

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6345361号
(P6345361)

(45) 発行日 平成30年6月20日(2018.6.20)

(24) 登録日 平成30年6月1日(2018.6.1)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L 25/07	(2006.01)	HO 1 L	25/04	C	
HO 1 L 25/18	(2006.01)	HO 1 L	23/28	K	
HO 1 L 23/28	(2006.01)	HO 2 M	7/48	Z	
HO 2 M 7/48	(2007.01)				

請求項の数 11 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-567900 (P2017-567900)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86) (22) 出願日	平成28年2月18日 (2016.2.18)	(74) 代理人	100118762 弁理士 高村 順
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/054749	(72) 発明者	中嶋 幸夫 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(87) 国際公開番号	W02017/141407	(72) 発明者	田中 毅 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(87) 国際公開日	平成29年8月24日 (2017.8.24)	審査官	黒田 久美子
審査請求日	平成30年1月26日 (2018.1.26)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワー半導体モジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第1の素子対とダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第2の素子対とが直列に接続され、前記第1の素子対と前記第2の素子対とが樹脂封止されたコアモジュールと、

直流正極端子、直流負極端子、および交流端子を有する端子付きカバーと、
を備え、

前記コアモジュールにおいて、前記第1の素子対を構成する前記スイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第1電極と、前記第1の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第2電極と、前記第2の素子対を構成する前記スイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第3電極と、前記第2の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第4電極とが表面に露出しており、

前記端子付きカバーの前記直流正極端子は前記第1電極に電氣的に接続し、

前記端子付きカバーの前記直流負極端子は前記第4電極に電氣的に接続し、

前記端子付きカバーの前記交流端子は前記第2電極および前記第3電極に電氣的に接続する、

ことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項2】

前記コアモジュールを複数備え、

複数の前記コアモジュールにおける前記第1電極同士が前記端子付きカバーによって電

氣的に接続され、

複数の前記コアモジュールにおける前記第 2 電極同士および前記第 3 電極同士が前記端子付きカバーによって電氣的に接続され、

複数の前記コアモジュールにおける前記第 4 電極同士が前記端子付きカバーによって電氣的に接続される、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 3】

前記コアモジュールを複数備え、

前記端子付きカバーには、前記コアモジュールの数と同数の前記交流端子が前記コアモジュールごとに対応して設けられ、

前記コアモジュールの前記第 2 電極と前記第 3 電極は、複数の前記交流端子のうち対応する前記交流端子によって電氣的に接続される、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 4】

2 つの前記コアモジュールを具備し、

2 つの前記コアモジュールにおける前記第 1 電極同士、および前記第 4 電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線され、2 つの前記コアモジュールにおける前記第 2 電極同士および前記第 3 電極同士が前記交流端子に結線されて構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 5】

2 つの前記コアモジュールを具備し、

前記端子付きカバーの交流端子は、第 1 の交流端子および第 2 の交流端子を有して成り

、
2 つの前記コアモジュールにおける前記第 1 電極同士、前記第 4 電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線され、1 つのモジュールの前記第 2 電極および前記第 3 電極が前記第 1 の交流端子に結線され、残りの 1 つのモジュールの前記第 2 電極および前記第 3 電極が前記第 2 の交流端子に結線されて構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 6】

3 つの前記コアモジュールを具備し、

3 つの前記コアモジュールにおける前記第 1 電極同士、前記第 4 電極同士および、前記第 2 電極同士または前記第 3 電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線されて構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 7】

3 つの前記コアモジュールを具備し、

前記端子付きカバーの交流端子は、第 1 の交流端子、第 2 の交流端子および第 3 の交流端子を有して成り、3 つの前記コアモジュールにおける前記第 1 電極同士、前記第 4 電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線され、1 つのモジュールの前記第 2 電極および前記第 3 電極が前記第 1 の交流端子に結線され、他の 1 つのモジュールの前記第 2 電極および前記第 3 電極が前記第 2 の交流端子に結線され、残りの 1 つのモジュールの前記第 2 電極および前記第 3 電極が前記第 3 の交流端子に結線されて構成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 8】

4 つの前記コアモジュールを具備し、

4 つの前記コアモジュールにおける前記第 1 電極同士、前記第 4 電極同士および、前記第 2 電極同士または前記第 3 電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線されて構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 9】

4 つの前記コアモジュールを具備し、

前記端子付きカバーの交流端子は、第 1 の交流端子、第 2 の交流端子、第 3 の交流端子

10

20

30

40

50

および第4の交流端子を有して成り、4つの前記コアモジュールにおける前記第1電極同士、前記第4電極同士が前記端子付きカバーの内部で並列に結線され、1つのモジュールの前記第2電極および前記第3電極が前記第1の交流端子に結線され、他の1つのモジュールの前記第2電極および前記第3電極が前記第2の交流端子に結線され、他の1つのモジュールの前記第2電極および前記第3電極が前記第3の交流端子に結線され、残りの1つのモジュールの前記第2電極および前記第3電極が前記第4の交流端子に結線されて構成されていることを特徴とする請求項3に記載のパワー半導体モジュール。

【請求項10】

ダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第1の素子対とダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第2の素子対とが直列に接続され、前記第1の素子対と前記第2の素子対とが樹脂封止された少なくとも3つのコアモジュールと

10

、
直流正極端子、直流負極端子、直流中点端子、および交流端子を有する端子付きカバーと

を備え、

前記コアモジュールにおいて、前記第1の素子対を構成する前記スイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第1電極と、前記第1の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第2電極と、前記第2の素子対を構成する前記スイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第3電極と、前記第2の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第4電極とが表面に露出しており、

20

前記端子付きカバーの前記直流正極端子は、少なくとも3つの前記コアモジュールのうちの第1のコアモジュールに設けられた前記第1電極に電氣的に接続し、

前記端子付きカバーの前記直流負極端子は、少なくとも3つの前記コアモジュールのうちの第2のコアモジュールに設けられた前記第4電極に電氣的に接続し、

前記端子付きカバーの前記直流中点端子は、前記第1のコアモジュールに設けられた前記第4電極と前記第2のコアモジュールに設けられた前記第1電極とに電氣的に接続し、

前記端子付きカバーの前記交流端子は、少なくとも3つの前記コアモジュールのうちの第3のコアモジュールに設けられた前記第2電極および前記第3電極に電氣的に接続することを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項11】

30

3つの前記コアモジュールを具備し、

前記端子付きカバーには直流中点端子が形成され、

3つの前記コアモジュールのうち、前記第1のコアモジュールの前記第1電極と前記端子付きカバーの直流正極端子とが結線され、前記第1のコアモジュールの前記第4電極と前記第2のコアモジュールの前記第1電極の電氣的接続点と前記直流中点端子とが結線され、前記第2のコアモジュールの前記第4電極と前記直流負極端子とが結線され、前記第3のコアモジュールの前記第2電極と前記第3のコアモジュールの前記第3電極の電氣的接続点と前記交流端子とが結線されると共に、

前記第1のコアモジュールの前記第2電極もしくは前記第1のコアモジュールの前記第3電極の何れかと前記第3のコアモジュールの前記第1電極とが結線され、前記第2のコアモジュールの前記第2電極もしくは前記第2のコアモジュールの前記第3電極の何れかと前記第3のコアモジュールの前記第4電極とが結線されて構成されていることを特徴とする請求項10に記載のパワー半導体モジュール。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パワーデバイス機器に用いて好適なパワー半導体モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

下記特許文献1には、ダイオード素子とMOS型スイッチング素子とが逆並列に接続さ

50

れ、電力変換装置における正側アームとして動作する第1の素子対と、ダイオード素子とMOS型スイッチング素子とが逆並列に接続され、電力変換装置における負側アームとして動作する第2の素子対と、を有し、第1および第2の素子対は1つのモジュール内に收容されて2in1モジュールとして構成されると共に、第1および第2の素子対同士の直列接続を可能とする外部電極端子を有して構成される鉄道車両用途のパワー半導体モジュールが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4902029号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来技術は、直列接続して駆動することが容易なMOSFETまたはIGBTを搭載したパワー半導体モジュールの接続形態を変更して、架線電圧の異なる鉄道車両用の電力変換装置に適用する場合の回路例については開示されているが、パワー半導体モジュール自体の構成を直接的に開示したものではない。このため、従来技術では、鉄道車両用の種々の電力変換装置に適用する場合には、複数のパワー半導体モジュールを組み合わせた回路構成とする必要があり、汎用性という観点において改善の余地があった。

【0005】

20

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、鉄道車両用の種々の電力変換装置への適用に際し、汎用性を有するパワー半導体モジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本発明に係るパワー半導体モジュールは、ダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第1の素子対とダイオード素子とスイッチング素子とが逆並列に接続された第2の素子対とが直列に接続され、第1の素子対と第2の素子対とが樹脂封止されたコアモジュール、ならびに、直流正極端子、直流負極端子、および交流端子を有する端子付きカバーを備える。当該コアモジュールにおいて、第1の素子対を構成するスイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第1電極、第1の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第2電極、第2の素子対を構成するスイッチング素子の正側電極と電氣的に接続する第3電極、および第2の素子対を構成する前記スイッチング素子の負側電極と電氣的に接続する第4電極は、表面に露出している。端子付きカバーの直流正極端子は第1電極に電氣的に接続され、端子付きカバーの直流負極端子は第4電極に電氣的に接続され、端子付きカバーの交流端子は第2電極および第3電極に電氣的に接続される。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、汎用性を有し、量産効果を得ることができる高耐圧仕様のパワー半導体モジュールを提供することができるという効果を奏する。

40

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】実施の形態に係るパワー半導体モジュールを搭載する電力変換装置の概略の機能構成を示す図

【図2】実施の形態に係るパワー半導体モジュールを構成する際の基本単位であるコアモジュールの概略形状を示す斜視図

【図3】図2に示すコアモジュール内部の電気配線を示す図

【図4】実施の形態1に係るパワー半導体モジュールの一例である500A定格1相モジュールの外観構成を示す分解斜視図

【図5】図4(a)に示した端子付きカバー20Aを裏面側かつ下方側から視認したとき

50

の斜視図

【図 6】図 4 に示す 500 A 定格 1 相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 7】実施の形態 2 に係るパワー半導体モジュールの一例である 1000 A 定格 1 相モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 8】図 7 に示す 1000 A 定格 1 相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 9】実施の形態 3 に係るパワー半導体モジュールの一例である 500 A 定格単相モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 10】図 9 に示す 500 A 定格単相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図 10

【図 11】実施の形態 4 に係るパワー半導体モジュールの一例である 1500 A 定格 1 相モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 12】図 11 に示す 1500 A 定格 1 相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 13】実施の形態 5 に係るパワー半導体モジュールの一例である 500 A 定格 3 相モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 14】図 13 に示す 500 A 定格 3 相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 15】実施の形態 6 に係るパワー半導体モジュールの一例である 500 A 定格 1 相 3 レベルモジュールの外観構成を示す斜視図 20

【図 16】図 15 に示す 500 A 定格 1 相 3 レベルモジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 17】実施の形態 7 に係るパワー半導体モジュールの一例である 2000 A 定格 1 相モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 18】図 17 に示す 2000 A 定格 1 相モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図

【図 19】実施の形態 8 に係るパワー半導体モジュールの一例である複合モジュールの外観構成を示す斜視図

【図 20】図 19 に示す複合モジュールにおける端子付きカバー内部の電気配線を示す図 30

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に、本発明の実施の形態に係るパワー半導体モジュールを図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下に示す実施の形態により本発明が限定されるものではない。

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係るパワー半導体モジュールを搭載する電力変換装置の概略の機能構成を示す図であり、鉄道車両 100 に搭載される電力変換装置 150 の一構成例を示している。図 1 に示すように、電力変換装置 150 は、コンバータ 110、コンデンサ 120 およびインバータ 130 を備えて構成される。鉄道車両 100 には、電力変換装置 150 の入力端側に配置されてコンバータ 110 に接続される変圧器 106 および、電力変換装置 150 の出力端側に配置されてインバータ 130 に接続され、電力変換装置 150 から電力供給を受けて車両を駆動する電動機 140 が搭載されている。なお、電動機 140 としては、誘導電動機または同期電動機が好適である。 40

【0011】

変圧器 106 の一次巻線の一端は集電装置 102 を介して架線 101 に接続され、他端は車輪 103 を介して大地電位であるレール 104 に接続されている。架線 101 から供給される電力は、集電装置 102 を介して変圧器 106 の一次巻線に入力されるとともに、変圧器 106 の二次巻線に生じた電力がコンバータ 110 に入力される。

【0012】

コンバータ110は、半導体素子UPC, VPCで構成される正側アーム(例えばU相ではUPC)と、半導体素子UNC, VNCで構成される負側アーム(例えばU相ではUNC)とがそれぞれ直列に接続された回路部(以下「レグ」という)を有している。すなわち、コンバータ110には、2組(U相分、V相分)のレグを有する単相ブリッジ回路が構成されている。なお、半導体素子UPC, VPC, UNC, VNCは、後述するようにスイッチング素子と、スイッチング素子に逆並列に接続されるダイオード素子とを有する構成が一般的である。

【0013】

コンバータ110は、半導体素子UPC, VPC, UNC, VNCをPWM制御することで入力された交流電圧を所望の直流電圧に変換して出力する。

10

【0014】

コンバータ110の出力端には、直流電源となるコンデンサ120が並列に接続されると共に、コンデンサ120の直流電圧を入力とし、任意電圧および任意周波数の交流電圧に変換し出力するインバータ130が接続される。

【0015】

インバータ130は、半導体素子UPI, VPI, WPIで構成される正側アーム(例えばU相ではUPI)と、半導体素子UNI, VNI, WNIで構成される負側アーム(例えばU相ではUNI)とがそれぞれ直列に接続されたレグを有している。すなわち、インバータ130には、3組(U相分、V相分、W相分)のレグを有する3相ブリッジ回路が構成されている。なお、半導体素子UPI, VPI, WPI, UNI, VNI, WNIは、コンバータ110と同様に、スイッチング素子と、スイッチング素子に逆並列に接続されるダイオード素子とを有する構成が一般的である。

20

【0016】

インバータ130は、半導体素子UPI, VPI, WPI, UNI, VNI, WNIをPWM制御することで入力された直流電圧を所望の交流電圧に変換して出力する。

【0017】

なお、図1では、実施の形態1に係る電力変換装置の好適な例として、交流入力 of 電気車に適用する場合を一例として示したが、地下鉄または郊外電気車等に多用される直流入力の電気車に対しても同様に適用することができる。なお、直流入力の電気車の構成は公知であるため、ここでの説明は省略する。

30

【0018】

つぎに、実施の形態1に係るパワー半導体モジュールについて説明する。図2は、実施の形態1に係るパワー半導体モジュールを構成する際の基本単位であるコアモジュールの概略形状を示す斜視図であり、図3は、図2に示すコアモジュール内部の電気配線を示す図である。

【0019】

図2および図3に示すように、実施の形態1に係るパワー半導体モジュールの基本単位であるコアモジュール10では、MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)型のスイッチング素子であるMOSFET(MOS-Field-Effect Transistor)12aとフライホイールダイオード(Fly Wheel Diode:以下「FWD」と表記)12bとが逆並列に接続された第1の素子対12と、MOSFET14aとFWD14bとが逆並列に接続された第2の素子対14が樹脂封止されて形成されている。このように、基本単位であるコアモジュール10は、2個の素子対が1つのモジュール内に収容される、いわゆる2in1モジュールを構成している。なお、本実施の形態ではスイッチング素子としてMOS型のスイッチング素子を用いることとしたが、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)等の他のパワー半導体スイッチング素子を用いることとしてもよい。

40

【0020】

ここで、第1の素子対12では、MOSFETのドレイン(正側電極)とFWDのカソードとがモジュール内で接続され、その接続端は樹脂封止された部分の外側に引き出されてコアモジュール10における第1のドレイン電極D1(第1電極ともいう。)を構成し

50

、MOSFETのソース（負側電極）とFWDのアノードとがモジュール内で接続され、その接続端は樹脂封止された部分の外側に引き出されてコアモジュール10における第1のソース電極S1（第2電極ともいう。）を構成する。同様に、第2の素子対14では、MOSFETのドレイン（正側電極）とFWDのカソードとがモジュール内で接続され、その接続端は樹脂封止された部分の外側に引き出されてコアモジュール10における第2のドレイン電極D2（第3電極ともいう。）を構成し、MOSFETのソース（負側電極）とFWDのアノードとがモジュール内で接続され、その接続端は樹脂封止された部分の外側に引き出されてコアモジュール10における第2のソース電極S2（第4電極ともいう。）を構成する。ここで、図2に示すように、コアモジュール10の第1のドレイン電極D1、第1のソース電極S1、第2のドレイン電極D2、および第2のソース電極S2は、それぞれ樹脂封止されたコアモジュール10の表面に露出して設けられている。すなわち、コアモジュール10に内蔵されたスイッチング素子の正側電極および負側電極ごとに対応し、これらの電極に電氣的に接続される電極がコアモジュール10の表面に設けられている。

10

【0021】

図4(c)は、実施の形態1に係るパワー半導体モジュールの一例である500A定格1相モジュールの外観構成を示す分解斜視図である。図4(c)に示す500A定格1相モジュールは、図4(a)に示す端子付きカバー20Aと、図4(b)に示すコアモジュール10を用いて構成する。端子付きカバー20Aは、第1の面（図4の例では上部面）に向かい合う第2の面（図4の例では下部面）が開口する箱形構造であり、第1の面には、直流正極端子22Pの一部を構成する正極面状電極24P、直流負極端子22Nの一部を構成する負極面状電極24N、および交流端子22ACの一部を構成する交流面状電極24ACが形成されている。なお、正極面状電極24P、負極面状電極24Nおよび交流面状電極24ACのうちの少なくとも1つは、第1の面以外の他の面に形成されていてもよい。

20

【0022】

図5は、図4(a)に示した端子付きカバー20Aの裏面側かつ下方側から視認したときの斜視図である。端子付きカバー20Aの内部では、図5に示すように、内方に向かって突出した正極突状電極26P、負極突状電極26N、交流突状第1電極26AC1および交流突状第2電極26AC2が形成されると共に、正極突状電極26Pと正極面状電極24Pとを電氣的に接続するための正極連結電極28P、負極突状電極26Nと負極面状電極24Nとを電氣的に接続するための負極連結電極28N、ならびに、交流突状第1電極26AC1および交流突状第2電極26AC2のそれぞれと交流面状電極24ACとを電氣的に接続するための交流連結電極28ACが形成されている。正極突状電極26Pおよび正極連結電極28Pは、直流正極端子22Pの一部を構成する。負極突状電極26Pおよび負極連結電極28Nは、直流負極端子22Nの一部を構成する。交流第1突状電極26AC1、交流第2突状電極26AC2および交流連結電極28ACは、交流端子22ACの一部を構成する。

30

【0023】

実施の形態1に係るパワー半導体モジュールは、端子付きカバー20Aをコアモジュール10の上部、すなわち第1、第2のドレイン電極(D1, D2)および第1、第2のソース電極(S1, S2)が露出している側から被せると、端子付きカバー20Aに形成された正極突状電極26Pと第1のドレイン電極D1とが接触し、また、負極突状電極26Nと第2のソース電極S2とが接触し、そして交流突状第1電極26AC1と第1のソース電極S1とが接触し、さらに交流突状第2電極26AC2と第2のドレイン電極D2によるそれぞれの組が接触する。これらの電極同士の接触により、コアモジュール10と端子付きカバー20Aとの間の電気配線が為され、図4(c)に示す500A定格1相モジュールが得られる。

40

【0024】

図6は、図4に示す500A定格1相モジュールにおける端子付きカバー20A内部の

50

電気配線を示す図である。図6には、図3に示したコアモジュール10の回路構成が示されている。端子付きカバー20Aの内部では、コアモジュール10の第1のドレイン電極D1と端子付きカバー20Aの直流正極端子22Pを成す正極面状電極24Pとが正極突状電極26Pおよび正極連結電極28Pにて結線されると共に、コアモジュール10の第2のソース電極S2と端子付きカバー20Aの直流負極端子22Nを成す負極面状電極24Nとが負極突状電極26Nおよび負極連結電極28Nにて結線される。また、コアモジュール10の第1のソース電極S1と端子付きカバー20Aの交流端子22ACを成す交流突状第1電極26AC1とが結線され、コアモジュール10の第2のドレイン電極D2と端子付きカバー20Aの交流端子22ACを成す交流突状第2電極26AC2とが結線され、交流突状第1電極26AC1および交流突状第2電極26AC2に電氣的に接続されている交流連結電極28ACを介して交流端子22ACを成す交流面状電極24ACと結線される。このようにして、直流正極端子22P、直流負極端子22Nおよび交流端子22ACのそれぞれと、対応する第1、第2のドレイン電極(D1, D2)、第1、第2のソース電極(S1, S2)との間の電気配線が為され、コアモジュール10が構成される。

10

【0025】

図4および図6に示す500A定格1相モジュールは、インバータ回路を構成する1相分のレグまたはコンバータ回路を構成する1相分のレグに用いることができる。例えば、図1の構成において、インバータ130であれば、半導体素子UPI, UNI、半導体素子VPI, VNIおよび半導体素子WPI, WNIのそれぞれの組に用いることができる。また、コンバータ110であれば、半導体素子UPC, UNCおよび半導体素子VPC, VNCのそれぞれの組に用いることができる。

20

【0026】

実施の形態2.

図7は、実施の形態2に係るパワー半導体モジュールの一例である1000A定格1相モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図8は、図7に示す1000A定格1相モジュールにおける端子付きカバー20B内部の電気配線を示す図である。

【0027】

1000A定格1相モジュールは、図7に示すように、図2に示すコアモジュール10を2つ並べて配置し、2つのコアモジュール10における各電極が露出している側から端子付きカバー20Bを被せることで実現する。端子付きカバー20Bの内部には、図5に示す端子付きカバー20Aと同様な突状電極および連結電極(以下「電極部材」と称する)が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極(24P, 24N, 24AC)と、2つのコアモジュール10における各電極(D1, D2, S1, S2)とが電氣的に結線される。

30

【0028】

端子付きカバー20Bの内部では、図8に示すように、2つのコアモジュール10が並列に接続されるので、2倍の容量の1相モジュール、すなわち1000A定格1相モジュールが構成される。

【0029】

図7および図8に示す1000A定格1相モジュールは、インバータ回路を構成する各1相分の正側アームおよび負側アーム、または、コンバータ回路を構成する1相分の正側アームおよび負側アームに用いることができる。例えば、図1の構成において、インバータ130であれば、半導体素子UPI, UNI、半導体素子VPI, VNIおよび半導体素子WPI, WNIのそれぞれの組に用いることができる。また、コンバータ110であれば、半導体素子UPC, UNCおよび半導体素子VPC, VNCのそれぞれの組に用いることができる。何れの構成においても、500A定格1相モジュールを用いた場合よりも2倍の電流容量を確保することができる。

40

【0030】

実施の形態3.

50

図9は、実施の形態3に係るパワー半導体モジュールの一例である500A定格単相モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図10は、図9に示す500A定格単相モジュールにおける端子付きカバー20C内部の電気配線を示す図である。

【0031】

500A定格単相モジュールは、図9に示すように、図2に示すコアモジュール10を2つ並べて配置し、2つのコアモジュール10における各電極が露出している側から端子付きカバー20Cを被せることで実現する。端子付きカバー20Cの内部には、図5に示す端子付きカバー20Aと同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極(24P, 24N, 24AC1, 24AC2)と、2つのコアモジュール10における各電極(D1, D2, S1, S2)とが電氣的に結線される。

10

【0032】

端子付きカバー20Cの内部では、図10に示すように、2つのコアモジュール10が並列に接続される一方で、2つの交流端子同士(S1とD2)のそれぞれを電氣的に接続せずに、端子付きカバー20Cにおける2つの個別の交流端子(22AC1, 22AC2)に電氣的に接続することで、500A定格1相モジュールが並列に接続された500A定格単相モジュールが構成される。

【0033】

図9および図10に示す500A定格単相モジュールは、単相インバータ回路を構成するブリッジ回路、または、単相コンバータ回路を構成するブリッジ回路に用いることができる。例えば、図1の電力変換装置150の構成であれば、コンバータ110にそのまま用いることができる。

20

【0034】

実施の形態4.

図11は、実施の形態4に係るパワー半導体モジュールの一例である1500A定格1相モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図12は、図11に示す1500A定格1相モジュールにおける端子付きカバー20D内部の電気配線を示す図である。

【0035】

1500A定格1相モジュールは、図11に示すように、図2に示すコアモジュール10を3つ並べて配置し、3つのコアモジュール10における各電極が露出している側から端子付きカバー20Dを被せることで実現する。端子付きカバー20Dの内部には、図5に示す端子付きカバー20Aと同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極(24P, 24N, 24AC)と、3つのコアモジュール10における各電極(D1, D2, S1, S2)とが電氣的に結線される。

30

【0036】

端子付きカバー20Dの内部では、図12に示すように、3つのコアモジュール10が3並列に接続されるので、3倍の容量の1相モジュール、すなわち1500A定格1相モジュールが構成される。

【0037】

図11および図12に示す1500A定格1相モジュールは、インバータ回路を構成する各1相分のレグまたはコンバータ回路を構成する1相分のレグに用いることができる。例えば、図1の構成において、インバータ130であれば、半導体素子UPI, UNI、半導体素子VPI, VNIおよび半導体素子WPI, WNIのそれぞれの組に用いることができる。また、コンバータ110であれば、半導体素子UPC, UNCおよび半導体素子VPC, VNCのそれぞれの組に用いることができる。何れの構成においても、500A定格1相モジュールを用いた場合よりも3倍の電流容量を確保することができる。

40

【0038】

実施の形態5.

図13は、実施の形態5に係るパワー半導体モジュールの一例である500A定格3相モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図14は、図13に示す500A定格3相モジュールにおける端子付きカバー20E内部の電気配線を示す図である。

50

【 0 0 3 9 】

500A定格3相モジュールは、図13に示すように、図2に示すコアモジュール10を3つ並べて配置し、3つのコアモジュール10における各電極が露出している側から端子付きカバー20Eを被せることで実現する。端子付きカバー20Eの内部には、図5に示す端子付きカバー20Aと同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極(24P, 24N, 24AC1, 24AC2, 24AC3)と、3つのコアモジュール10における各電極(D1, D2, S1, S2)とが電氣的に結線される。

【 0 0 4 0 】

端子付きカバー20Eの内部では、図14に示すように、3つのコアモジュール10が3並列に接続される一方で、3つの交流端子同士(S1とD2)のそれぞれを電氣的に接続せずに、端子付きカバー20Cにおける3つの個別の交流端子(22AC1, 22AC2, 22AC3)に電氣的に接続することで、500A定格1相モジュールが3並列に接続された500A定格3相モジュールが構成される。

10

【 0 0 4 1 】

図13および図14に示す500A定格3相モジュールは、3相インバータ回路を構成するブリッジ回路、または、3相コンバータ回路を構成するブリッジ回路に用いることができる。例えば、図1の電力変換装置150の構成であれば、インバータ130にそのまま用いることができる。

【 0 0 4 2 】

上述したパワー半導体モジュールは、何れも2レベルの回路への適用例であったが、次の例では、3レベルの回路への適用例について説明する。

20

【 0 0 4 3 】

実施の形態6.

図15は、実施の形態6に係るパワー半導体モジュールの一例である500A定格1相3レベルモジュールの外観構成を示す斜視図であり、図16は、図15に示す500A定格1相3レベルモジュールにおける端子付きカバー20F内部の電気配線を示す図である。なお、図16では、便宜的に、添字a, b, cを付して、3つのコアモジュール10を識別している。

【 0 0 4 4 】

500A定格1相3レベルモジュールは、図15に示すように、図2に示すコアモジュール10を3つ並べて配置し、3つのコアモジュール10における各電極が露出している側から端子付きカバー20Fを被せることで実現する。端子付きカバー20Eの内部には、図5に示す端子付きカバー20Aと同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極(24P, 24C, 24N, 24AC)と、3つのコアモジュール10における各電極(D1, D2, S1, S2)とが電氣的に結線される。なお、面状電極24Cは、直流中点端子22Cの一部を構成する電極である。

30

【 0 0 4 5 】

端子付きカバー20Fの内部では、図16に示すように、3つのコアモジュール10のうち、第1のコアモジュール10aの第1のドレイン電極D1と端子付きカバー20Fの直流正極端子22Pとが電氣的に接続され、第1のコアモジュール10aの第2のソース電極S2と第2のコアモジュール10bの第1のドレイン電極D1と直流中点端子22Cとが電氣的に接続され、第2のコアモジュール10bの第2のソース電極S2と端子付きカバー20Fの直流負極端子22Nとが電氣的に接続され、第3のコアモジュール10cの第1のソース電極S1と第3のコアモジュール10cの第2のドレイン電極D2と交流端子22ACとが電氣的に接続され、3つの各コアモジュール間では、第1のコアモジュール10aの第1のソース電極S1と第1のコアモジュール10aの第2のドレイン電極D2と第3のコアモジュール10cの第1のドレイン電極D1とが電氣的に接続され、第2のコアモジュール10bの第1のソース電極S1と第2のコアモジュール10bの第2のドレイン電極D2と第3のコアモジュール10cの第2のソース電極S2とが電氣的に

40

50

接続されるように形成された電極部材によって結線される。これらの結線により、500 A 定格 1 相モジュールを 3 個使用した 500 A 定格 1 相 3 レベルモジュールが構成される。

【0046】

図 15 および図 16 に示す 500 A 定格 1 相 3 レベルモジュールは、3 レベルインバータ回路を構成する各 1 相分のレグまたは 3 レベルコンバータ回路を構成する 1 相分のレグに用いることができる。

【0047】

上述したパワー半導体モジュールは、基本単位であるコアモジュール 10 を 2 つもしくは 3 つ用いる例であったが、4 つ以上を用いてパワー半導体モジュールを構成してもよい。以下、4 つのコアモジュール 10 を用いてパワー半導体モジュールを構成する例について説明する。

10

【0048】

実施の形態 7 .

図 17 は、実施の形態 7 に係るパワー半導体モジュールの一例である 2000 A 定格 1 相モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図 18 は、図 17 に示す 2000 A 定格 1 相モジュールにおける端子付きカバー 20 G 内部の電気配線を示す図である。

【0049】

2000 A 定格 1 相モジュールは、図 17 に示すように、図 2 に示すコアモジュール 10 を 4 つ並べて配置し、4 つのコアモジュール 10 における各電極が露出している側から端子付きカバー 20 G を被せることで実現する。端子付きカバー 20 G の内部には、図 5 に示す端子付きカバー 20 A と同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極 (24 P, 24 N, 24 AC) と、3 つのコアモジュール 10 における各電極 (D1, D2, S1, S2) とが電氣的に結線される。

20

【0050】

端子付きカバー 20 G の内部では、図 18 に示すように、4 つのコアモジュール 10 が 4 並列に接続されるので、4 倍の容量の 1 相モジュール、すなわち 2000 A 定格 1 相モジュールが構成される。

【0051】

図 17 および図 18 に示す 2000 A 定格 1 相モジュールは、インバータ回路を構成する各 1 相分のレグまたはコンバータ回路を構成する 1 相分のレグに用いることができる。例えば、図 1 の構成において、インバータ 130 であれば、半導体素子 UPI, UNI、半導体素子 VPI, VNI および半導体素子 WPI, WNI のそれぞれの組に用いることができる。また、コンバータ 110 であれば、半導体素子 UPC, UNC および半導体素子 VPC, VNC のそれぞれの組に用いることができる。何れの構成においても、500 A 定格 1 相モジュールを用いた場合よりも 4 倍の電流容量を確保することができる。

30

【0052】

実施の形態 8 .

図 19 は、実施の形態 8 に係るパワー半導体モジュールの一例である複合モジュールの外観構成を示す斜視図であり、図 20 は、図 19 に示す複合モジュールにおける端子付きカバー 20 H 内部の電気配線を示す図である。

40

【0053】

図 20 に示す複合モジュールは、図 2 に示すコアモジュール 10 を 4 つ並べて配置し、4 つのコアモジュール 10 における各電極が露出している側から端子付きカバー 20 H を被せることで実現する。端子付きカバー 20 H の内部には、図 5 に示す端子付きカバー 20 A と同様な電極部材が構成されており、それらの電極部材を介することで、各面状電極 (24 P, 24 N, 24 AC) と、4 つのコアモジュール 10 における各電極 (D1, D2, S1, S2) とが電氣的に結線される。

【0054】

端子付きカバー 20 H の内部では、図 20 に示すように、4 つのコアモジュール 10 が

50

4並列に接続される一方で、4つの交流端子同士(S1とD2)のそれぞれを電氣的に接続せずに、端子付きカバー20Cにおける4つの個別の交流端子(22AC1, 22AC2, 22AC3, 22AC4)に電氣的に接続することで、500A定格1相モジュールが4並列に接続された複合モジュールが構成される。

【0055】

図19および図20に示す複合モジュールは、4つのコアモジュール10のうちの何れか3つのコアモジュール10によって構成される回路を500A定格の3相インバータ回路として用いることができ、残りの1つのコアモジュール10を例えばチョッパ回路として用いることができる。

【0056】

以上説明したように、本実施の形態に係るパワー半導体モジュールによれば、第1の素子対のスイッチング素子の正側電極および負側電極と第2の素子対のスイッチング素子の正側電極および負側電極のそれぞれに接続する電極が表面に露出したコアモジュール10と、各用途に合わせてコアモジュール10の電極を内部配線しモジュール端子として引き出す端子付きカバー20によってパワー半導体モジュールを構成している。これにより、各用途に合わせた端子付きカバー製造し、共通のコアモジュール10の数を変更するだけで電流容量、および2レベルまたは3レベルといった用途に応じた最適なパワー半導体モジュールを構成することができるため、汎用性が高く製造コストを削減することができる。

【0057】

また、本実施の形態に係るパワー半導体モジュールによれば、1または複数枚のコアモジュールを使用し、端子付きカバーの内部の電気配線を変更することで、500A定格1相モジュール、1000A定格1相モジュール、500A定格単相モジュール、1500A定格1相モジュール、500A定格3相モジュール、500A定格1相3レベルモジュール、2000A定格1相モジュールおよび複合モジュール(500A定格3相+チョッパ回路)を含む種々の電力変換モジュールを構成できるので、電力変換装置の製造コストを削減し、また、電力変換装置のサイズを低減することが可能となる。

【0058】

なお、本実施の形態では、コアモジュール1個の定格を500Aとする例について説明したが、500Aに限定されるものではない。例えば、コアモジュールのサイズを変更することで、任意の定格のものを形成することができる。

【0059】

また、コアモジュール10を構成するMOSFETおよびFWDの素材としては、例えば珪素(以下「Si」と表記)または炭化珪素(以下「SiC」と表記)を用いることができる。特に、SiCは、高温での使用が可能であるという特徴を有しているため、モジュールの許容動作温度をSiの場合よりも高めることができる。このため、各素子対におけるチップ占有面積をさらに小さくすることができ、モジュールサイズの更なる削減が可能となる。

【0060】

また、SiCの場合、チップ厚も薄くすることができるので、熱抵抗が小さくなるという利点もある。さらに、SiCをFWDとして使用した場合、オン電圧を低減することができるので、リカバリ損失も大幅に低減することができるという効果も得られる。このため、チップサイズを削減しても、温度上昇を抑制しつつ、損失を低減することができる。

【0061】

なお、SiCは、ワイドバンドギャップ半導体と称される半導体の一例であり、このSiC以外にも、例えば窒化ガリウム系材料または、ダイヤモンドを用いて形成される半導体もワイドバンドギャップ半導体に属する。したがって、SiC以外の他のワイドバンドギャップ半導体を用いる構成も、本発明の要旨を成すものである。

【0062】

また、本実施の形態では、鉄道車両用の電力変換装置に適用する場合について説明した

10

20

30

40

50

が、産業機械用途、電気自動車用途、ハイブリッド車用途、パワーコンディショナ用途などに用いられる電力変換装置においても、同一構成のインバータ回路、コンバータ回路が用いられるので、これら数多くのアプリケーションに適用可能であることは言うまでもない。

【0063】

さらに、本実施の形態では、AC-DCコンバータ、単相インバータまたは三相インバータに本発明を適用する場合を例に説明したが、昇圧チョッパ回路または降圧チョッパ回路等の他の電力変換装置に適用することも可能である。

【符号の説明】

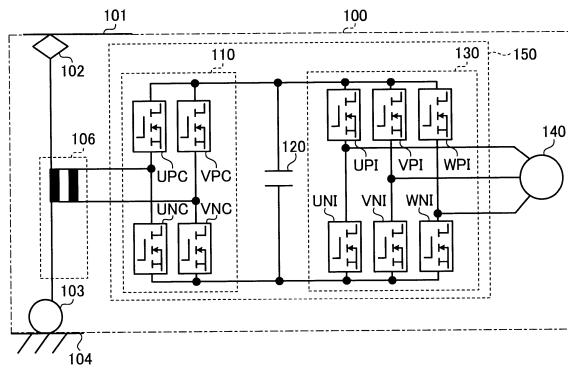
【0064】

10 コアモジュール、12 第1の素子対、14 第2の素子対、12a, 14a MOSFET、12b, 14b FWD、16a, 16b, 16c, 16d 導体配線、20A, 20B, 20C, 20D, 20E, 20F, 20G, 20H 端子付きカバー、22P 直流正極端子、22N 直流負極端子、22C 直流中点端子、22AC 交流端子、22AC1 第1の交流端子、22AC2 第2の交流端子、22AC3 第3の交流端子、22AC4 第4の交流端子、24P 正極面状電極、28P 正極連結電極、24N 負極面状電極、26P 正極突状電極、26N 負極突状電極、26AC1 交流突状第1電極、26AC2 交流突状第2電極、28N 負極連結電極、24AC 交流面状電極、28AC 交流連結電極、100 鉄道車両、101 架線、102 集電装置、103 車輪、104 レール、106 変圧器、110 コンバータ、120 コンデンサ、130 インバータ、140 電動機、150 電力変換装置、D1 第1のドレイン電極、D2 第2のドレイン電極、S1 第1のソース電極、S2 第2のソース電極、UNC, VNC, UNI, VNI, WNI, UPC, VPC, UPI, VPI, WPI 半導体素子。

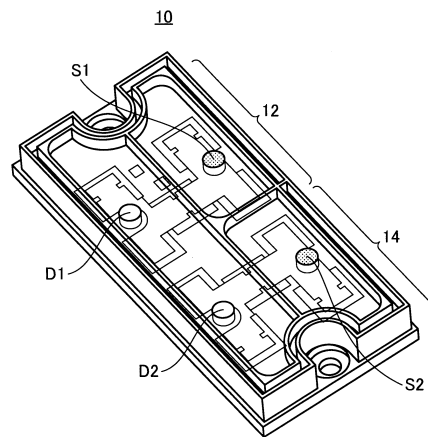
10

20

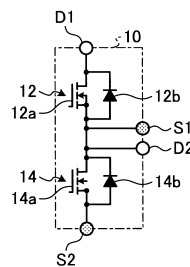
【図1】



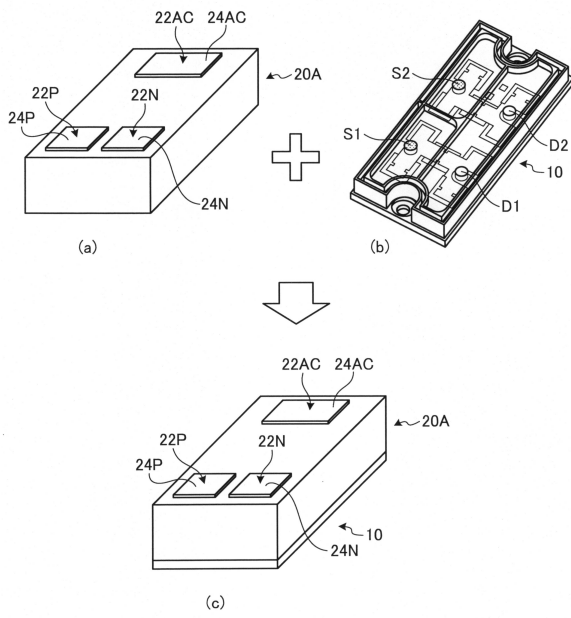
【図2】



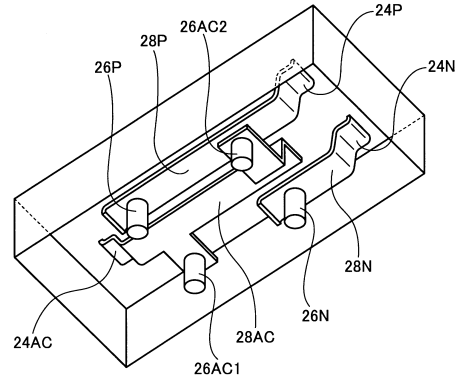
【図3】



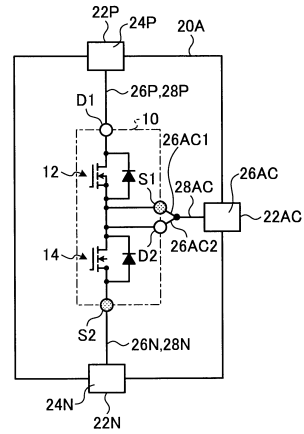
【 図 4 】



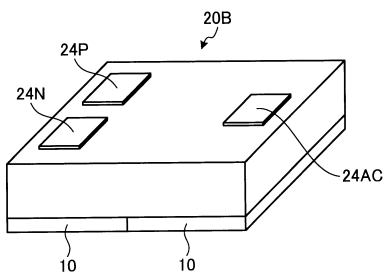
【 図 5 】



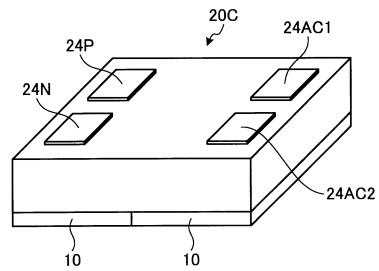
【 図 6 】



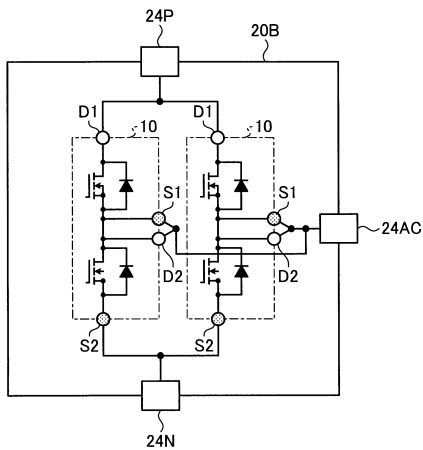
【 図 7 】



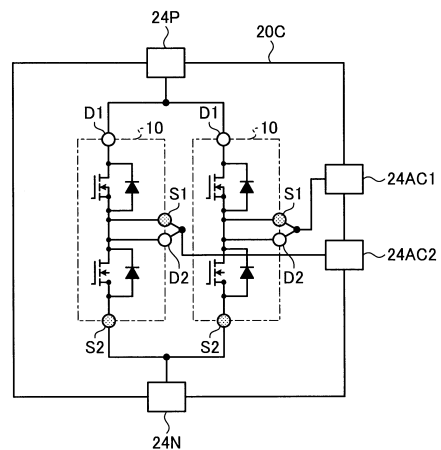
【 図 9 】



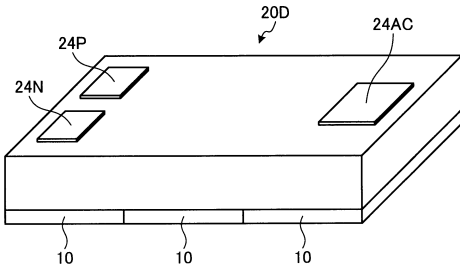
【 図 8 】



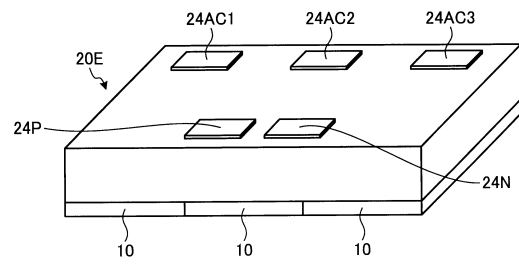
【 図 10 】



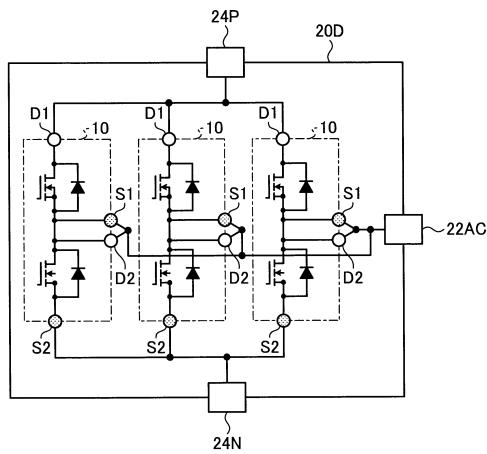
【図11】



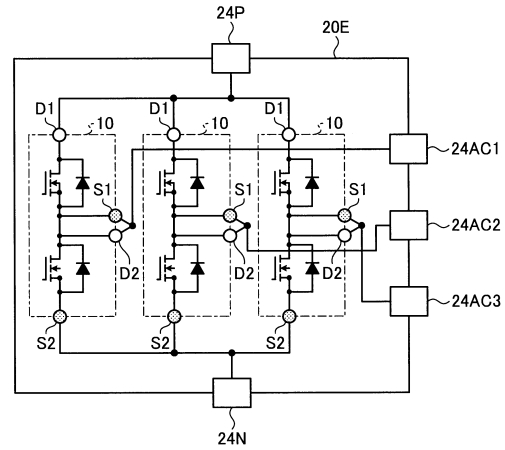
【図13】



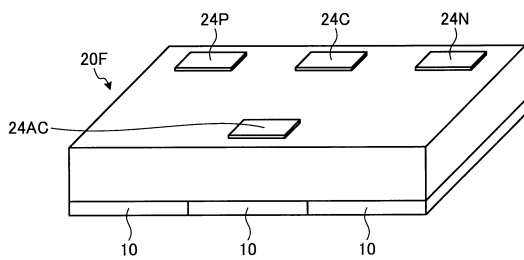
【図12】



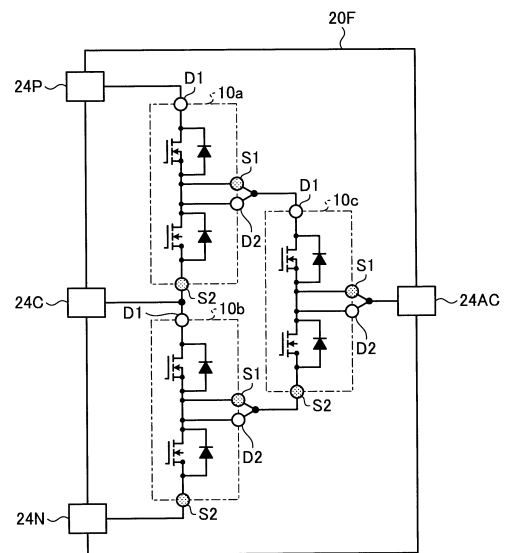
【図14】



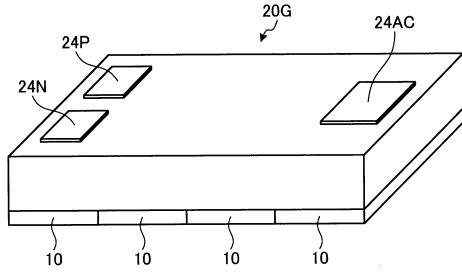
【図15】



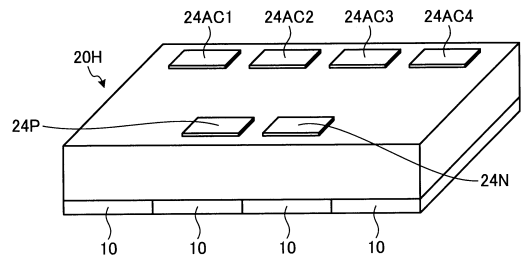
【図16】



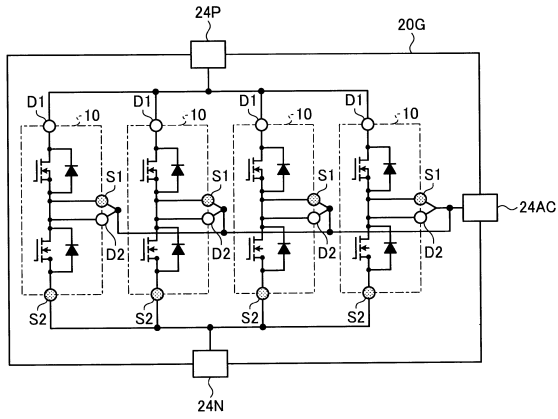
【図17】



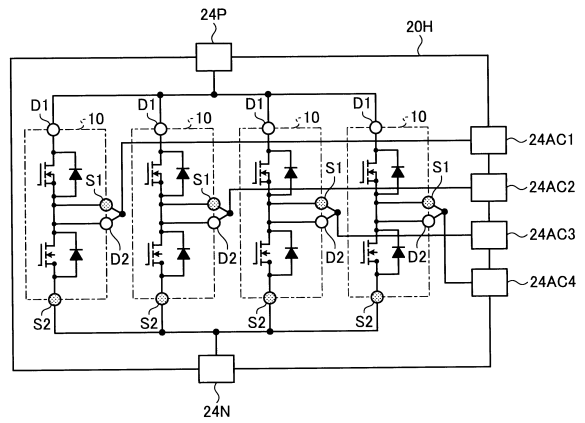
【図19】



【図18】



【図20】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-080931(JP,A)
特開2010-027814(JP,A)
特開2012-119618(JP,A)
特開2010-178581(JP,A)
特開2013-236476(JP,A)
実開平06-031154(JP,U)
国際公開第2012/169521(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 25/07
H01L 23/28
H01L 25/18
H02M 7/48