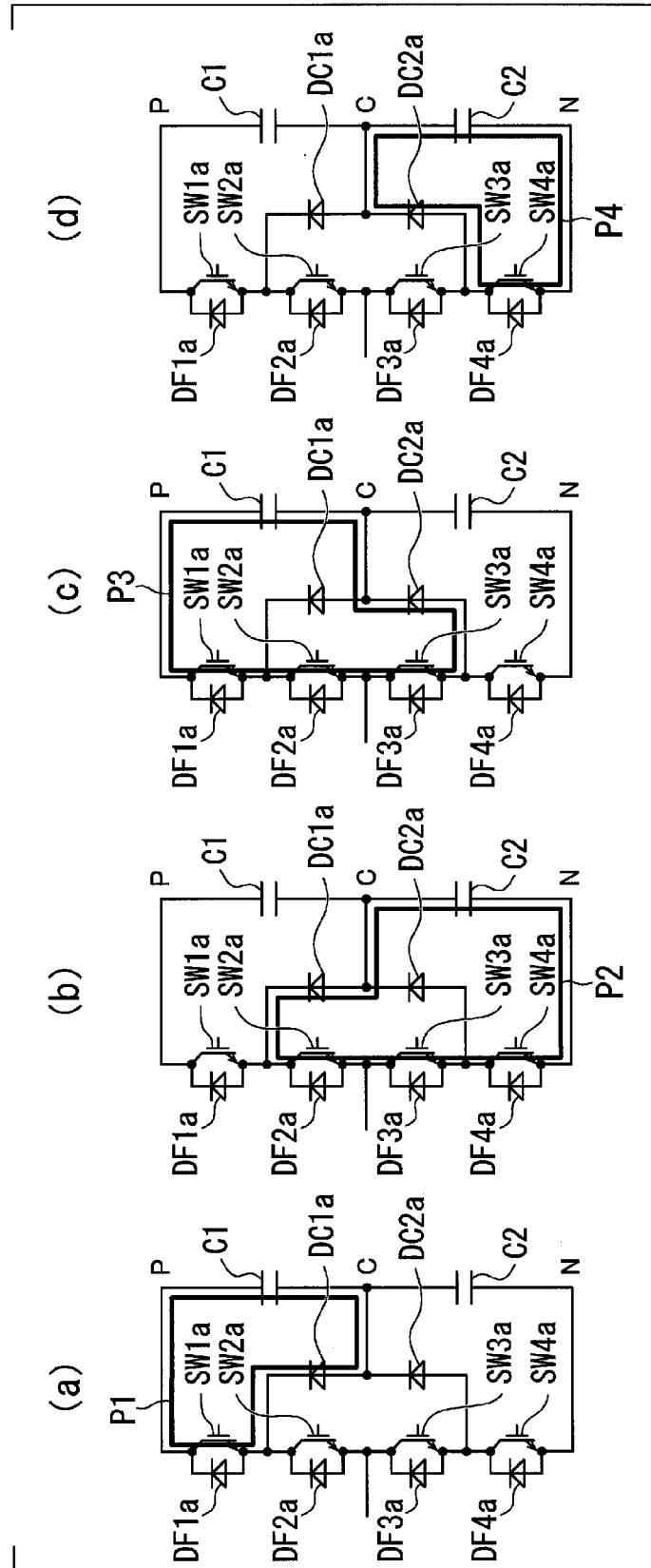


[図8]

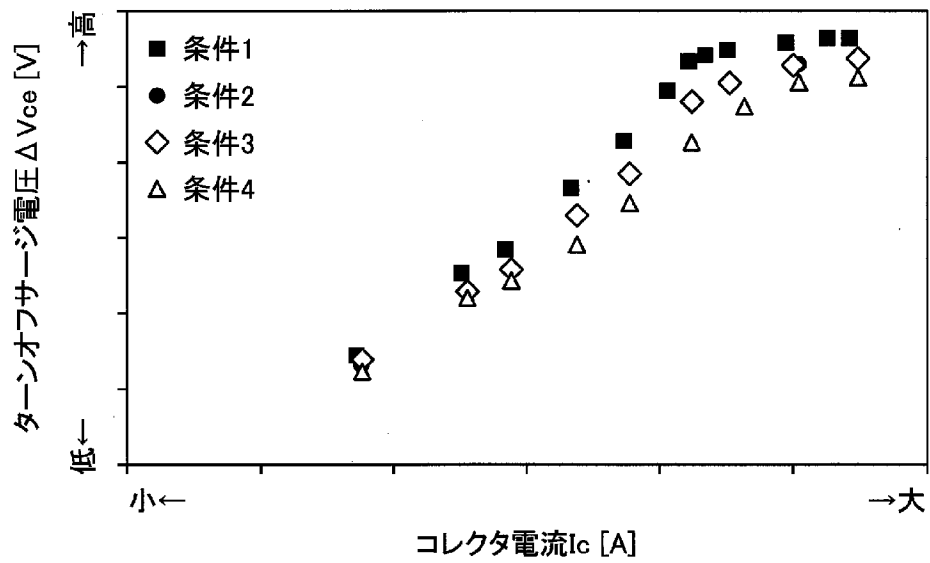


The diagram shows a four-phase inverter circuit. It consists of four half-bridge legs, each with a diode (DF1a, DF2a, DF3a, DF4a) and a MOSFET (SW1a, SW2a, SW3a, SW4a). The MOSFETs are connected in a common-emitter configuration. The output of the inverter is taken from the common emitter point, which is connected to a load capacitor C1 and C2. The output voltage is labeled 'C'. The input voltages are labeled 'P' and 'N'. The output voltage is labeled 'C'.

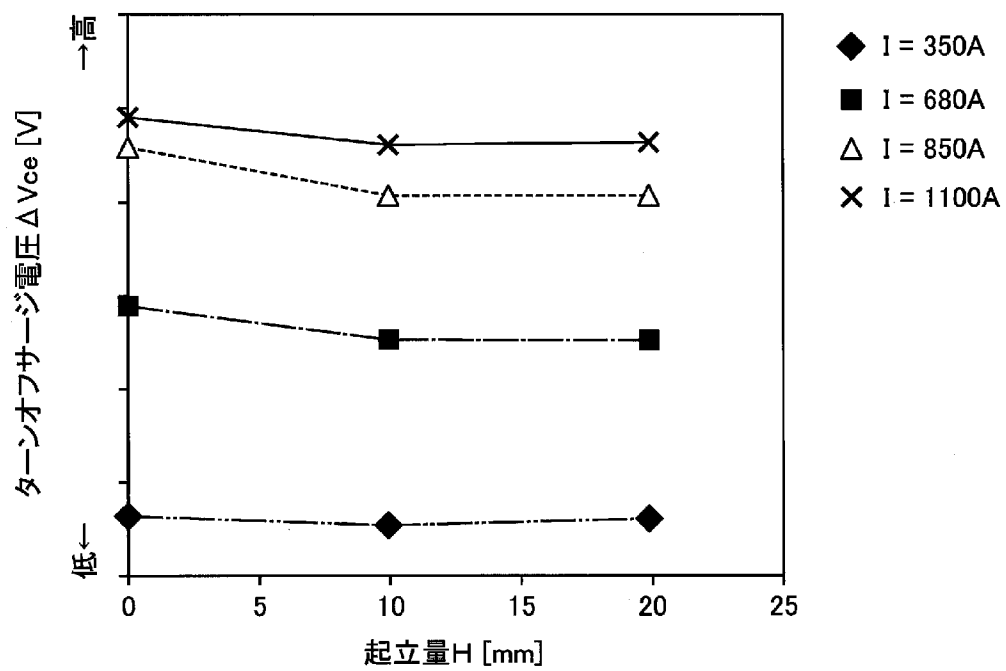
[図11]



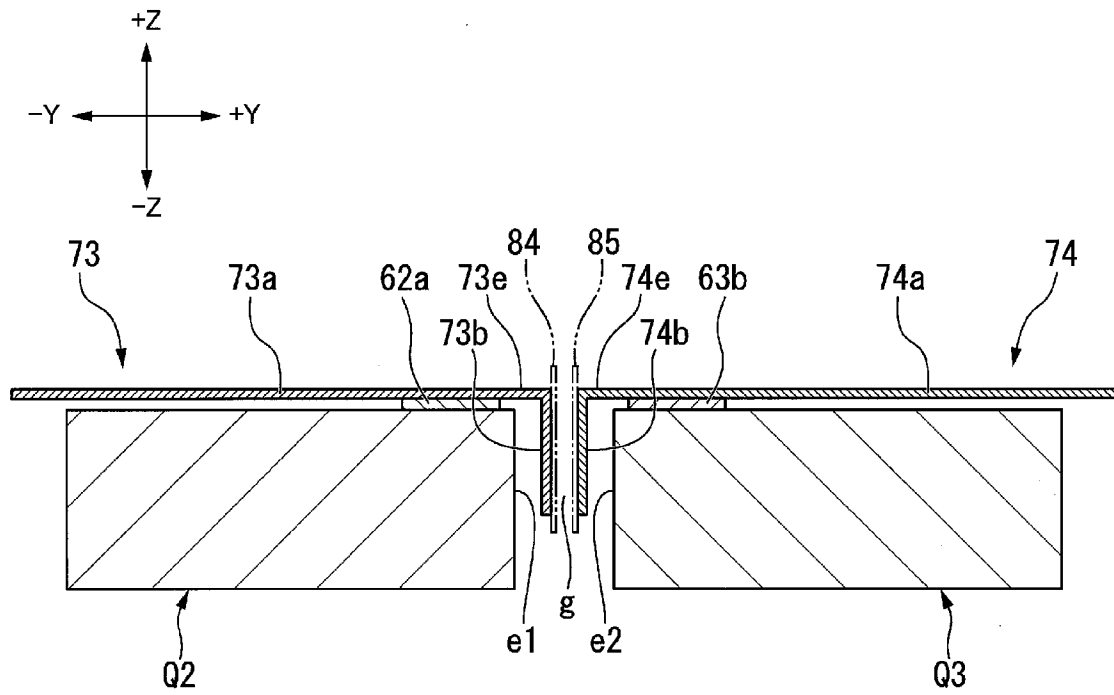
[図12]



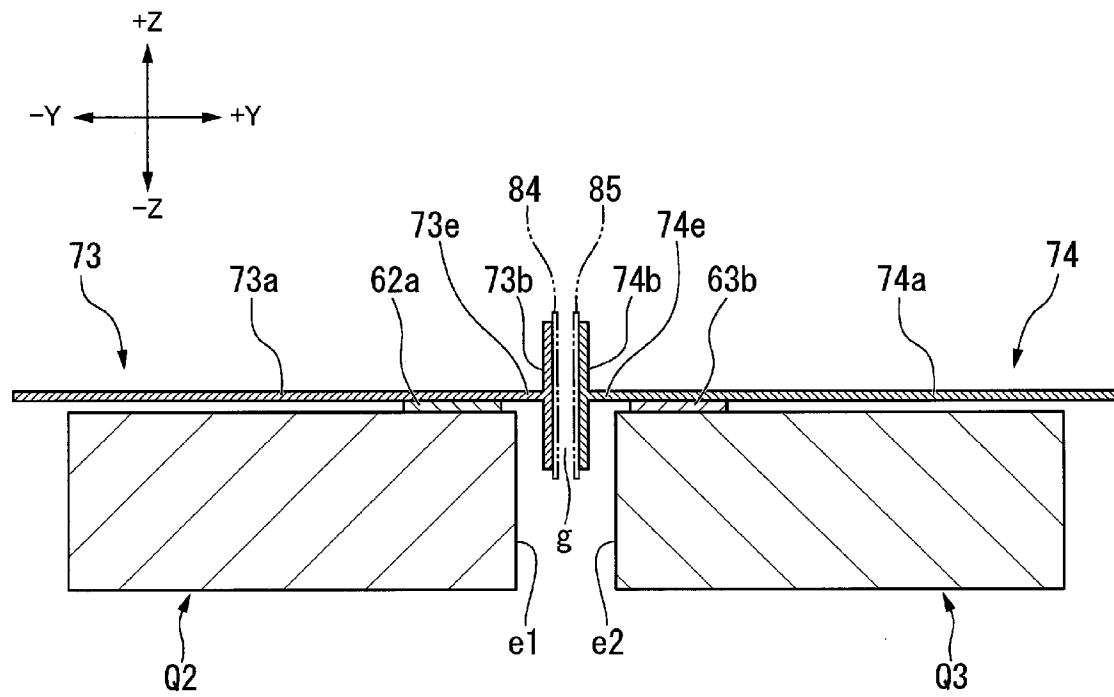
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02M7/487 (2007.01) i, H02M7/12 (2006.01) i, H02M7/48 (2007.01) i, H02M5/458 (2006.01) n

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. H02M7/487, H01L25/07, H01L25/18, H02M5/458, H02M7/12, H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2015-089185 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 07 May 2015, paragraphs [0015], [0021]-[0024], fig. 1 (Family: none)	1, 3-6, 9, 11 2, 7-8, 10, 12
X A	WO 2001/031771 A1 (HITACHI, LTD.) 03 May 2001, page 4, line 24 to page 5, line 14, page 6, lines 2-10, page 7, line 19 to page 8, line 7, claim 2, fig. 1, 7 & JP 3873743 B2	1, 9, 11 2-8, 10, 12
A	JP 2018-059803 A (KOA CORPORATION) 12 April 2018, paragraphs [0072]-[0074], fig. 1 (Family: none)	1-12



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
09.08.2018

Date of mailing of the international search report
21.08.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/027892

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-214561 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 20 August 1996, paragraph [0008], fig. 1 (Family: none)	1-12
A	WO 2013/069415 A1 (MEIDENSHA CORPORATION) 16 May 2013, paragraphs [0041]-[0043], fig. 12 & JP 2013-102627 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/487(2007.01)i, H02M7/12(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i, H02M5/458(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/487, H01L25/07, H01L25/18, H02M5/458, H02M7/12, H02M7/48

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2015-089185 A（富士電機株式会社）2015.05.07, 段落[0015], [0021]-[0024], 図1（ファミリーなし）	1, 3-6, 9, 11 2, 7-8, 10, 12
X A	WO 2001/031771 A1（株式会社日立製作所）2001.05.03, 4頁24行目-5頁14行目, 6頁2-10行目, 7頁19行目-8頁7行目, 請求項2, 図1, 7 & JP 3873743 B2	1, 9, 11 2-8, 10, 12
A	JP 2018-059803 A（KOA株式会社）2018.04.12, 段落[0072]-[0074], 図1（ファミリーなし）	1-12

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.08.2018

国際調査報告の発送日

21.08.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小林 秀和

5G

3449

電話番号 03-3581-1101 内線 3526

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 08-214561 A (富士電機株式会社) 1996. 08. 20, 段落[0008], 図 1 (ファミリーなし)	1-12
A	WO 2013/069415 A1 (株式会社明電舎) 2013. 05. 16, 段落[0041]-[0043], 図 12 & JP 2013-102627 A	1-12