

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6743782号  
(P6743782)

(45) 発行日 令和2年8月19日(2020.8.19)

(24) 登録日 令和2年8月3日(2020.8.3)

(51) Int.Cl.

H02M 7/48 (2007.01)

F 1

H02M 7/48

Z

請求項の数 4 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-156257 (P2017-156257)  
 (22) 出願日 平成29年8月11日 (2017.8.11)  
 (65) 公開番号 特開2019-37049 (P2019-37049A)  
 (43) 公開日 平成31年3月7日 (2019.3.7)  
 審査請求日 令和1年9月9日 (2019.9.9)

(73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地  
 (74) 代理人 110000648  
 特許業務法人あいち国際特許事務所  
 (72) 発明者 山平 優  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 松岡 哲矢  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内  
 (72) 発明者 福島 和馬  
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電力変換装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スイッチング素子(20)を内蔵した半導体モジュール(2)と、該半導体モジュールを冷却する冷却管(11)とを積層した積層体(10)と、

上記半導体モジュールに加わる直流電圧を平滑化するコンデンサ(3)と、

上記スイッチング素子を流れる電流を測定する電流センサ(4)とを備え、

上記半導体モジュールには、上アーム側に配される上アーム半導体モジュール(2<sub>U</sub>)と、下アーム側に配される下アーム半導体モジュール(2<sub>L</sub>)とがあり、上記上アーム半導体モジュールと上記下アーム半導体モジュールとを、上記積層体の積層方向(X)に交互に積層してあり、

個々の上記半導体モジュールは、上記スイッチング素子を内蔵した本体部(21)と、該本体部から突出した複数のパワー端子(22)とを有し、

該パワー端子の突出方向(Z)と上記積層方向との双方に直交する直交方向(Y)における、上記積層体の一方側に上記コンデンサを配置し、他方側に上記電流センサを配置してあり、

個々の上記半導体モジュールは、上記パワー端子として、上記スイッチング素子のコレクタ電極に接続した2本のコレクタ端子(22<sub>C</sub>)と、上記スイッチング素子のエミッタ電極に接続した1本のエミッタ端子(22<sub>E</sub>)とを有し、上記直交方向において、上記2本のコレクタ端子の間に上記エミッタ端子が配されている、電力変換装置(1)。

## 【請求項 2】

10

20

個々の上記半導体モジュールは、互いに並列に接続された複数個の上記スイッチング素子を内蔵している、請求項 1 に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

上記パワー端子には、上記コンデンサに接続する直流端子と、交流端子とがあり、該交流端子から出力される電流を上記電流センサによって測定しており、上記上アーム半導体モジュールと上記下アーム半導体モジュールとの 2 種類の上記半導体モジュールのうち、第 1 の半導体モジュールは、上記直流端子を複数本有し、第 2 の半導体モジュールは上記交流端子を複数本有し、上記第 1 の半導体モジュールに含まれる複数の上記直流端子を直 10 流バスバー (5) によって連結しており、上記複数の直流端子のうち上記コンデンサに近い側の上記直流端子から、上記直流バスバーが、上記直交方向における上記コンデンサ側に延出し、上記第 2 の半導体モジュールに含まれる複数の上記交流端子を交流バスバー (6) によって連結しており、上記複数の交流端子のうち上記電流センサに近い側の上記交流端子から、上記交流バスバーが、上記直交方向における上記電流センサ側に延出している、請求項 1 又は 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

上記スイッチング素子には還流ダイオード (23) が逆並列接続しており、上記スイッチング素子と上記還流ダイオードとを同一の半導体チップ (24) に形成してある、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、半導体モジュールと冷却管とを積層した電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、スイッチング素子を内蔵した半導体モジュールと、該半導体モジュールを冷却する冷却管とを積層して積層体を構成した電力変換装置が知られている（下記特許文献 1 参照）。上記半導体モジュールは、上記スイッチング素子を内蔵した本体部と、該本体部から突出したパワー端子とを備える。この電力変換装置は、上記スイッチング素子をオンオフ動作させることにより、例えば直流電力と交流電力との間で電力変換を行うよう構成されている。

30

【0003】

スイッチング素子には、上アーム側に配される上アームスイッチング素子と、下アーム側に配される下アームスイッチング素子がある。電力変換装置では、1 個の半導体モジュール内に、上アームスイッチング素子と下アームスイッチング素子とを両方とも設けることが多い。

【0004】

また、上記電力変換装置は、半導体モジュールに加わる直流電圧を平滑化するコンデンサと、半導体モジュールの出力電流を測定する電流センサとを有する。上記電力変換装置では、上記パワー端子の突出方向において積層体に隣り合う位置に、コンデンサを配置してある（図 24 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2013-106397 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記電力変換装置は、コンデンサ等の部品を冷却しにくいという課題がある。すなわち、上記電力変換装置では、コンデンサを、上記突出方向において積層体に隣り合う位置に配置してある（図 24 参照）。そのため、パワー端子が邪魔になってコン

50

デンサを積層体に接近させにくく、積層体内の冷却管によってコンデンサを冷却しにくい。また、上記構成にすると、半導体モジュールとコンデンサとを接続するバスバーが長くなるため、バスバーの抵抗熱が大きくなり、この熱によってコンデンサの温度が上昇しやすい。

#### 【0007】

また、上述したように、電力変換装置では、1個の半導体モジュールに上アームスイッチング素子と下アームスイッチング素子とを両方とも設けることが多い。この場合、出力用のパワー端子（出力端子）が1本になり（図25参照）、この1本の出力端子に常に出力電流が流れることになる。そのため、出力端子が大きく発熱し、この熱がコンデンサや電流センサに伝わりやすくなる。

10

#### 【0008】

また、上記電力変換装置のように、コンデンサを、突出方向において積層体に隣り合う位置に配置すると、電力変換装置の突出方向長さが長くなり、電力変換装置を小型化しにくいという課題もある。

#### 【0009】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、コンデンサおよび電流センサの冷却効率を向上でき、かつパワー端子の突出方向における装置全体の長さを短くすることが可能な電力変換装置を提供しようとするものである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0010】

20

本発明の一態様は、スイッチング素子（20）を内蔵した半導体モジュール（2）と、該半導体モジュールを冷却する冷却管（11）とを積層した積層体（10）と、上記半導体モジュールに加わる直流電圧を平滑化するコンデンサ（3）と、上記スイッチング素子を流れる電流を測定する電流センサ（4）とを備え、上記半導体モジュールには、上アーム側に配される上アーム半導体モジュール（2<sub>U</sub>）と、下アーム側に配される下アーム半導体モジュール（2<sub>L</sub>）とがあり、上記上アーム半導体モジュールと上記下アーム半導体モジュールとを、上記積層体の積層方向（X）に交互に積層してあり、

個々の上記半導体モジュールは、上記スイッチング素子を内蔵した本体部（21）と、該本体部から突出した複数のパワー端子（22）とを有し、

30

該パワー端子の突出方向（Z）と上記積層方向との双方に直交する直交方向（Y）における、上記積層体の一方側に上記コンデンサを配置し、他方側に上記電流センサを配置してあり、

個々の上記半導体モジュールは、上記パワー端子として、上記スイッチング素子のコレクタ電極に接続した2本のコレクタ端子（22<sub>C</sub>）と、上記スイッチング素子のエミッタ電極に接続した1本のエミッタ端子（22<sub>E</sub>）とを有し、上記直交方向において、上記2本のコレクタ端子の間に上記エミッタ端子が配されている、電力変換装置（1）にある。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

40

上記電力変換装置においては、上記直交方向における、上記積層体の一方側にコンデンサを配置し、他方側に電流センサを配置してある。そのため、コンデンサ及び電流センサを積層体に接近させることができ、これらコンデンサ及び電流センサを、積層体内の冷却管によって冷却することができる。また、半導体モジュールからコンデンサや電流センサまでの距離が短くなるため、これらを繋ぐバスバーを短くすることができる。したがって、バスバーの発熱量を低減でき、この熱によってコンデンサ等の温度が上昇する不具合を抑制できる。

#### 【0012】

また、本態様のように、直交方向における、積層体の一方側にコンデンサを配置し、他方側に電流センサを配置すると、これらコンデンサと積層体と電流センサとが上記突出方向に重なって配置されなくなるため、突出方向における電力変換装置の長さを短くするこ

50

とができる。

【0013】

また、上記電力変換装置では、上アーム側の半導体モジュール（上アーム半導体モジュール）と、下アーム側の半導体モジュール（下アーム半導体モジュール）とを別々にしてある。そのため、上アーム半導体モジュールと下アーム半導体モジュールとに、それぞれ出力用のパワー端子（出力端子）を形成することができる。したがって、出力電流を、上アーム側の出力端子と下アーム側の出力端子とに交互に流すことができ、出力端子の発熱量を低減できる。そのため、この熱がコンデンサや電流センサに伝わって温度が上昇する不具合を抑制できる。

【0014】

10

以上のごとく、上記態様によれば、コンデンサおよび電流センサの冷却効率を向上でき、かつパワー端子の突出方向における装置全体の長さを短くすることが可能な電力変換装置を提供することができる。

なお、特許請求の範囲及び課題を解決する手段に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】参考形態1における、電力変換装置の断面図。

【図2】図1から正極バスバーを取り除いた図。

20

【図3】図2から負極バスバーを取り除いた図。

【図4】図1のIV-IV断面図。

【図5】参考形態1における、電力変換装置の回路図。

【図6】参考形態1における、半導体モジュールの平面図。

【図7】図6のVII-VII断面図。

【図8】参考形態1における、半導体モジュールの回路図。

【図9】参考形態1における、スイッチング素子と還流ダイオードを別にした半導体モジュールの平面図。

【図10】参考形態2における、電力変換装置の回路図。

【図11】参考形態2における、半導体モジュールの平面図。

30

【図12】参考形態2における、スイッチング素子と還流ダイオードを別にした半導体モジュールの平面図。

【図13】実施形態1における、電力変換装置の断面図。

【図14】図13の要部拡大図。

【図15】実施形態1における、半導体モジュールの平面図。

【図16】実施形態1における、コレクタ端子とコレクタ側放熱板の平面図。

【図17】実施形態1における、エミッタ端子とエミッタ側放熱板の平面図。

【図18】実施形態1における、半導体モジュールの回路図。

【図19】実施形態1における、電力変換装置の回路図。

【図20】参考形態3における、電力変換装置の要部拡大断面図。

40

【図21】参考形態3における、半導体モジュールの平面図。

【図22】参考形態3における、半導体モジュールの回路図。

【図23】参考形態4における、電力変換装置の回路図。

【図24】比較形態1における、電力変換装置の断面図。

【図25】比較形態2における、電力変換装置の一部の回路図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

(参考形態1)

上記電力変換装置に係る実施形態について、図1～図9を参照して説明する。図1、図4に示すごとく、本形態の電力変換装置1は、積層体10と、コンデンサ3と、電流セン

50

サ4とを備える。積層体10は、半導体モジュールと冷却管11とを積層してなる。図5～図7に示すごとく、半導体モジュール2は、スイッチング素子20を内蔵している。

【0017】

図5に示すごとく、コンデンサ3は、半導体モジュール2に加わる直流電圧を平滑化する。電流センサ4は、スイッチング素子20を流れる電流（本形態では出力電流）を測定する。

【0018】

半導体モジュール2には、上アーム側に配される上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と、下アーム側に配される下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とがある。図1～図3に示すごとく、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とを、積層体10の積層方向（X方向）に交互に積層してある。

10

【0019】

図1、図4に示すごとく、個々の半導体モジュール2は、スイッチング素子20を内蔵した本体部21と、該本体部21から突出した複数のパワー端子22とを有する。

【0020】

パワー端子22の突出方向（Z方向）とX方向との双方に直交する直交方向（Y方向）における、積層体10の一方側にコンデンサ3を配置してあり、他方側に電流センサ4を配置してある。

【0021】

本形態の電力変換装置1は、電気自動車やハイブリッド車等の車両に搭載するための、車載用電力変換装置である。図5に示すごとく、本形態では、複数個の半導体モジュール2を用いて、インバータ回路100を構成している。個々の半導体モジュール2をスイッチング動作させることにより、直流電源8から供給される直流電力を交流電力に変換している。そして、得られた交流電力を用いて三相交流モータ81を駆動し、上記車両を走行させている。

20

【0022】

図5に示すごとく、スイッチング素子20には、上アーム側に配される上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>と、下アーム側に配される下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>とがある。上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>は、互いに並列に接続された複数の上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>を内蔵している。また、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>は、互いに並列に接続された複数の下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>を内蔵している。

30

【0023】

個々のスイッチング素子20には、還流ダイオード23が逆並列接続している。スイッチング素子20と還流ダイオード23とは、同一の半導体チップ24（図6、図7参照）に形成されている。本形態では、スイッチング素子20として、R C - I G B T（Reverse Conducting IGBT）を用いている。

【0024】

図5に示すごとく、個々の半導体モジュール2は、コレクタ端子22<sub>C</sub>とエミッタ端子22<sub>E</sub>とを備える。上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>のコレクタ端子22<sub>C</sub>は正極端子22<sub>P</sub>となつており、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>のエミッタ端子22<sub>E</sub>は負極端子22<sub>N</sub>となつてている。正極端子22<sub>P</sub>には正極バスバー5<sub>P</sub>が接続し、負極端子22<sub>N</sub>には負極バスバー5<sub>N</sub>が接続している（図1～図4参照）。これらのバスバー5<sub>P</sub>、5<sub>N</sub>を介して、半導体モジュール2をコンデンサ3に接続してある。

40

【0025】

上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>のエミッタ端子22<sub>E</sub>と、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>のコレクタ端子22<sub>C</sub>とは、交流端子22<sub>A</sub>になっている。交流端子22<sub>A</sub>には交流バスバー6が接続している（図1～図4参照）。この交流バスバー6を流れる電流を、電流センサ4によって測定している。電流センサ4は、電流の測定値を制御部7に送信する。制御部7は、この測定値を、半導体モジュール2のスイッチング制御に利用する。

【0026】

50

図1～図4に示すごとく、パワー端子22には、コンデンサ3に接続する直流端子22<sub>P</sub>、22<sub>N</sub>と、交流端子22<sub>A</sub>とがある。この交流端子22<sub>A</sub>から出力される電流を電流センサ4によって測定している。個々の半導体モジュール2は、直流端子（正極端子22<sub>P</sub>又は負極端子22<sub>N</sub>）と、交流端子22<sub>A</sub>とをそれぞれ1本備える。Y方向におけるコンデンサ3側に直流端子22<sub>P</sub>、22<sub>N</sub>を配置し、Y方向における電流センサ4側に交流端子22<sub>A</sub>を配置してある。

#### 【0027】

図4に示すごとく、コンデンサ3は、コンデンサ素子30と、コンデンサケース31と、封止部材32とを備える。封止部材32によって、コンデンサ素子30をコンデンサケース31内に封止してある。コンデンサ素子30の電極面300に、直流バスバー5<sub>P</sub>、5<sub>N</sub>が接続している。

#### 【0028】

また、電流センサ4は、センサ素子40と、該センサ素子40を保持する保持部41とを備える。センサ素子40には、ホール素子やGMR素子等が用いられる。

#### 【0029】

次に、半導体モジュール2の構造について、より詳細に説明する。図6、図7に示すごとく、半導体モジュール2は、スイッチング素子20を内蔵した本体部21と、該本体部21から突出した2本のパワー端子22とを備える。図7に示すごとく、スイッチング素子20は、エミッタ側放熱板220<sub>E</sub>と、コレクタ側放熱板220<sub>C</sub>とに挟持されている。エミッタ側放熱板220<sub>E</sub>は、スイッチング素子20のエミッタ電極26<sub>E</sub>に接続し、コレクタ側放熱板220<sub>C</sub>はコレクタ電極26<sub>C</sub>に接続している。これらの放熱板220<sub>E</sub>、220<sub>C</sub>は、本体部21から露出している。また、エミッタ側放熱板220<sub>E</sub>からエミッタ端子22<sub>E</sub>が突出し、コレクタ側放熱板220<sub>C</sub>からコレクタ端子22<sub>C</sub>が突出している。

#### 【0030】

次に、積層体10の構造についてより詳細に説明する。図3に示すごとく、本形態では、X方向に隣り合う2本の冷却管11を、連結管16によって連結してある。連結管16は、Y方向における、冷却管11の両端に配されている。また、複数の冷却管11のうち、X方向における一端に位置する端部冷却管11<sub>a</sub>には、冷媒12を導入するための導入管13と、冷媒12を導出するための導出管14とが接続している。導入管13から冷媒12を導入すると、冷媒12は連結管16を通って全ての冷却管11内を流れ、導出管14から導出する。これにより、半導体モジュール2を冷却している。

#### 【0031】

また、X方向において積層体10に隣り合う位置には、加圧部材15（板ばね）が配されている。この加圧部材15を用いて、積層体10をX方向に加圧している。これにより、積層体10をケース17内に固定すると共に、半導体モジュール2と冷却管11との接觸圧を確保している。

#### 【0032】

次に、本形態の作用効果について説明する。図1、図4に示すごとく、本形態では、Y方向における、積層体10の一方側にコンデンサ3を配置し、他方側に電流センサ4を配置してある。そのため、コンデンサ3及び電流センサ4を積層体10に接近させることができ、これらコンデンサ3及び電流センサ4を、積層体10内の冷却管11によって冷却することができる。また、半導体モジュール2からコンデンサ3や電流センサ4までの距離が短くなるため、これらを繋ぐバスバー5、6を短くすることができる。したがって、バスバー5、6の発熱量を低減でき、この熱によってコンデンサ3や電流センサ4の温度が上昇する不具合を抑制できる。

#### 【0033】

従来の電力変換装置1は、図24に示すごとく、Z方向において積層体10に隣り合う位置に、コンデンサ3を配置していた。そのため、パワー端子22が邪魔になってコンデンサ3を冷却管11に近づけにくくなり、コンデンサ3を効率的に冷却しにくかった。また、半導体モジュール2からコンデンサ3までの電流経路長が長いため、直流バスバー5

10

20

30

40

50

<sub>P</sub>, 5<sub>N</sub>の発熱量が多く、コンデンサ3の温度が上昇しやすかった。これに対して、図4に示すごとく、本形態のように、コンデンサ3をY方向において積層体10に隣り合う位置に配置すれば、コンデンサ3を冷却管11に接近でき、コンデンサ3を冷却しやすくなる。また、直流バスバー5<sub>P</sub>, 5<sub>N</sub>を短くすることができるため、直流バスバー5<sub>P</sub>, 5<sub>N</sub>の発熱量を低減でき、コンデンサ3の温度が上昇することを抑制できる。

#### 【0034】

また、図24に示すごとく、従来のように、コンデンサ3を、Z方向において積層体10に隣り合う位置に配置すると、電力変換装置1のZ方向長さが長くなりやすい。そのため、電力変換装置1が大型化しやすくなる。これに対して、図4に示すごとく、本形態のように、Y方向における積層体10の一方側にコンデンサ3を配置し、他方側に電流センサ4を配置すれば、電力変換装置1のZ方向長さを短くすることができる。そのため、電力変換装置1を小型化できる。

10

#### 【0035】

また、本形態では、図5に示すごとく、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とを別々にしてある。すなわち、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>と下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>とを別の半導体モジュール2に設けてある。そのため、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とに、それぞれ交流端子22<sub>A</sub>を形成することができる。したがって、電流が、上アーム側の交流端子22<sub>AU</sub>と下アーム側の交流端子22<sub>AL</sub>とを交互に流れるようになり、交流端子22<sub>A</sub>の発熱量を低減できる。そのため、この熱がコンデンサ3や電流センサ4に伝わって温度が上昇する不具合を抑制できる。

20

#### 【0036】

すなわち、図25に示すごとく、従来のように、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>と下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>とを同一の半導体モジュール2に内蔵させた場合、これら2個のスイッチング素子20<sub>U</sub>, 20<sub>L</sub>に対して、交流端子22<sub>A</sub>が1本しか形成されなくなる。そのため、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>をオンした場合も、下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>をオンした場合も、電流が常に1本の交流端子22<sub>A</sub>に流れてしまい、この交流端子22<sub>A</sub>が発熱して、電流センサ4等の温度が上昇しやすくなる。

これに対して、図5に示すごとく、本形態のように、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>と下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>とを別々の半導体モジュール2に設ければ、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>用の交流端子22<sub>AU</sub>と、下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>用の交流端子22<sub>AL</sub>とを、別々にすることができる。そのため、上アームスイッチング素子20<sub>U</sub>をオンしたときには、上アーム側の交流端子22<sub>AU</sub>のみ電流が流れ、下アームスイッチング素子20<sub>L</sub>をオンしたときには、下アーム側の交流端子22<sub>AL</sub>のみ電流が流れる。したがって、個々の交流端子22<sub>AU</sub>, 22<sub>AL</sub>から発生する抵抗熱を低減でき、この熱が電流センサ4等に伝わって温度が上昇することを抑制できる。

30

#### 【0037】

このように、本形態の電力変換装置1は、コンデンサ3及び電流センサ4を、Y方向において積層体10に隣り合う位置に配置することによって、これらコンデンサ3等を冷却できる効果と、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とを別々にすることによって、交流端子22<sub>AU</sub>, 22<sub>AL</sub>の発熱量を低減し、コンデンサ3等の温度上昇を抑制する効果とを、相乗的に発揮させることができる。これによって、コンデンサ3及び電流センサ4を高い効率で冷却することが可能になる。

40

#### 【0038】

また、本形態の半導体モジュール2は、図5、図8に示すごとく、互いに並列に接続された複数のスイッチング素子20を備える。このようにすると、スイッチング素子20を高速でスイッチング動作させることができ、スイッチング素子20の発熱量を低減できる。

すなわち、図25に示すごとく、従来では、例えば2個の下アームスイッチング素子20<sub>LA</sub>, 20<sub>LB</sub>を別々の半導体モジュール2に設け、これら2個の下アームスイッチング素

50

子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  を負極バスバー  $5_N$  によって接続していた。この場合、負極バスバー  $5_N$  が完全に対称に形成されていない等の理由により、第 1 下アームスイッチング素子  $20_{LA}$  を流れ負極バスバー  $5_N$  を通過する電流  $i$  と、第 2 下アームスイッチング素子  $20_{LB}$  を流れ負極バスバー  $5_N$  を通過する電流  $i$  との、電流経路の長さが異なってしまうことがある。そのため、2 個のスイッチング素子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  に、それぞれ値の異なるインダクタンス  $L$  ( $L_A$ ,  $L_B$ ) が寄生する可能性がある。この場合、2 つのスイッチング素子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  を同時にオンし、電流  $i$  が流れたとき、各インダクタンス  $L$  ( $L_A$ ,  $L_B$ ) に生じる電圧  $V$  ( $= L d i / d t$ ) が互いに異なってしまう。その結果、2 個の下アームスイッチング素子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  のエミッタの電位  $V_{EA}$ ,  $V_{EB}$  が互いに異なってしまう。ドライブ回路 70 は、これらの電位  $V_{EA}$ ,  $V_{EB}$  の中間の電位  $V_M$  を基準にしてゲートに電圧を加えるため、2 個のスイッチング素子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  の、ゲート-エミッタ間に加わる電圧が互いに異なってしまう。これが原因となって、各スイッチング素子  $20_{LA}$ ,  $20_{LB}$  が発振しやすくなる。この問題を抑制するためには、スイッチング速度を遅くし (すなわち  $d i / d t$  を小さくし)、インダクタンス  $L$  ( $L_A$ ,  $L_B$ ) に発生する電圧  $V$  ( $= L d i / d t$ ) を小さくする必要があるが、スイッチング速度を遅くするとスイッチング損失が大きくなりやすくなる。なお、上アームスイッチング素子  $20_{UA}$ ,  $20_{UB}$  についても同様の問題が生じる。10

これに対して、図 8 に示すごとく、本形態のように、互いに並列に接続された 2 個のスイッチング素子  $20_A$ ,  $20_B$  を 1 個の半導体モジュール 2 内に設ければ、これらのスイッチング素子  $20_A$ ,  $20_B$  の電流は、両方とも、半導体モジュール 2 内の放熱板 220 を流れるため、寄生するインダクタンス  $L$  ( $L_A$ ,  $L_B$ ) を小さく、かつ均等にしやすくなる。そのため、スイッチング素子  $20_A$ ,  $20_B$  を高いスイッチング速度でオンしても、個々のインダクタンス  $L$  ( $L_A$ ,  $L_B$ ) に生じる電圧  $V$  ( $= L d i / d t$ ) を殆ど等しくすることができる。したがって、スイッチング速度を高くしても、発振しにくくなる。そのため、スイッチング素子 20 の損失を低減できる。その結果、発生した熱が電流センサ 4 やコンデンサ 3 に伝わって温度が上昇する不具合を抑制できる。20

#### 【0039】

また、図 1、図 4 に示すごとく、本形態では、半導体モジュール 2 の直流端子  $22_P$ ,  $22_N$  を、Y 方向におけるコンデンサ 3 側に配置し、交流端子  $22_A$  を、Y 方向における電流センサ 4 側に配置してある。30

そのため、直流端子  $22_P$ ,  $22_N$  とコンデンサ 3 とを接続する直流バスバー  $5_P$ ,  $5_N$  の、Y 方向長さを短くすることができる。また、交流端子  $22_A$  から電流センサ 4 までの、交流バスバー 6 の Y 方向長さを短くすることができる。したがって、これらのバスバー 5, 6 から発生する抵抗熱を低減でき、コンデンサ 3 及び電流センサ 4 の温度上昇をより抑制することができる。

#### 【0040】

また、図 6 に示すごとく、本形態では、スイッチング素子 20 と還流ダイオード 23 を、同一の半導体チップ 24 に形成してある。

そのため、半導体モジュール 2 を小型化できる。したがって、スイッチング素子 20 から各パワー端子  $22_C$ ,  $22_E$  までの距離を短くすることができ、これらの間に寄生するインダクタンスを低減できる。そのため、インダクタンスのばらつきを低減でき、スイッチング速度を高くすることができる。したがって、スイッチング素子 20 の損失を低減でき、半導体モジュール 2 の発熱を抑制できる。そのため、半導体モジュール 2 の熱がコンデンサ 3 や電流センサ 4 に伝わって温度が上昇する不具合を抑制しやすくなる。40

#### 【0041】

以上のごとく、本形態によれば、コンデンサおよび電流センサの冷却効率を向上でき、かつパワー端子の突出方向における装置全体の長さを短くすることが可能な電力変換装置を提供することができる。

#### 【0042】

なお、本形態では、スイッチング素子 20 として R C - I G B T を用いたが、本発明は50

これに限るものではなく、MOS-FETを用いてもよい。

【0043】

また、図6に示すごとく、本形態では、スイッチング素子20と還流ダイオード23とを同一の半導体チップ24に形成したが、本発明はこれに限るものではない。すなわち、図9に示すごとく、スイッチング素子20と還流ダイオード23とを別々にしてもよい。

【0044】

以下の形態においては、図面に用いた符号のうち、参考形態1において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、参考形態1と同様の構成要素等を表す。

【0045】

(参考形態2)

10

本形態は、半導体モジュール2の構成を変更した例である。図10、図11に示すごとく、本形態では、1個の半導体モジュール2に1個のスイッチング素子20のみ内蔵させている。個々のスイッチング素子20には、還流ダイオード23が逆並列接続している。これらスイッチング素子20と還流ダイオード23とは、同一の半導体チップ24に形成されている。

【0046】

半導体モジュール2には、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とがある。本形態では、参考形態1と同様に、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とを、交互に積層してある(図1参照)。また、Y方向における積層体10の一方側にコンデンサ3を配置し、他方側に電流センサ4を配置してある。

20

その他、参考形態1と同様の構成および作用効果を備える。

【0047】

なお、本形態では、図11に示すごとく、スイッチング素子20と還流ダイオード23とを同一の半導体チップ24に形成したが、本発明はこれに限るものではない。すなわち、図12に示すごとく、スイッチング素子20と還流ダイオード23とを別々に形成してもよい。

【0048】

(実施形態1)

本形態は、半導体モジュール2の構成を変更した例である。図13、図14に示すごとく、本形態では、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>との2種類の半導体モジュール2のうち、一方の半導体モジュール2(本形態では上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>)は、2本の直流端子22(正極端子22<sub>P</sub>)と、一本の交流端子22<sub>A</sub>とを備える。また、他方の半導体モジュール2(本形態では下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>)は、2本の交流端子22<sub>A</sub>と、一本の直流端子22(22<sub>N</sub>)を備える。

30

【0049】

上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>の2本の直流端子22(22<sub>P</sub>)は、直流バスバー5<sub>P</sub>によって連結されている。また、2本の直流端子22(22<sub>P</sub>)のうち、Y方向においてコンデンサ3に近い側の直流端子22(22<sub>PA</sub>)から、直流バスバー5<sub>P</sub>が、Y方向におけるコンデンサ3側に延びている。

【0050】

40

また、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>の2本の交流端子22<sub>A</sub>は、交流バスバー6によって連結されている。そして、2本の交流端子22<sub>A</sub>のうち、Y方向において電流センサ4に近い側の交流端子22<sub>AA</sub>から、交流バスバー6が、Y方向における電流センサ4側に延出している。

【0051】

図15に示すごとく、本形態の半導体モジュール2は、互いに並列に接続された2個のスイッチング素子20を内蔵している。半導体モジュール2の本体部21から、2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>と、1本のエミッタ端子22<sub>E</sub>が突出している。エミッタ端子22<sub>E</sub>は、Y方向において、2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>の間に位置している。図15～図17に示すごとく、本形態の半導体モジュール2は、参考形態1と同様に、コレクタ側放熱板220

50

<sub>C</sub>と、エミッタ側放熱板220<sub>E</sub>とを備える。コレクタ側放熱板220<sub>C</sub>から、2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>が突出している。また、エミッタ側放熱板220<sub>E</sub>から、1本のエミッタ端子22<sub>E</sub>が突出している。

#### 【0052】

本形態では図14、図19に示すごとく、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>の2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>を正極端子22<sub>P</sub>にし、1本のエミッタ端子22<sub>E</sub>を交流端子22<sub>A</sub>にしてある。また、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>の2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>を交流端子22<sub>A</sub>にし、1本のエミッタ端子22<sub>E</sub>を負極端子22<sub>N</sub>にしてある。

#### 【0053】

本形態の作用効果について説明する。本形態では、図15に示すごとく、2本のコレクタ端子22<sub>C</sub>の間に、1本のエミッタ端子22<sub>E</sub>を配してある。10

このようにすると、各スイッチング素子20からエミッタ端子22<sub>E</sub>までの距離を均等にすることができます。そのため、スイッチング素子20のエミッタに寄生するインダクタンスL(図18参照)を均等にでき、スイッチング素子20を高速でスイッチング動作させても、発振しにくくなる。そのため、スイッチング素子20の損失を低減でき、半導体モジュール2の発熱を抑制できる。したがって、この熱がコンデンサ3や電流センサ4に伝わって温度が上昇する不具合を抑制できる。

#### 【0054】

また、図13、図14に示すごとく、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>に形成された2本の直流端子22<sub>A</sub>のうち、コンデンサ3に近い側の直流端子22<sub>PA</sub>から、直流バスバー5<sub>P</sub>が、Y方向におけるコンデンサ3側に延出している。20

このようにすると、直流バスバー5<sub>P</sub>のうち、直流端子22<sub>P</sub>とコンデンサ3とを電気接続する部分59のY方向長さを短くすることができる。そのため、この部分59から発生する抵抗熱を低減でき、コンデンサ3の温度上昇をより抑制できる。

#### 【0055】

また、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>に形成された2本の交流端子22<sub>A</sub>のうち、電流センサ4に近い側の交流端子22<sub>AA</sub>から、交流バスバー6が、Y方向における電流センサ4側に延出している。

このようにすると、交流バスバー6のうち交流端子22<sub>A</sub>と電流センサ4とを繋ぐ部分69のY方向長さを短くすることができる。そのため、この部分69から発生する熱を低減でき、電流センサ4の温度上昇をより抑制できる。30

その他、参考形態1と同様の構成および作用効果を備える。

#### 【0056】

##### (参考形態3)

本形態は、半導体モジュール2の構成を変更した例である。図21に示すごとく、本形態の半導体モジュール2は、2本のエミッタ端子22<sub>E</sub>と、1本のコレクタ端子22<sub>C</sub>とを備える。コレクタ端子22<sub>C</sub>は、2本のエミッタ端子22<sub>E</sub>の間に配されている。

#### 【0057】

このようにすると、各スイッチング素子20のエミッタに寄生するインダクタンスLを均等化できる。したがって、スイッチング素子20を高速でスイッチング動作させても発振しにくくなり、スイッチング素子20の損失を低減できる。そのため、半導体モジュール2の発熱量を低減でき、この熱がコンデンサ3や電流センサ4に伝わって温度が上昇する不具合を抑制できる。40

#### 【0058】

また、本形態では図20に示すごとく、上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>と下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>とを交互に配している。上アーム半導体モジュール2<sub>U</sub>の、2本のエミッタ端子22<sub>E</sub>を交流端子22<sub>A</sub>とし、1本のコレクタ端子22<sub>C</sub>を正極端子22<sub>P</sub>としてある。また、下アーム半導体モジュール2<sub>L</sub>の、2本のエミッタ端子22<sub>E</sub>を負極端子22<sub>N</sub>とし、1本のコレクタ端子22<sub>C</sub>を交流端子22<sub>A</sub>としてある。

#### 【0059】

下アーム半導体モジュール 2<sub>L</sub>の2本の負極端子 2<sub>2N</sub>は、負極バスバー 5<sub>N</sub>によって連結されている。2本の負極端子 2<sub>2N</sub>のうち、コンデンサ 3 に近い方の負極端子 2<sub>2NA</sub>から、負極バスバー 5<sub>N</sub>が、Y 方向におけるコンデンサ 3 側に延出している。

このようにすると、負極バスバー 5<sub>N</sub>のうち負極端子 2<sub>2N</sub>とコンデンサ 3 とを繋ぐ部位 5<sub>8</sub>の、Y 方向長さを短くすることができる。そのため、この部位 5<sub>8</sub>から発生する熱を低減でき、コンデンサ 3 の温度上昇をより抑制できる。

#### 【0060】

また、図 20 に示すとく、上アーム半導体モジュール 2<sub>U</sub>の2本の交流端子 2<sub>2A</sub>は、交流バスバー 6 によって連結されている。2本の交流端子 2<sub>2A</sub>のうち、電流センサ 4 に近い側の交流端子 2<sub>2AA</sub>から、交流バスバー 6 が、Y 方向における電流センサ 4 側に延出している。

このようにすると、交流バスバー 6 のうち交流端子 2<sub>2A</sub>と電流センサ 4 を繋ぐ部分 6<sub>9</sub>の、Y 方向長さを短くすることができる。そのため、この部分 6<sub>9</sub>から発生する熱を低減でき、電流センサ 4 の温度上昇をより抑制できる。

その他、参考形態 1と同様の構成および作用効果を備える。

#### 【0061】

##### (参考形態 4)

本形態は、電力変換装置 1 の回路構成を変更した例である。図 23 に示すとく、本形態では、上アーム半導体モジュール 2<sub>U</sub>と、下アーム半導体モジュール 2<sub>L</sub>と、コンデンサ 3<sub>3</sub>と、リアクトル 8<sub>2</sub>とを用いて、昇圧回路 10<sub>1</sub>を構成してある。この昇圧回路 10<sub>1</sub>を用いて、直流電源 8 の電圧を昇圧し、この昇圧後の直流電力を出力端子 8<sub>3</sub>、8<sub>4</sub>から出力するよう構成してある。

その他、参考形態 1と同様の構成および作用効果を備える。

#### 【符号の説明】

#### 【0062】

1 電力変換装置

1 0 積層体

2 半導体モジュール

2<sub>U</sub> 上アーム半導体モジュール

2<sub>L</sub> 下アーム半導体モジュール

2 0 スイッチング素子

2 1 本体部

2 2 パワー端子

3 コンデンサ

4 電流センサ

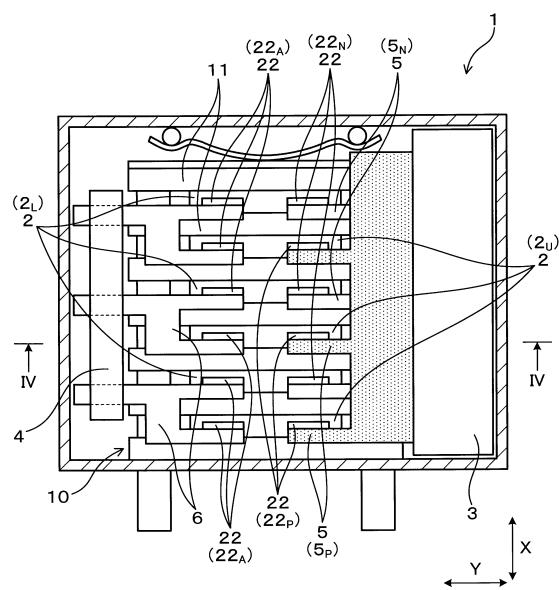
10

20

30

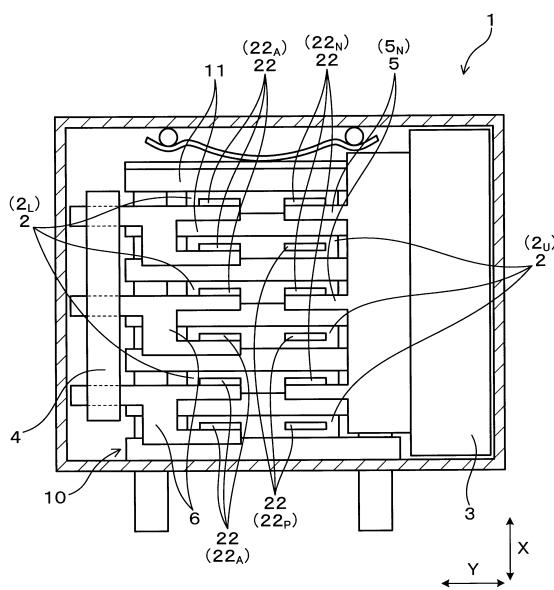
【図1】

(図1)



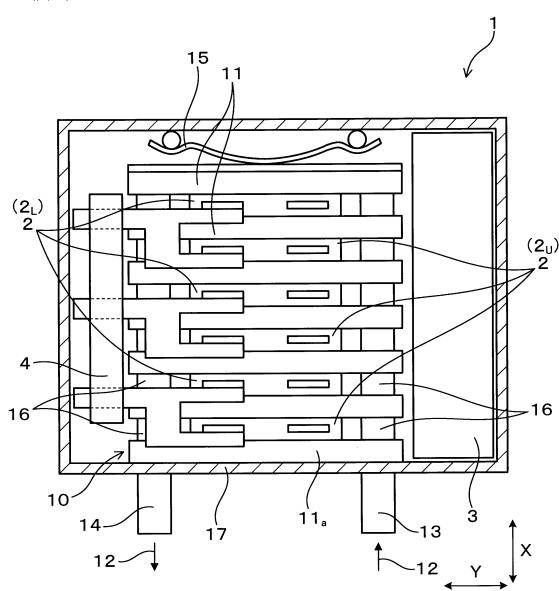
【図2】

(図2)



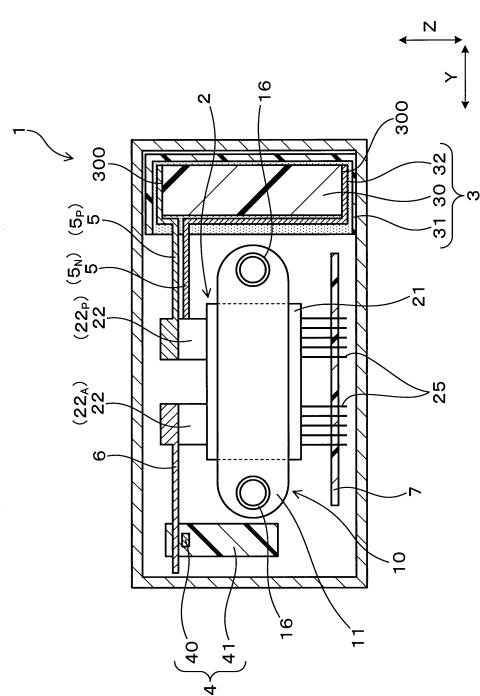
【図3】

(図3)



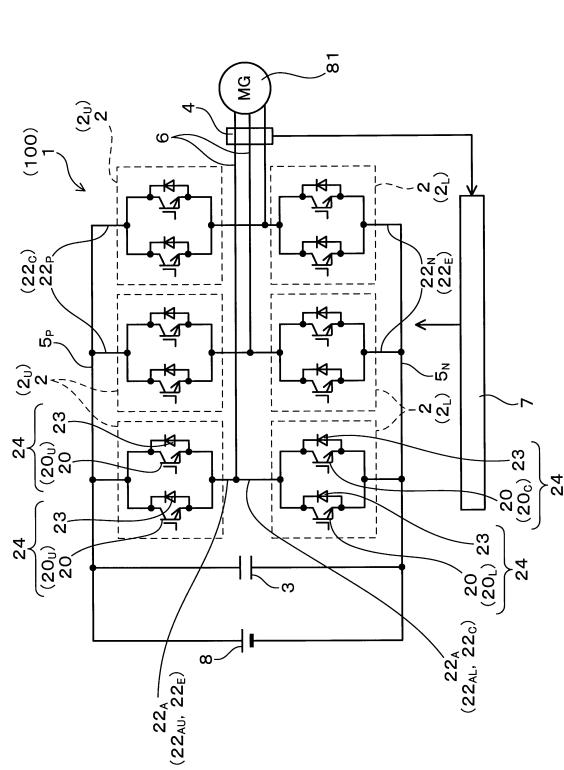
【図4】

(図4)



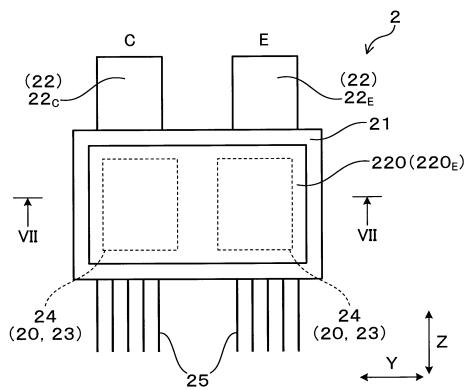
【 図 5 】

(図5)



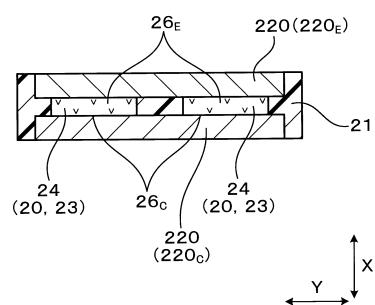
【図6】

(図6)



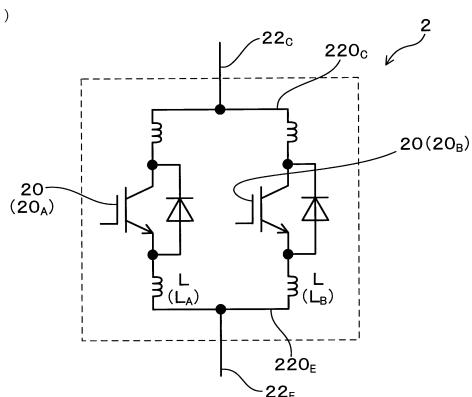
【 図 7 】

(図 7)



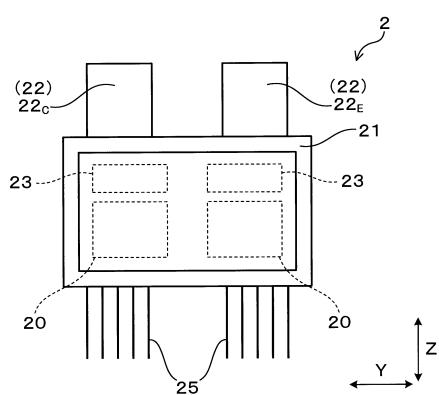
【 図 8 】

(図 8)



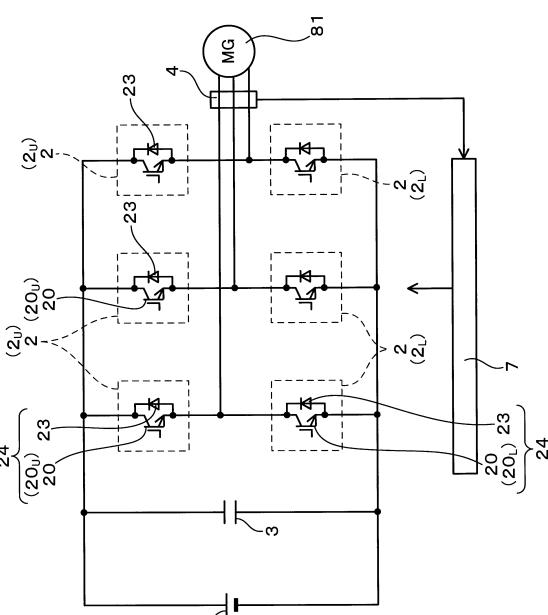
〔 9 〕

(図9)

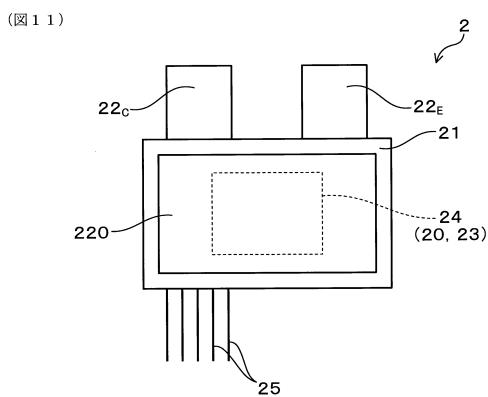


【図10】

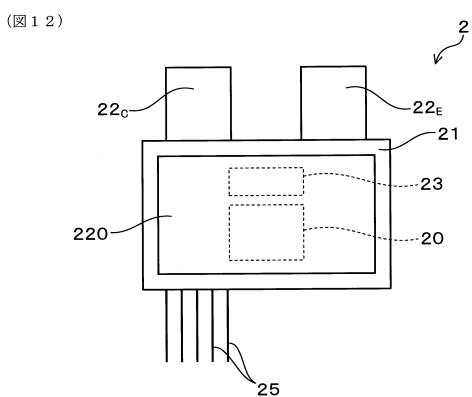
(图 10)



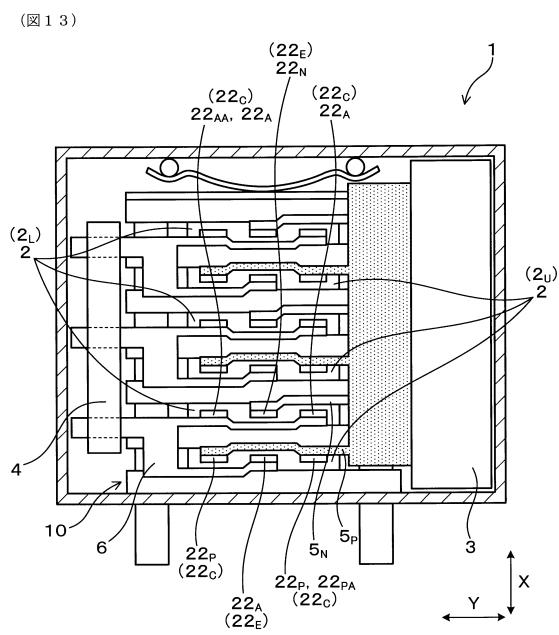
【図11】



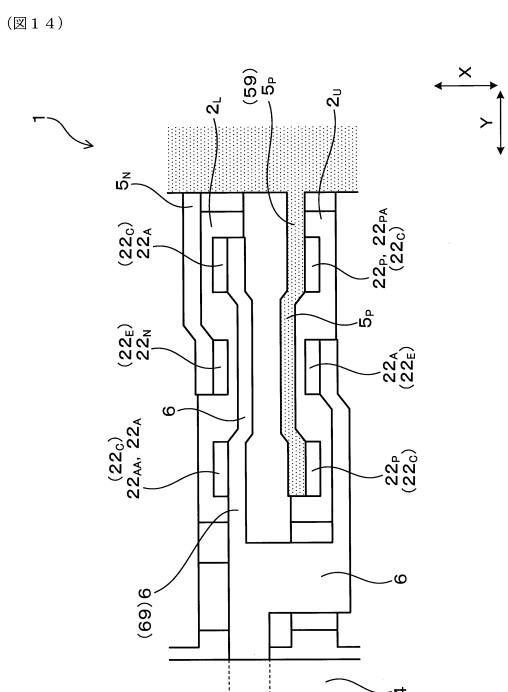
【図12】



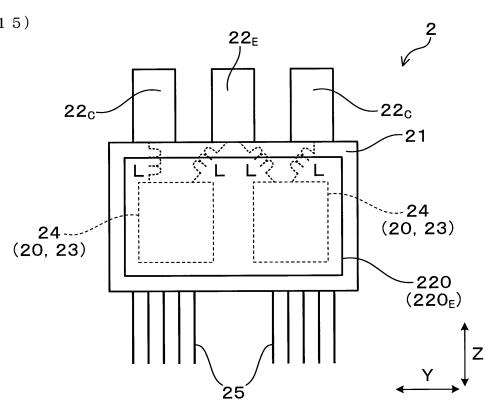
【図13】



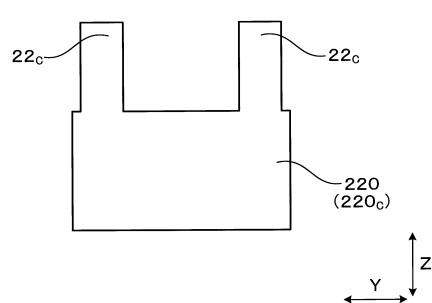
【図14】



【図15】

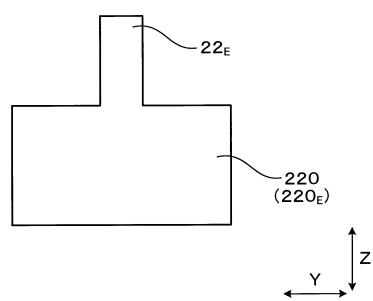


【図16】



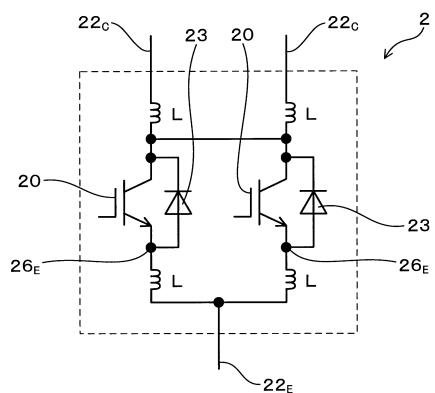
【図 1 7】

(図 1 7)



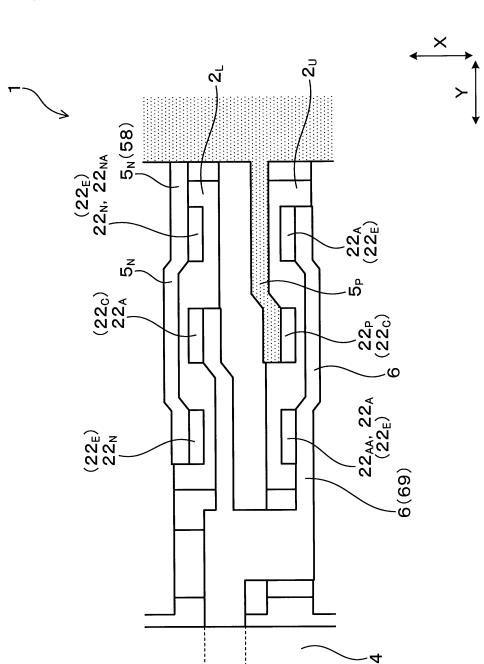
【図 1 8】

(図 1 8)



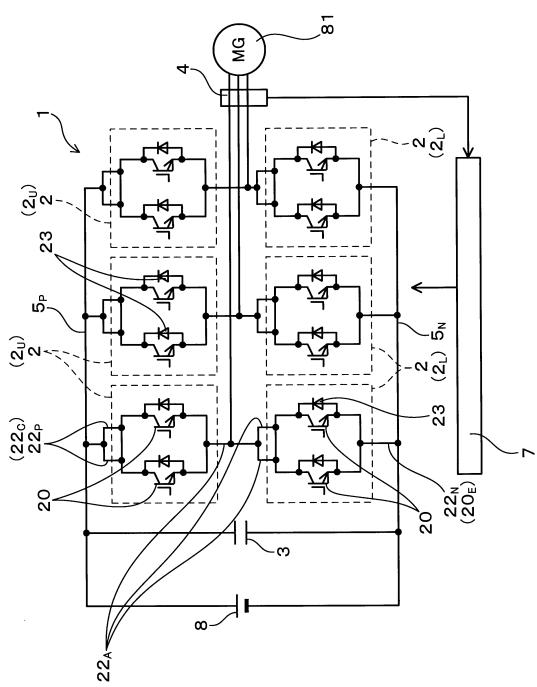
【図 2 0】

(図 2 0)



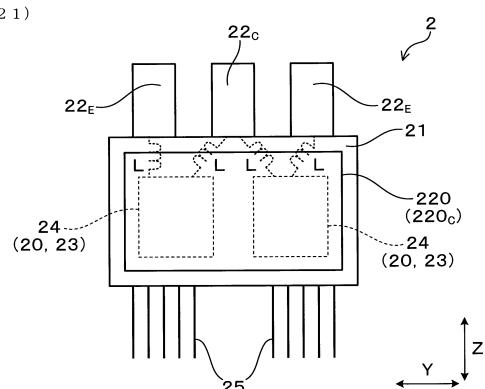
【図 1 9】

(図 1 9)



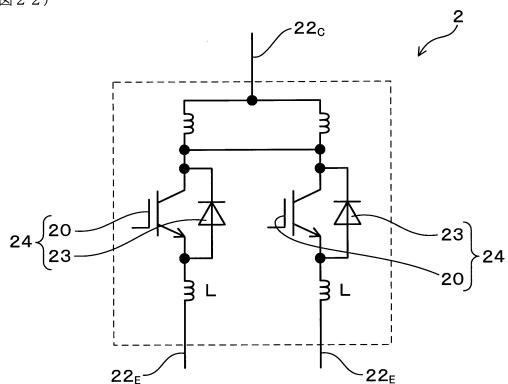
【図 2 1】

(図 2 1)



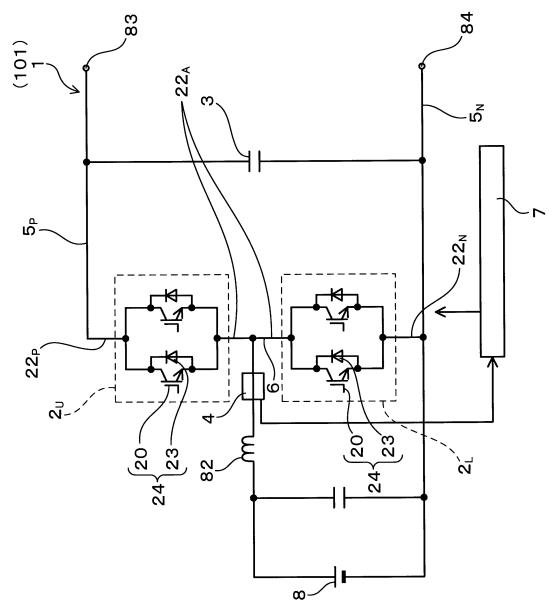
【図 2 2】

(図 2 2)



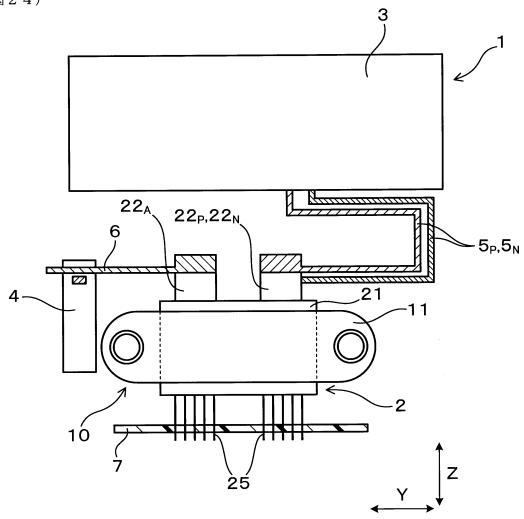
【図23】

(図23)



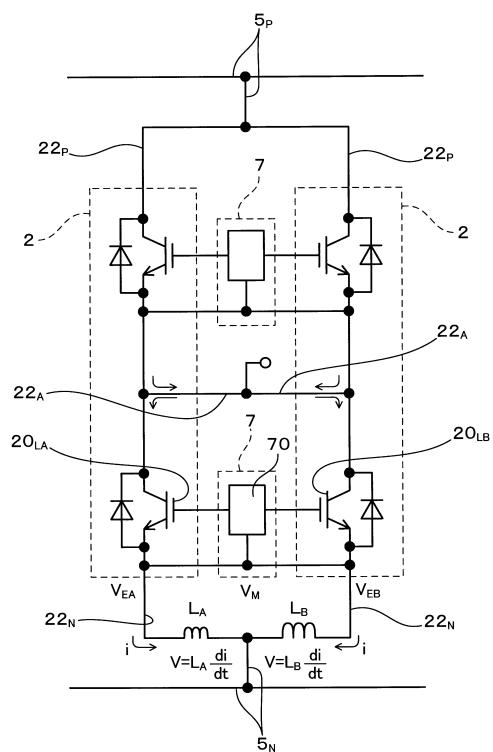
【図24】

(図24)



【図25】

(図25)



---

フロントページの続き

審査官 柳下 勝幸

(56)参考文献 特開2017-93221 (JP, A)  
特開2013-106397 (JP, A)  
特開2009-188346 (JP, A)  
特開2016-46842 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 02 M 7 / 48