(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7136139号
(P7136139)

(45)発行日 令和4年9月13日(2022.9.13)
(24)登録日 令和4年9月5日(2022.9.5)

(51)国際特許分類		FI		
H02M 7/48	*(2007.01)*	H02M	7/48	Z
H01L 25/07	*(2006.01)*	H01L	25/04	C
H01L 25/18	*(2006.01)*	H01L	23/46	Z
H01L 23/473	*(2006.01)*			

請求項の数 8 (全13頁)

(21)出願番号 特願2020-15555(P2020-15555)
(22)出願日 令和2年1月31日(2020.1.31)
(65)公開番号 特開2021-125892(P2021-125892A)
(43)公開日 令和3年8月30日(2021.8.30)
審査請求日 令和3年11月2日(2021.11.2)

(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 110000110弁理士法人 快友国際特許事務所
(72)発明者 出口 昌孝
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査官 遠藤 尊志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力変換器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

電力変換用のスイッチング素子を収容しているパッケージと、前記パッケージの内部で前記スイッチング素子と接続されているとともに前記パッケージの外へと延びている第１端子と第２端子と第３端子を有しているパワーモジュールと、

前記パワーモジュールに接している第１冷却器と、

前記パワーモジュールと前記第１冷却器を収容しているケースと、

前記ケースに収容されている第２冷却器とコンデンサと、

を備えており、

前記パワーモジュールは前記第１冷却器と前記第２冷却器に挟まれており、

前記第１冷却器の第１面が前記パワーモジュールに接しており、前記第１冷却器の前記第１面とは異なる第２面が前記ケースに接しており、

前記第１端子または前記第１端子に接続されている第１バスバが前記ケースに接しており、

前記第２端子と接続されている第２バスバと、前記第３端子と接続されている第３バスバがそれぞれ前記コンデンサに接続されており、

前記第２冷却器の第１面が前記パワーモジュールに接しており、

前記第２端子または前記第２バスバが前記第２冷却器の前記第１面とは異なる第２面に接している、電力変換器。

【請求項２】

前記第２端子または前記第２バスバが前記ケースに接している、請求項１に記載の電力変換器。
【請求項３】
前記第２バスバが前記ケースと前記コンデンサに挟まれている、請求項２に記載の電力変換器。
【請求項４】
前記第１冷却器と前記第２冷却器が第１方向で複数の前記パワーモジュールを挟んでおり、
複数の前記パワーモジュールは前記第１方向と交差する第２方向で並んでおり、
それぞれの前記パワーモジュールの前記第１端子は、前記第１方向と前記第２方向の双方と交差する第３方向に沿って延びているとともに、前記第１方向を向く面が前記第２方向を向く面と前記第３方向を向く面よりも幅広の金属板である、請求項１から３のいずれか１項に記載の電力変換器。
【請求項５】
前記コンデンサは、前記第１端子が延びている方向に平行な方向で前記第１冷却器と並んでいる、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の電力変換器。
【請求項６】
前記第２冷却器の前記第１面と前記第２面が平行である、請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の電力変換器。
【請求項７】
前記第１冷却器の前記第１面と前記第２面が平行である、請求項１から６のいずれか１項に記載の電力変換器。
【請求項８】
前記第１端子または前記第１バスバは、前記第１冷却器の隣で前記ケースに接している、請求項１から７のいずれか１項に記載の電力変換器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本明細書が開示する技術は、電力変換用のスイッチング素子を収容するパワーモジュールとそのパワーモジュールを冷却する冷却器を備えている電力変換器に関する。
【背景技術】
【０００２】
電力変換用のスイッチング素子を収容する複数のパワーモジュールと、それらのパワーモジュールを冷却する冷却器を備えた電力変換器が知られている（例えば特許文献１－３）。特許文献１の電力変換器では複数の冷却器と複数のパワーモジュールが１個ずつ交互に積層されている。特許文献２の電力変換器では、１個の直方体の冷却器の各面のそれぞれにパワーモジュールが接している。特許文献３の電力変換器では、一対の冷却器の間に複数のパワーモジュールが挟まれている。特許文献３の電力変換器では、一方の冷却器のパワーモジュールとは反対側の面に金属ケースが接しており、その金属ケースの中にリアクトルが収容されている。すなわち、冷却器はパワーモジュールとリアクトルを冷却する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開２０１８－０４２４２４号公報
特開２００９－１００５１４号公報
特開２０１９－１６５１７０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１、２に開示された電力変換器では、冷却器の一の面で第１パワーモジュール

を冷却し、別の面で第２パワーモジュールを冷却する。特許文献３に開示された電力変換器では、冷却器の一方の面でパワーモジュールを冷却し、反対側の面でリアクトルを冷却する。すなわち、特許文献１、２の電力変換器はいずれも冷却器の一の面と別の面でそれぞれ異なるパワーモジュール（すなわちスイッチング素子）を冷却する。

【０００５】

パワーモジュールは発熱量が大きいので、１個の冷却器の複数の面を使って同一のパワーモジュールを冷却できることが望ましい。本明細書は、同一のパワーモジュールを冷却器の複数の面で効果的に冷却することのできる構造を提供する。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

パワーモジュールはそのパッケージの内部のスイッチング素子に接続されている端子がパッケージの外へと延びている。端子は銅など熱伝導率の高い材料で作られており、スイッチング素子の熱は端子を伝ってパッケージの外へ出る。本明細書が開示する電力変換器では、１個の冷却器（第１冷却器）の一つの面（第１面）がパワーモジュールに接しているとともに、第１冷却器の別の面（第２面）がケースに接している。そして、パワーモジュールの第１端子（スイッチング素子に接続されている第１端子）、または第１端子に接続される第１バスバがケースに接している。

【０００７】

本明細書が開示する電力変換器では、第１冷却器は第１面でパワーモジュールのパッケージを直接に冷却するとともに、第２面（第１面とは異なる面）がケースを介して第１端子または第１バスバを冷却する。パワーモジュールの熱の一部は第１面を通じて第１冷却器に吸収される。パワーモジュールの熱の別の一部は第１端子または第１バスバと第２面を通じて第１冷却器に吸収される。本明細書が開示する電力変換器は、同一のパワーモジュールを冷却器の複数の面で効果的に冷却することができる。

【０００８】

なお、１個の冷却器（第１冷却器）に複数のパワーモジュールが接していてもよいし、一対の冷却器の間に１個乃至複数のパワーモジュールが挟まれていてもよい。本明細書が開示する電力変換器は、ケースに収容されている第２冷却器とコンデンサを備えており、パワーモジュールは第１冷却器と第２冷却器に挟まれている。パワーモジュールは第１端子とともに第２端子と第３端子を備えている。第２端子と接続されている第２バスバと、第３端子と接続されている第３バスバがそれぞれコンデンサに接続されている。第２冷却器の第１面がパワーモジュールに接しており、第２端子または第２バスバが第２冷却器の第１面とは異なる第２面に接している。

【０００９】

また、本明細書では、パワーモジュールと冷却器が（あるいはバスバとケースが）熱伝導率の高い絶縁層を介して熱的に接する場合も単純に「接する」と表現する。パワーモジュールと冷却器が（あるいはバスバとケースが）の間に挟まれる絶縁層の熱伝導率は、ケースの熱伝導率も高いことが望ましい。本明細書が開示する技術の詳細とさらなる改良は以下の「発明を実施するための形態」にて説明する。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】（第１実施例）実施例の電力変換器の回路図である。

【図２】パワーモジュールの斜視図である。

【図３】図２のIII－III線に沿ったパワーモジュールの断面図である。

【図４】図２のIV－IV線に沿った断面図である。

【図５】パワーモジュールアセンブリの斜視図である。

【図６】パワーモジュールアセンブリの分解斜視図である。

【図７】第１実施例の電力変換器の平面図である。

【図８】図７のVIII－VIII線に沿ってカットした電力変換器の断面図である。

【図９】第２実施例の電力変換器の断面図である。

【発明を実施するための形態】
【００１１】
（第１実施例）図面を参照して第１実施例の電力変換器２を説明する。まず、電力変換器２の回路構成を説明する。図１に、電力変換器２の回路図を示す。電力変換器２は、電気自動車９０に搭載されている。電力変換器２はインバータであり、バッテリ９１の直流電力を走行用のモータ９２を駆動するための交流電力に変換する。
【００１２】
電力変換器２は、直流端９の正極９ｐと負極９ｎの間に接続されているコンデンサ３と、電力変換用の６個のスイッチング素子４（４ａ、４ｂ）と、６個のダイオード５（５ａ、５ｂ）で構成される。６個のスイッチング素子４は、２個ずつ直列に接続される。正極９ｐの側のスイッチング素子４をスイッチング素子４ａと称し、負極９ｎの側のスイッチング素子４をスイッチング素子４ｂと称する場合がある。
【００１３】
３セットの直列接続回路（２個のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続回路）が直流端９の正極９ｐと負極９ｎの間に並列に接続される。それぞれのスイッチング素子４にダイオード５（５ａ、５ｂ）が逆並列に接続される。スイッチング素子４ａに並列に接続されるダイオード５をダイオード５ａと称し、スイッチング素子４ｂに並列に接続されるダイオード５をダイオード５ｂと称する場合がある。２個のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続回路の中点から交流が出力される。
【００１４】
直流端９の正極９ｐと負極９ｎにはコンデンサ３が接続されている。コンデンサ３は、３セットの直列接続回路と並列に接続される。コンデンサ３は、３セットの直列接続回路に流れる電流の脈動を抑える。そのようなコンデンサ３は、平滑コンデンサと呼ばれることがある。
【００１５】
６個のスイッチング素子４は、モータコントローラ６によって制御される。図１における矢印破線は信号線を示しており、モータコントローラ６からスイッチング素子４のゲートに信号線がつながっている。
【００１６】
モータコントローラ６は、上位のコントローラ９４からモータ９２の目標出力を受信すると、目標出力が実現するように６個のスイッチング素子４を制御する。正極側のスイッチング素子４ａと負極側のスイッチング素子４ｂを交互にオンオフすると、直列接続回路の中点から交流が出力される。
【００１７】
直列に接続される２個のスイッチング素子４ａ、４ｂはパワーモジュール１０に収容されている。符号１０が示す破線矩形がパワーモジュールを示している。それぞれのスイッチング素子４ａ、４ｂに並列に接続されるダイオード５ａ、５ｂもパワーモジュール１０に収容される。電力変換器２は、３個のパワーモジュール１０を備えている。パワーモジュール１０のハードウエアの構造は後で説明する。
【００１８】
パワーモジュール１０は３個のパワー端子（正極端子１１、負極端子１２、中点端子１３）を備えている。正極端子１１、負極端子１２、中点端子１３は、それぞれ、２個のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続回路の高電位側、低電位側、中点と接続される。
【００１９】
図２に、パワーモジュール１０の斜視図を示す。図３に、図２のIII－III線に沿った断面を示し、図４に、図２のIV－IV線に沿った断面を示す。パワーモジュール１０の本体は樹脂製のパッケージ２０であり、パッケージ２０に２個の半導体チップ２１ａ、２１ｂが埋設されている。なお、図４では、理解を助けるため、樹脂製のパッケージ２０の断面を示すハッチングは省略した。
【００２０】

半導体チップ２１ａには図１のスイッチング素子４ａとダイオード５ａの並列回路が実装されており、半導体チップ２１ｂには図１のスイッチング素子４ｂとダイオード５ｂの並列回路が実装されている。

【００２１】

図３、図４を参照してパッケージ２０の内部の構造を説明する。半導体チップ２１ａ、２１ｂは扁平な板であり、その幅広面の両面に電極が露出している。半導体チップ２１ａの正極２１ａｐ（スイッチング素子４ａの正極）にはスペーサ２４ａが接合されており、スペーサ２４ａの反対側に金属板２３ａが接合されている。半導体チップ２１ａの負極２１ａｎ（スイッチング素子４ａの負極）は金属板２２に接合されており、その金属板２２には半導体チップ２１ｂの正極２１ｂｐ（スイッチング素子４ｂの正極）が接合されている。すなわち、金属板２２が２個のスイッチング素子４ａ、４ｂを直列に接続する。

【００２２】

半導体チップ２１ｂの負極２１ｂｎ（スイッチング素子４ｂの負極）はスペーサ２４ｂに接合されており、スペーサ２４ｂの反対側に金属板２３ｂが接合されている。金属板２２、２３ａ、２３ｂの一方の面はパッケージ２０から露出しており、半導体チップ２１ａ、２１ｂの熱を放出する。

【００２３】

また、金属板２３ａが２個のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続回路の高電位側に対応し、金属板２３ｂが直列接続回路の低電位側に対応する。金属板２２は直列接続回路の中点に対応する。図４に示されているように、金属板２３ａの縁に正極端子１１が接続されている。２個のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続の高電位側は、スペーサ２４ａと金属板２３ａを介して正極端子１１と電気的に接続される。また、図示は省略するが、直列接続回路の低電位側に対応する金属板２３ｂには負極端子１２が接続されており、直列接続回路の中点に対応する金属板２２には中点端子１３が接続されている。パッケージ２０の内部のスイッチング素子４ａ、４ｂの直列接続回路は、金属板２３ａ、２３ｂ、２２を介して正極端子１１、負極端子１２、中点端子１３と接続されており、それらの端子はパッケージ２０の内部から外部へと延びている。

【００２４】

半導体チップ２１ａの一方の面には制御電極２１ａｃも露出している。制御電極２１ａｃは、複数個が存在し、それらの電極はスイッチング素子４ａのゲート電極やセンスエミッタなどに接続されている。パッケージ２０から複数の制御端子１４が延びている。複数の制御端子１４のそれぞれは、パッケージ２０の内部で、ボンディングワイヤ１５により複数の制御電極２１ａｃのそれぞれに接続される。半導体チップ２１ｂも同様であり、その制御電極には制御端子１４が接続されている。

【００２５】

図２に戻り、パワーモジュール１０の構造を説明する。パッケージ２０は、扁平であり、図中の座標系の＋Ｘ方向を向く幅広面に金属板２３ａ、２３ｂが露出している。反対が枠の幅広面には金属板２２が露出している。また、図中の座標系の＋Ｚ方向を向く幅狭の面２０ａに３個のパワー端子（正極端子１１と負極端子１２と中点端子１３）が設けられている。反対側の－Ｚ方向を向く幅狭の面２０ｂに制御端子１４が設けられている。後述するが、制御端子１４はモータコントローラ６に接続される。制御端子１４を介してモータコントローラ６からスイッチング素子４ａ、４ｂへ駆動信号が送られる。

【００２６】

図１に示されているように、３個のパワーモジュール１０と並列にコンデンサ３が接続されている。３個のパワーモジュール１０の正極端子１１がコンデンサ３の一方の電極に接続され、負極端子１２がコンデンサ３の他方の電極に接続される。３個のパワーモジュール１０とコンデンサ３は、後述する正極バスバ４１と負極バスバ４３で接続される。

【００２７】

一方、パワーモジュール１０（スイッチング素子４ａ、４ｂ）は発熱量が大きく、それゆえ、電力変換器２はパワーモジュール１０を冷却する一対の冷却器３１、３２を備える

。図５に、パワーモジュール１０と冷却器３１、３２とコンデンサ３のアセンブリ３０の斜視図を示す。図６に、アセンブリ３０の分解図を示す。なお、以下では冷却器３１を第１冷却器３１と称し、冷却器３２を第２冷却器３２と称する場合がある。図５と図６では、手前のパワーモジュール１０にのみ、パワー端子に符号１１、１２、１３を付し、残りのパワーモジュール１０には端子の符号を省略した。

【００２８】

３個のパワーモジュール１０は、一対の冷却器３１、３２に挟まれる。３個のパワーモジュール１０は、一列に並んでおり、それぞれが第１冷却器３１と第２冷却器３２に触れるように、一対の冷却器３１、３２に挟まれる。パワーモジュール１０の両方の幅広面には金属板２２、２３ａ、２３ｂが露出しており、金属板２２、２３ａ、２３ｂがそれぞれ冷却器に触れる。３個のパワーモジュール１０のそれぞれは、両方の幅広面を通じて冷却器３１、３２に冷却される。

【００２９】

一対の冷却器３１、３２は、連結管３３ａ、３３ｂで連結される。連結管３３ａ、３３ｂは、パワーモジュール１０の並び方向（図中の座標系のＹ方向）の両端のそれぞれで冷却器３１、３２を連結する。冷却器３１、３２の内部は空洞であり連結管３３ａ、３３ｂは、冷却器３１、３２の空洞を連通する。また、第２冷却器３２の両端には冷媒給排管３４ａ、３４ｂが設けられている。冷媒給排管３４ａ、３４ｂは、不図示の冷媒循環装置に接続される。冷媒循環装置から供給される液体の冷媒は、冷媒給排管３４ａと連結管３３ａを通じて冷却器３１、３２に分配される。冷媒は冷却器３１、３２の内部を通過する間にパワーモジュール１０の熱を吸収する。熱を吸収して温度が上昇した冷媒は連結管３３ｂ、冷媒給排管３４ｂを通じて冷媒循環装置に戻る。

【００３０】

コンデンサ３は、冷却器３１、３２とパワーモジュール１０の積層体の隣に配置される。３個のパワーモジュール１０の正極端子１１（負極端子１２）が正極バスバ４１（負極バスバ４３）でコンデンサ３の正極３ａ（負極３ｂ）に接続される。正極バスバ４１の縁には３個のタブ４２が設けられており、３個のタブ４２のそれぞれが３個のパワーモジュール１０のそれぞれの正極端子１１に接合される。負極バスバ４３にも３個のタブ４４が設けられており、それぞれのタブ４４がそれぞれの負極端子１２に接合される。

【００３１】

３個のパワーモジュール１０のそれぞれの中点端子１３には３個の出力バスバ４６のそれぞれが接合される。先に述べたように、３個のパワーモジュール１０はインバータを構成する。３個のパワーモジュール１０のそれぞれの中点端子１３から交流が出力される。出力バスバ４６は、電力変換器２の交流出力端に相当する。

【００３２】

図７に、電力変換器２の平面図を示す。図７では、コンデンサ３やアセンブリ３０の部品のうち、正極バスバ４１と負極バスバ４３で隠れて見えない部品は破線で示した。先に述べたアセンブリ３０は、ケース５０に収容される。アセンブリ３０は、ケース５０の底板５１に固定される。詳しくは後述するが、底板５１には突起５２が設けられており、３個の出力バスバ４６は突起５２に熱的に接している。

【００３３】

図８に、図７のVIII－VIII線に沿った断面を示す。図８は、パワーモジュール１０を横断する断面を示しているが、パワーモジュール１０の内部の構造の図示は省略した。パワーモジュール１０の内部構造については、図３、図４で説明した通りである。

【００３４】

説明の都合上、図中の座標系の＋Ｘ方向を「上」と定義する。すなわち、第１冷却器３１の上面と、第２冷却器３２の下面がパワーモジュール１０に接している。なお、冷却器３１、３２とパワーモジュール１０の間には熱伝導率の高い絶縁シートが挟まれているが、その絶縁シートの図示は省略した。

【００３５】

冷却器３１、３２とパワーモジュール１０は、図中の座標系のＸ方向で積層されている。第１冷却器３１の上面がパワーモジュール１０に接しており、下面が絶縁シート５８を挟んでケース５０の底板５１に接している。なお、本明細書では、熱伝導率の高い絶縁シート５８を挟んで２個の部品が熱的に接することを単純に「接する」と表記する。絶縁シート５８の熱伝導率は、ケース５０の熱伝導率よりも高い。

【００３６】

底板５１には突起５２が設けられており、突起５２の頭頂面が絶縁シート５８を挟んで出力バスバ４６と（熱的に）接している。突起５２は、第１冷却器３１の隣に位置している。出力バスバ４６は下方へ直角に折れ曲がっており、先端は、底板５１の貫通孔５１ｂを通り、さらに、電流センサ５９を通過する。

【００３７】

パワーモジュール１０の制御端子１４は、底板５１の貫通孔５１ａを通過し、底板５１の下側に取り付けられているモータコントローラ６に接続される。モータコントローラ６は、基板に実装された論理回路で実現される。

【００３８】

パワーモジュール１０の負極端子１２に接続される負極バスバ４３は、絶縁シート５８を挟んで第２冷却器３２の上面に接しており、負極バスバ４３は、さらに、絶縁シート５８を挟んでケース５０の底板５１にも接する。負極バスバ４３は、コンデンサ３と底板５１に挟まれる。

【００３９】

パワーモジュール１０の正極端子１１に接続される正極バスバ４１は、第２冷却器３２に対向する位置にて絶縁シート５８を挟んで負極バスバ４３と対向する。

【００４０】

ケース５０は熱伝導率の高い金属で作られている。ケース５０は、典型的にはアルミニウムで作られている。

【００４１】

パワーモジュール１０（スイッチング素子４ａ、４ｂ）は発熱量が大きい。図８の構造は、スイッチング素子４ａ、４ｂを効果的に冷却する。その特徴を以下に列挙する。

【００４２】

図８の太矢印線が熱の流れを模式的に表している。パワーモジュール１０の熱の一部はその両側の冷却器３１、３２に吸収される。熱の一部は第１冷却器３１の上面を通じて吸収される。熱の別の一部は中点端子１３と出力バスバ４６へと流れる。出力バスバ４６は、第１冷却器３１の隣で底板５１の突起５２に接している。第１冷却器３１の下面は絶縁シート５８を挟んで底板５１に接している。出力バスバ４６へと流れたパワーモジュール１０の熱は、突起５２を含む底板５１を通じて第１冷却器３１の下面に吸収される。すなわち、第１冷却器３１は、その両面でパワーモジュール１０を冷却する。

【００４３】

パワーモジュール１０の熱は第２冷却器３２の下面を通じても吸収される。パワーモジュール１０の熱の別の一部は、負極端子１２と負極バスバ４３へと流れる。負極バスバ４３は絶縁シート５８を挟んで第２冷却器３２の上面に接している。パワーモジュール１０の熱の一部は負極端子１２と負極バスバ４３を通じて第２冷却器３２の上面に吸収される。すなわち。第２冷却器３２もその両面でパワーモジュール１０を冷却する。

【００４４】

負極バスバ４３は、第２冷却器３２の上面に接しているとともに絶縁シート５８を挟んでケース５０の底板５１にも接している。さらに、負極バスバ４３はコンデンサ３と底板５１に挟まれている。負極バスバ４３の熱は、底板５１を通じて第１冷却器３１の下面に吸収される。負極バスバ４３にはコンデンサ３の熱も伝わるため、コンデンサ３の熱の一部は、負極バスバ４３と底板５１を介して第１冷却器３１の下面に吸収される。

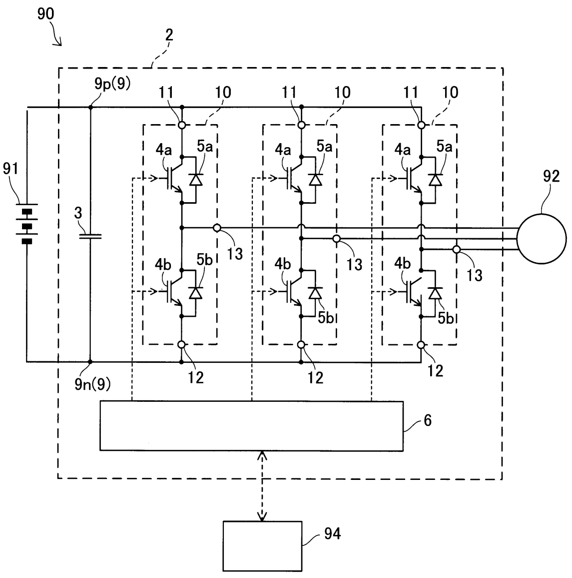
【００４５】

上記したように、電力変換器２は、一対の冷却器３１、３２が複数のパワーモジュール

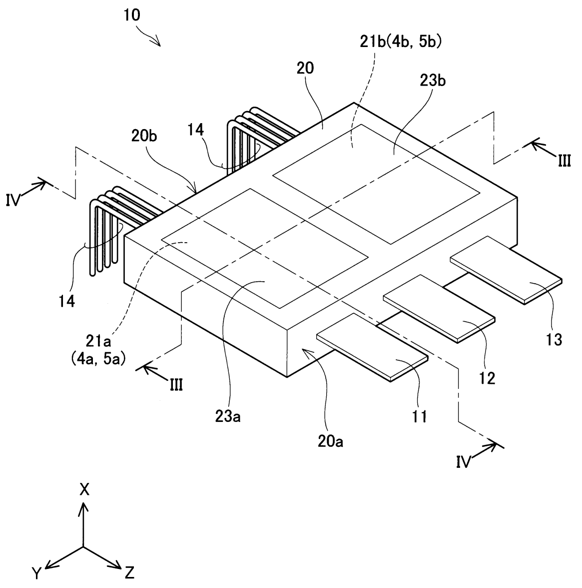
１０を挟んでおり、冷却器３１、３２のそれぞれが、その両面を有効に使ってパワーモジュール１０（スイッチング素子４ａ、４ｂ）を冷却することができる。
【００４６】
電力変換器２の特徴を別言すると次の通りである、電力変換器２は、パワーモジュール１０を挟む一対の冷却器３１、３２を備える。パワーモジュール１０と冷却器３１、３２の積層体はケース５０に収容される。第１冷却器３１のパワーモジュール１０とは反対側の面（下面）がケース５０に接しているとともに、中点端子１３に接続されている出力バスバ４６が第１冷却器３１の隣でケース５０に接している。出力バスバ４６が第１冷却器３１の隣でケース５０に接していることで、出力バスバ４６を通じてケース５０に伝わったパワーモジュール１０の熱は第１冷却器３１によく吸収される。第１冷却器３１は、一方の面（上面）でパワーモジュール１０を直接に冷却し、他方の面（下面）では中点端子１３と出力バスバ４６を介して伝わってくるパワーモジュール１０の熱を吸収する。
【００４７】
図７、図８で示した電力変換器２の構造のその他の特徴を以下に述べる。冷却器３１、３２は図中の座標系のＸ方向で複数のパワーモジュール１０を挟んでいる。複数のパワーモジュール１０は、それぞれが冷却器３１、３２に触れるように、Ｙ方向に並べられている。パワーモジュール１０は、扁平であり、幅広面が冷却器３１、３２に接する。冷却器３１、３２も扁平であり、その幅広面がパワーモジュールに接する。
【００４８】
それぞれのパワーモジュール１０のパワー端子（正極端子１１、負極端子１２、中点端子１３）は、パワーモジュール１０のＺ方向を向く幅狭面からＺ方向に延びている。コンデンサ３は、Ｚ方向で冷却器３１、３２、パワーモジュール１０と並んでいる。コンデンサ３は、パワー端子が設けられている側とは反対側でパワーモジュール１０と並んでいる。
【００４９】
パワー端子（正極端子１１、負極端子１２、中点端子１３）は、それぞれ、Ｘ方向を向く面がＹ方向を向く面とＺ方向を向く面よりも広い金属板である。すなわち、電力変換器２では、冷却器３１、３２、パワーモジュール１０、パワー端子が全て扁平であり、いずれも幅広面が同一方向（Ｘ方向）を向くように配置されている。また、電力変換器２は、一対の冷却器３１、３２にはさまれた３個のパワーモジュール１０のみでインバータを構成する。また、体格の大きいコンデンサ３は、Ｚ方向で一対の冷却器３１、３２とパワーモジュール１０の積層体の隣に配置される。上記の配置により、電力変換器２のＸ方向の長さを短くすることができる。
【００５０】
第１実施例の電力変換器２は、扁平な一対の冷却器３１、３２で挟まれた扁平な３個のパワーモジュール１０でインバータを構成する。図７、図８によく表れているように、実施例の電力変換器２は、全体が扁平でシンプルな構造である。
【００５１】
（第２実施例）図９に第２実施例の電力変換器１０２の断面図を示す。図９でも、説明の便宜上、＋Ｘ方向を「上」と定義し、－Ｘ方向を「下」と定義する。電力変換器１０２は、パワーモジュール１１０と冷却器１３１を備えており、それらはケース１５０に収容されている。パワーモジュール１１０は、樹脂製のパッケージ１２０に半導体チップ１２１を埋設したデバイスである。半導体チップ１２１には、電力変換用のスイッチング素子が実装されている。
【００５２】
半導体チップ１２１の上面と下面のそれぞれに電極が露出している。半導体チップ１２１の下面に正極が露出しており、その正極は金属板１２２に接合されている。半導体チップ１２１の上面に負極が露出しており、その負極は銅ブロック１２４に接合されている。銅ブロック１２４の半導体チップ１２１とは反対側に金属板１２３が接合されている。金属板１２２、１２３の一方の面はパッケージ１２０から露出しており、半導体チップ１２１（スイッチング素子）の放熱に寄与する。

【００５３】
金属板１２２の縁に正極端子１１１が連結されている。正極端子１１１は、パッケージ１２０の外へと延びている。正極端子１１１は、ケース１５０に設けられた貫通孔１５１を通じてケース１５０の外へ延びている。正極端子１１１とケース１５０は、伝熱性の高い絶縁シート１５８を挟んで対向している。絶縁シート１５８の熱伝導率は、ケース１５０の熱伝導率よりも高い。正極端子１１１とケース１５０は、絶縁シート１５８を介して熱的に接続している。
【００５４】
パワーモジュール１１０のパッケージ１２０の下面が絶縁シート５８を挟んで冷却器１３１の上面に対向している。パッケージ１２０は熱伝導性の高い絶縁シート５８を介して冷却器１３１に熱的に接続している。絶縁シート５８の熱伝導率はケース１５０の熱伝導率よりも高い。冷却器１３１の下面はケース１５０に接している。冷却器１３１の中には液体冷媒が通る流路ＦＰが形成されている。
【００５５】
半導体チップ１２１（スイッチング素子）の熱の一部は絶縁シート５８を介して冷却器１３１の上面に吸収される。半導体チップ１２１（スイッチング素子）の熱の別の一部は、正極端子１１１と絶縁シート１５８とケース１５０を介して冷却器１３１の下面に吸収される。このように、冷却器１３１は、その両面を通じて半導体チップ１２１（スイッチング素子）の熱を吸収する。
【００５６】
実施例の中点端子１３、正極端子１１１が第１端子の一例に相当する。出力バスバ４６が第１バスバの一例に相当する。負極端子１２と負極バスバ４３がそれぞれ第２端子と第２バスバの一例に相当し、正極端子１１と正極バスバ４１がそれぞれ第３端子と第３バスバの一例に相当する。第１冷却器３１の上面が第１面に相当し、下面が第２面に相当する。第２冷却器３２の下面が第１面に相当し、上面が第２面に相当する。冷却器１３１の上面が第１面に相当し下面が第２面に相当する。
【００５７】
先に述べたように、本明細書においては、「パワーモジュールと冷却器が接している」という表現には、パワーモジュールと冷却器が伝熱性の高い絶縁シートを挟んでおり、両者が熱的に接続していることを含む。
【００５８】
実施例の電力変換器では、冷却器の第１面にパワーモジュールが接しており、冷却器の第１面とは反対側の別の面にケースが接している。ケースは、冷却器の第１面とは異なる面に接していればよい。例えば、パワーモジュールが冷却器の上面に接しており、ケースは冷却器の側面に接していてもよい。冷却器の第１面にパワーモジュールが接しており、冷却器の第１面とは反対側の面に別のパワーモジュールが接していてもよい。
【００５９】
以上、本発明の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。また、本明細書または図面に例示した技術は複数目的を同時に達成し得るものであり、そのうちの一つの目的を達成すること自体で技術的有用性を持つものである。
【符号の説明】
【００６０】
２、１０２：電力変換器
３：コンデンサ
４、４ａ、４ｂ：スイッチング素子
５、５ａ、５ｂ：ダイオード

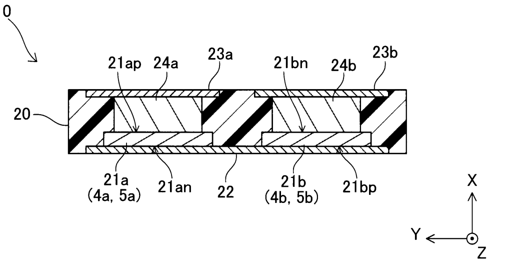
６：モータコントローラ
１０：パワーモジュール
１１：正極端子
１２：負極端子
１３、１１３：中点端子
１４：制御端子
２０、１２０：パッケージ
２１ａ、２１ｂ、１２１：半導体チップ
２２、２３ａ、２３ｂ、１２１、１２２：金属板
３０：アセンブリ
３１、３２、１３１：冷却器
４１：正極バスバ
４２、４４：タブ
４３：負極バスバ
４６：出力バスバ
５０：ケース
５１：底板
５２：突起
５８、１５８：絶縁シート
９０：電気自動車
９１：バッテリ
９２：モータ
９４：コントローラ
１２４：銅ブロック
【図面】
【図１】



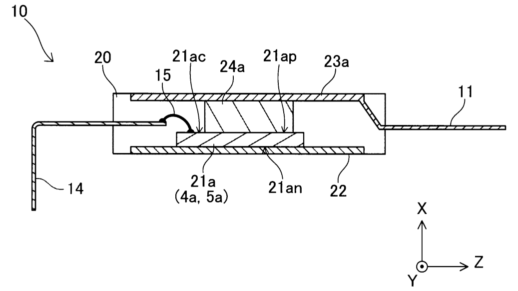
【図２】



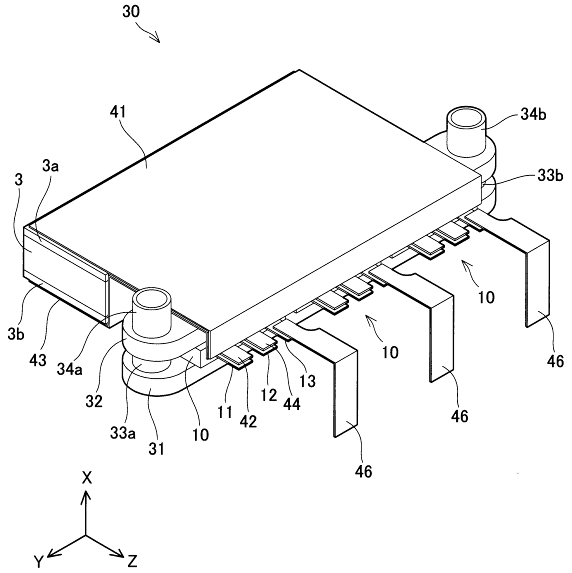
【図３】


10
21ap
24a
23a
21bn
24b
23b
20
21a
(4a, 5a)
21an
22
21b
(4b, 5b)
21bp
X
Y
Z

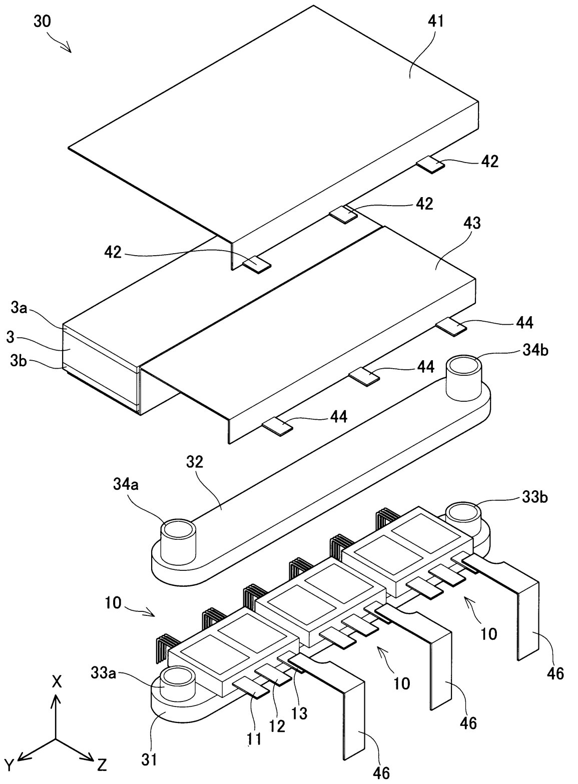
【図４】


10
20
21ac
24a
21ap
23a
15
11
14
21a
(4a, 5a)
21an
22
X
Z
Y

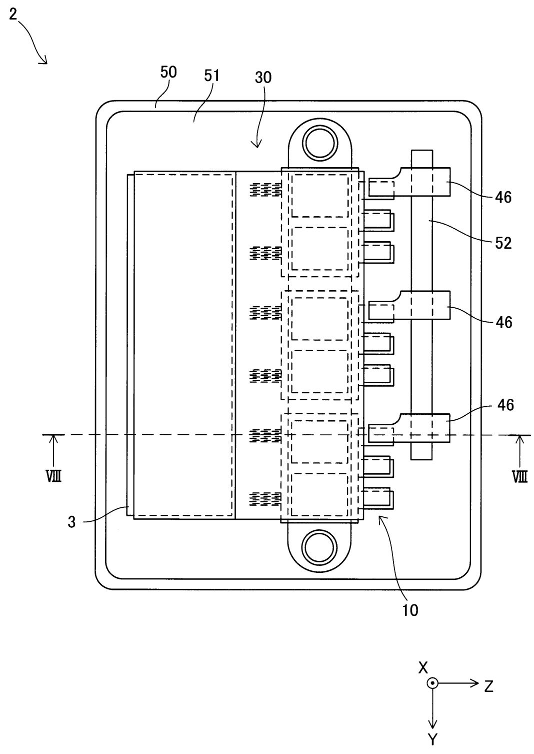
【図５】


30
41
34b
33b
3a
3
3b
43
34a
32
33a
31
10
11
42
12
44
13
10
10
46
46
46
X
Y
Z

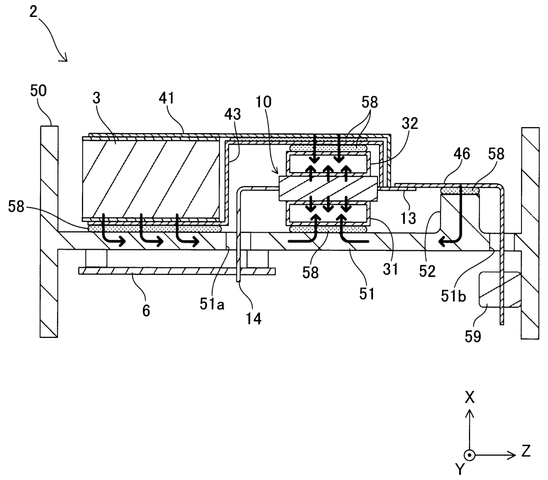
【図６】


30
41
42
42
42
43
3a
3
3b
44
44
44
34b
34a
32
33b
10
10
10
33a
11
12
13
31
46
46
46
X
Y
Z

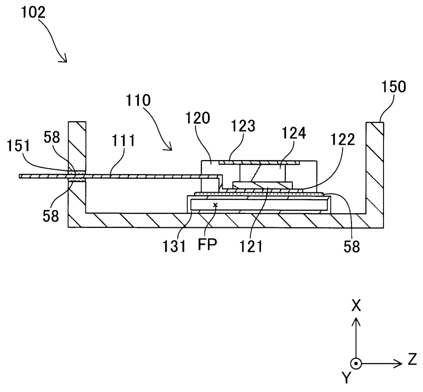
【図７】


2
50
51
30
46
52
46
46
Ⅷ
Ⅷ
3
10
X
Z
Y

【図８】


2
50
3
41
43
10
58
32
58
46
58
13
52
51b
59
6
51a
14
58
51
31
X
Z
Y

【図９】


102
110
150
120
123
124
151
58
111
122
58
131
FP
121
58
X
Z
Y

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１８－１１０４６９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０３３５８７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１８／１９８５２２（ＷＯ，Ａ１）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｍ　　７／４２－　７／９８
Ｈ０１Ｌ　２５／０７
Ｈ０１Ｌ　２３／４７３