(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)公開番号
特開2024-36827
(P2024-36827A)
(43)公開日　令和6年3月18日(2024.3.18)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H02M	*7/48 (2007.01)*	H02M	7/48	Z	5E322
H01L	*25/07 (2006.01)*	H01L	25/04	C	5F136
H01L	*23/473 (2006.01)*	H01L	23/46	Z	5H125
H01L	*23/36 (2006.01)*	H01L	23/36	D	5H770
H05K	*7/20 (2006.01)*	H05K	7/20	Q	

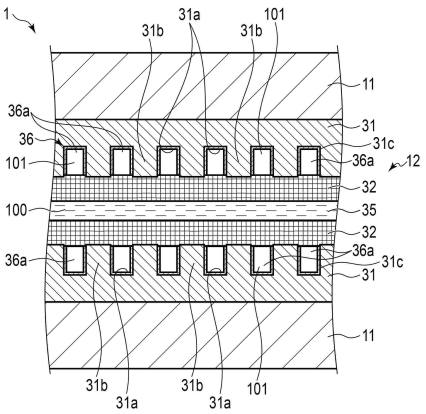
審査請求　未請求　請求項の数　7　ＯＬ　（全17頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-141323(P2022-141323)
(22)出願日　令和4年9月6日(2022.9.6)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(71)出願人　598076591
東芝インフラシステムズ株式会社
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
(74)代理人　110003708
弁理士法人鈴榮特許綜合事務所
(72)発明者　月成　勇起
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　藤原　伸人
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４
東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　村上　満洋
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電力変換装置

(57)【要約】　（修正有）
【課題】冷却システムのポンプ動力を低減できるとともに、低コスト化が可能な、電力変換装置を提供する。
【解決手段】電力変換装置１において、受熱部１２の伝熱ブロックは、一方の主面に半導体モジュール１１が取り付けられ、他方の主面に複数のフィン３１ｂが形成される。多孔質体３２は、伝熱ブロックに設けられる。第１流路３５は、液相の作動冷媒１００が流れる。第２流路３６は、伝熱ブロックの複数のフィンの間に形成される複数の蒸気排出部３６ａを有し、気相の作動冷媒１０１が流れる。リザーバタンクは、作動冷媒を貯留する。熱交換部は、第２流路及びリザーバタンクに接続される。逆止弁は、熱交換部及びリザーバタンクの間に配置され、リザーバタンク側から熱交換部側への作動冷媒の移動を規制する。ポンプは、第１流路及びリザーバタンクに接続され、リザーバタンクの作動冷媒を第１流路に送出する。
【選択図】図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体モジュールと、
一方の主面に半導体モジュールが取り付けられ、他方の主面に複数のフィンが形成される伝熱ブロック、前記伝熱ブロックに設けられる多孔質体、液相の作動冷媒が流れる第１流路、及び、前記伝熱ブロックの前記複数のフィンの間に形成される複数の蒸気排出部を有する気相の作動冷媒が流れる第２流路を具備する受熱部と、
前記作動冷媒を貯留するリザーバタンクと、
前記第２流路及び前記リザーバタンクに接続される熱交換部と、
前記熱交換部及び前記リザーバタンクの間に配置され、前記リザーバタンク側から前記熱交換部側への前記作動冷媒の移動を規制する逆止弁と、
前記第１流路及び前記リザーバタンクに接続され、前記リザーバタンクの前記作動冷媒を前記第１流路に送出するポンプと、
を備える電力変換装置。
【請求項２】
前記伝熱ブロックは、前記複数のフィンの間に形成される複数の溝の表面に設けられた多孔質層を有する、請求項１に記載の電力変換装置。
【請求項３】
前記伝熱ブロックは、一対設けられ、
前記半導体モジュールは、前記一対の伝熱ブロックの主面のそれぞれに設けられる、請求項１に記載の電力変換装置。
【請求項４】
前記多孔質体は、前記一対の伝熱ブロックの間に設けられるとともに、前記第１流路を内部に形成し、
前記複数の蒸気排出部は、前記複数のフィンの間に形成される、請求項２に記載の電力変換装置。
【請求項５】
前記多孔質体は、複数のフィンを有し、
前記伝熱ブロックに形成される前記複数のフィン、及び、前記多孔質体に形成される複数のフィンは、間に前記蒸気排出部を形成して交互に配置される、請求項１又は請求項２に記載の電力変換装置。
【請求項６】
前記受熱部の温度を検出する温度センサと、
前記第２流路、又は、前記第２流路及び前記熱交換部を接続する流路の圧力を検出する圧力センサと、
前記温度センサで検出した温度情報及び前記圧力センサで検出した圧力情報に基づいて前記作動冷媒の流量を制御する制御部を備える、請求項１に記載の電力変換装置。
【請求項７】
前記熱交換部に送風する送風機を備える、請求項１に記載の電力変換装置。
【発明の詳細な説明】
【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】
鉄道車両等に電力変換装置を用いる技術が知られている。このような電力変換装置は、半導体モジュールを含むシステムの冷却方式に循環方式である循環水冷システムを適用している。この電力変換装置の循環水冷システムは、例えば、受熱部と、熱交換器と、リザーバタンクと、ポンプと、を備える循環水冷システムを有する。受熱部は、半導体モジュールを実装し、そして冷却するヒートシンクブロックを有する。ポンプは、内部流体をリ

ザーバタンクから受熱部、熱交換器に供給し、そして、熱交換器からリザーバタンクへ戻す。

【０００３】

このような循環水冷システムは、流量を一定として作動冷媒を循環させるため、安定的な冷却性能を保持できる。しかし、パワーエレクトロニクス装置の中でも、負荷変動が大きくなるアプリケーションでは、流量を一定に循環させると、半導体素子を過冷却する状態が生じ、半導体素子の温度変化が大きくなる虞がある。また、冷却水冷システムは、電力変換装置のシステムの負荷変動に対する温度変動が増大する。また、循環水冷システムは、高熱流束化が求められている。しかし、循環水冷システムを高熱流束化するために高流量化が必要となり、圧力損失によるポンプ動力増大が課題となる。

【０００４】

例えば、高熱流束に対応する冷却システムとして、作動冷媒等の相変化による蒸発潜熱を利用した沸騰冷却方式も知られている。しかし、沸騰冷却方式の冷却システムは、急峻な負荷に対する冷却即応性（安定性）が課題である。特に、複数のモジュールを並列で構成し、大容量化することが困難となっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特許第６４０７５４２号公報

【特許文献２】特許第６６９３４７６号公報

【特許文献３】特許第６７６０２１４号公報

【特許文献４】特許第６４６１３６１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明が解決しようとする課題は、冷却システムのポンプ動力を低減できるとともに、低コスト化が可能な、電力変換装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

実施形態の電力変換装置は、半導体モジュールと、伝熱ブロックと、多孔質体と、第１流路と、第２流路と、リザーバタンクと、熱交換部と、逆止弁と、ポンプと、を備える。伝熱ブロックは、一方の主面に半導体モジュールが取り付けられ、他方の主面に複数のフィンが形成される。多孔質体は、前記伝熱ブロックに設けられる。第１流路は、液相の作動冷媒が流れる。第２流路は、前記伝熱ブロックの前記複数のフィンの間に形成される複数の蒸気排出部を有する、気相の作動冷媒が流れる。リザーバタンクは、前記作動冷媒を貯留する。熱交換部は、前記第２流路及び前記リザーバタンクに接続される。逆止弁は、前記熱交換部及び前記リザーバタンクの間に配置され、前記リザーバタンク側から前記熱交換部側への前記作動冷媒の移動を規制する。ポンプは、前記第１流路及び前記リザーバタンクに接続され、前記リザーバタンクの前記作動冷媒を前記第１流路に送出する。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】第１の実施形態に係る電力変換装置の構成を模式的に示す説明図。

【図２】第１の実施形態に係る電力変換装置の冷却システムの構成を模式的に示す説明図。

【図３】第１の実施形態に係る電力変換装置の冷却システムの構成を模式的に示す説明図。

【図４】第１の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を模式的に示す説明図。

【図５】第１の実施形態に係る受熱部の構成を分解して示す斜視図。

【図６】第１の実施形態に係る受熱部の構成を示す断面図。

【図７】第１の実施形態に係る受熱部の構成を拡大して示す断面図。

【図８】第１の実施形態に係る受熱部の一部構成を示す断面図。
【図９】第１の実施形態に係る受熱部の気液分離条件の説明図。
【図１０】第２の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を示す断面図。
【図１１】第２の実施形態に係る受熱部の構成を拡大して示す断面図。
【図１２】第３の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を示す断面図。
【図１３】第３の実施形態に係る受熱部の構成を拡大して示す断面図。
【図１４】第４の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を示す断面図。
【図１５】第４の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を示す断面図。
【図１６】第４の実施形態に係る電力変換装置の受熱部の構成を示す断面図。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
以下、実施形態に係る電力変換装置１について、図１乃至図９を用いて説明する。なお、各図において、説明の便宜上、各構成の縮尺を適宜変更するとともに、一部省略又は簡略化して説明する。
【００１０】
図１は、実施形態に係る電力変換装置１の構成を模式的に示す説明図である。図２は、電力変換装置１の冷却システム２の構成であって、作動冷媒の沸騰発生時の作動冷媒の流れを模式的に示す説明図であり、図３は、電力変換装置１の冷却システム２の構成であって、作動冷媒の非沸騰時の作動冷媒の流れを模式的に示す説明図である。
【００１１】
図４乃至図７は、電力変換装置１の受熱部１２の構成を模式的に示しており、図４は受熱部１２の説明図であり、図５は受熱部１２の分解斜視図である、図６及び図７は受熱部１２の断面図である。図８は、受熱部１２の多孔質体３２に形成される第１流路３５、並びに、第１流路３５に設けられる受熱部流入口３７及び受熱部流出口３８の構成を示す断面図である。図９は、受熱部１２の気液分離条件の説明図である。
【００１２】
電力変換装置１は、例えば、電気機関車等の鉄道車両に設けられる。電力変換装置１は、例えば、パンタグラフを介して架線から供給される直流電力を交流電力に変換する。
【００１３】
図１に示すように、電力変換装置１は、半導体モジュール１１と、受熱部１２と、熱交換部１３と、リザーバタンク１４と、ポンプ１５と、送風機１６と、逆止弁１７と、配管１８と、温度センサ１９と、圧力センサ２０と、制御部２１と、を備える。図２及び図３に示すように、電力変換装置１の受熱部１２、熱交換部１３、リザーバタンク１４、ポンプ１５及び逆止弁１７は、配管１８により接続され、冷却システム２を構成する。
【００１４】
このような電力変換装置１は、配管１８により、流体的に、受熱部１２、熱交換部１３、リザーバタンク１４及びポンプ１５が接続される。具体例として、受熱部１２は、熱交換部１３、リザーバタンク１４及びポンプ１５と配管１８を介して流体的に接続される。熱交換部１３は、逆止弁１７を介してリザーバタンク１４に流体的に接続される。リザーバタンク１４は、ポンプ１５と配管１８を介して流体的に接続される。ポンプ１５は、受熱部１２と流体的に接続される。
【００１５】
そして、図２及び図３に示すように、リザーバタンク１４に貯留される液相の作動冷媒は、ポンプ１５により送出されて、受熱部１２、熱交換部１３及びリザーバタンク１４を循環する。また、図２に示すように、受熱部１２の温度により液相から相変化して気相となった作動冷媒は、受熱部１２で液相の作動冷媒から気液分離され、熱交換部１３へ移動し、熱交換部１３において凝縮されて気相から液相へと相変化し、リザーバタンク１４へ送出される。なお、作動冷媒は、電力変換装置に適用した飽和温度動作範囲のものを前提として、高い蒸発潜熱・表面張力・密度かつ低い粘性係数のものが望ましい。また、作動冷媒は、オゾン層破壊係数、地球温度化係数が小さい対環境性に配慮したものが望ましい

。本冷却システムへの適用に際しては、作動冷媒は、適宜設定可能である。

【００１６】

半導体モジュール１１は、例えば、１つの受熱部１２に単数又は複数取り付けられる。半導体モジュール１１は、例えば、複数の半導体素子を１つのパッケージに収めたモジュールや、半導体素子に加えて制御回路、駆動回路及び保護回路等を含むモジュールであってもよい。また、半導体モジュール１１は、半導体素子が直接的に受熱部１２に取り付けられる構成であってもよく、また、半導体素子が他の部材を介して受熱部１２に取り付けられる構成であってもよい。即ち、半導体モジュール１１は、受熱部１２に取り付けられることで、発熱したときに、受熱部１２によって冷却できる構成であれば、構成部品の配置や取り付け方等については、適宜設定可能である。

【００１７】

受熱部１２は、液相の作動冷媒１００を通過させる。受熱部１２は、液相の作動冷媒１００と、取り付けられた半導体モジュール１１の熱によって液相の作動冷媒１００の一部が相変化して気相となった作動冷媒１０１とを気液分離する。受熱部１２は、液相の作動冷媒１００をリザーバタンク１４に送出するとともに、気相の作動冷媒１０１を熱交換部１３に送出する。例えば、図１に示すように、受熱部１２は、複数設けられる。

【００１８】

図４乃至図７に示すように、受熱部１２は、例えば、一対の伝熱ブロック３１と、多孔質体３２と、ヘッダー部材３３と、を備える。また、受熱部１２は、多孔質体３２内に設けられ、液相の作動冷媒１００が単相流で流通する第１流路３５と、一対の伝熱ブロック３１及び多孔質体３２の間の隙間からヘッダー部材３３内を気相の作動冷媒１０１が単相流で流通する第２流路３６と、を有する。また、受熱部１２は、第１流路３５を配管１８に接続する受熱部流入口３７及び受熱部流出口３８を有する。

【００１９】

伝熱ブロック３１は、一方の主面が平面状に形成され、他方の主面が　形フィン形状に形成された平板状に形成される。伝熱ブロック３１は、多孔質体３２と対向する面（他方の主面）に形成された、一方向に延びる複数の溝３１ａを有する。また、例えば、伝熱ブロック３１は、複数の溝３１ａのそれぞれの表面に形成された多孔質層３１ｃを有する。伝熱ブロック３１は、アルミニウム等の熱伝導率が高い材料により形成される。一対の伝熱ブロック３１の対向する主面間に多孔質体３２が設けられる。また、一対の伝熱ブロック３１は、互いに対向する主面と反対側の主面である外面に半導体モジュール１１が取り付けられる。具体例として、一対の伝熱ブロック３１は、それぞれの一方の主面（外面）に半導体モジュール１１が取り付けられる。

【００２０】

溝３１ａは、一方向に沿って延びる。溝３１ａは、溝３１ａの長手方向に直交する断面形状が、矩形状に形成される。複数の溝３１ａは、溝３１ａの延設方向に直交する方向において、複数の溝３１ａが等間隔で配置される。溝３１ａは、例えば、受熱部１２を取り付ける姿勢で、上下方向に延びる。このような複数の溝３１ａが一面側に形成されることで、伝熱ブロック３１は、多孔質体３２と対向する面に一方向に延びる矩形状の複数のフィン３１ｂが形成された、フィン形状に形成される。

【００２１】

多孔質層３１ｃは、溝３１ａの表面に接合される。換言すると、多孔質層３１ｃは、フィン３１ｂの周囲に形成される。溝３１ａの表面に形成された多孔質層３１ｃは、溝３１ａを埋めず、その内側に空間を形成する。即ち、溝３１ａに形成された多孔質層３１ｃは、その内部に、多孔質体３２で覆われた、第２流路３６の一部を構成する、蒸気を排出する蒸気の流路（気相領域）である蒸気排出部３６ａを形成する。多孔質層３１ｃは、伝熱ブロック３１から通過してきた液槽の作動冷媒１００を通過させる複数の孔が形成される。多孔質層３１ｃは、樹脂あるいは金属の繊維・粒子等の焼結体、フォーム体又はロータス型等であり、適切な熱伝導率及び適切な空隙率を有する。

【００２２】

多孔質体３２は、平板のプレート状に形成され、一対の伝熱ブロック３１の間に設けられる。多孔質体３２は、内部に液相の作動冷媒１００が流れる第１流路３５が形成される。また、多孔質体３２は、伝熱ブロック３１の溝３１ａを覆うことで、一対の伝熱ブロック３１との間に、複数の蒸気排出部３６ａを形成する。また、多孔質体３２は、第１流路３５を流れる液相の作動冷媒１００の一部を通過させるとともに、多孔質体３２を挟んで第１流路３５の液相及び蒸気排出部３６ａの気相の差圧レベルが多孔質体３２の内部の最大毛細管力を下回る範囲となる複数の孔が形成される。これにより、図６に示すように、多孔質体３２は、第１流路３５において液相の作動冷媒１００を通過させるとともに、内部に形成された複数の孔によって、一部の液相の作動冷媒１００を第１流路３５から内部を介して外面側へと通過させる。また、多孔質体３２は、蒸気排出部３６ａへの液相の作動冷媒１００の移動を防止するとともに、多孔質層３１ｃへ液槽の作動冷媒１００を移動させる。そして、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２は、多孔質体３２の伝熱ブロック３１と接触する部位、及び、多孔質層３１ｃの伝熱ブロック３１の溝３１ａとの接合部の界面において、作動冷媒１００の気液分離を行い、第２流路３６である複数の蒸気排出部３６ａにおいて気相の作動冷媒１０１を通過させる。

【００２３】

なお、このような、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２における気液分離成立条件は、以下となる。気相側の圧力（気圧）をＰｖ、液相側の圧力をＰｌ、作動媒体の表面張力をσ［Ｎ／ｍ］、多孔質体３２の平均細孔半径をｒ［ｍ］とする。ここで、気相側の圧力Ｐｖとは、蒸気排出部３６ａ内の蒸気圧であり、液相側の圧力Ｐｌは、多孔質体３２内に形成される第１流路３５内に流通する作動冷媒１００の圧力である。このとき、気液分離成立条件は、

Ｐｖ－Ｐｌ＜２σ／ｒ

となる。なお、この気液分離成立条件を満たすように、例えば、多孔質体３２の空隙率や孔の形状に加えて、半導体モジュール１１の発熱量、ポンプ１５からの流量、作動媒体の種類等に基づいて、冷却システムが設定される。また、気液分離成立条件を満たすように、制御部２１によってポンプ１５が駆動制御される。

【００２４】

多孔質体３２は、例えば、樹脂あるいは金属の繊維・粒子等の焼結体、フォーム体又はロータス型等であり、適切な熱伝導率及び適切な空隙率を有する。

【００２５】

また、多孔質体３２は、一対の伝熱ブロック３１と一体に成形されるか、または、一対の伝熱ブロック３１と別体に形成され、そして、一部が一対の伝熱ブロック３１と接触して一体に組み立てられるか、又は、接合される。

【００２６】

ヘッダー部材３３は、受熱部１２を鉄道車両等に配置した姿勢で、受熱部１２の上部に配置される。ヘッダー部材３３は、複数の蒸気排出部３６ａの上端を覆い、複数の蒸気排出部３６ａとともに、第２流路３６を構成する。ヘッダー部材３３は、配管１８が接続される開口３３ａを有する。

【００２７】

第１流路３５は、例えば、多孔質体３２の内部に配置される。第１流路３５は、液相の作動冷媒１００が単相で流れる流路である。図８に示すように、第１流路３５は、一端が受熱部流入口３７に接続され、他端が受熱部流出口３８に接続される。第１流路３５は、例えば、所定の流路長を得る為に、所定の流路幅に設定されるとともに、複数箇所で曲折する流路形状である。なお、第１流路３５は、複数箇所で曲折せずに、受熱部流入口３７及び受熱部流出口３８と流体的に連続する室であってもよい。

【００２８】

第２流路３６は、気相の冷媒が単相で流れる流路である。第２流路３６は、伝熱ブロック３１の複数の溝３１ａに設けられた多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２の内部空間によって形成される複数の蒸気排出部３６ａにより構成される。第２流路３６は、複数の溝３１

ａに設けられた多孔質層３１ｃ、及び、複数のフィン３１ｂに接触する多孔質体３２から気液分離された気相の作動冷媒１０１が複数の蒸気排出部３６ａから上方のヘッダー部材３３の内部空間へと流れる流路である。なお、第２流路３６において、気相の作動冷媒１０１が蒸気排出部３６ａからヘッダー部材３３の内部空間以外へと流れることがないよう、多孔質体３２の伝熱ブロック３１及びヘッダー部材３３と対向する面以外の各側面や蒸気排出部３６ａの下端はカバー等によって閉塞される。

【００２９】

熱交換部１３は、気相の作動冷媒が内部を通過し、気相の作動冷媒を熱交換することで、気相の作動冷媒を凝縮し、液相の作動冷媒に相変化させる。

【００３０】

リザーバタンク１４は、液相の作動冷媒を貯留する。リザーバタンク１４は、受熱部１２に液相の作動冷媒を送出するとともに、受熱部１２を通過した液相の作動冷媒及び熱交換部１３で凝縮した液相の作動冷媒を回収する。

【００３１】

ポンプ１５は、リザーバタンク１４の液相の作動冷媒を所定の圧力に増圧し、受熱部１２に圧送する。また、ポンプ１５は、吐出する作動冷媒の流量（圧力）を調整できる。

【００３２】

送風機１６は、熱交換部１３に電力変換装置１の外部空気を送風する。例えば、送風機１６は、風洞ダクト１６ａから外気を取り入れる。送風機１６は、熱交換部１３に送風することで、外部空気と熱交換部１３を流れる気相の作動冷媒との熱交換を行う。

【００３３】

逆止弁１７は、リザーバタンク１４から熱交換部１３へ作動冷媒が流れる作動冷媒の逆流を防止する。即ち、逆止弁１７は、熱交換部１３側からリザーバタンク１４側への作動冷媒の流れを許容し、リザーバタンク１４側から熱交換部１３側への作動冷媒の流れを規制する。

【００３４】

配管１８は、冷却システムの各構成品を接続し、作動冷媒の流路を構成する。具体例として、図１乃至図３に示すように、配管１８は、受熱部流入管１８ａと、受熱部流出管１８ｂと、蒸気流通管１８ｃと、液還流管１８ｄと、を備える。

【００３５】

受熱部流入管１８ａは、ポンプ１５を介してリザーバタンク１４及び複数の受熱部１２の第１流路３５の一次側を接続する。具体的には、受熱部流入管１８ａは、リザーバタンク１４及びポンプ１５、並びに、ポンプ１５及び複数の受熱部１２の受熱部流入口３７を接続する。例えば、受熱部流入管１８ａは、ポンプ１５の二次側で複数の受熱部流入口３７に接続される分岐管である。

【００３６】

受熱部流出管１８ｂは、複数の受熱部１２の第１流路３５の二次側及びリザーバタンク１４を接続する。具体的には、受熱部流出管１８ｂは、複数の受熱部１２の受熱部流出口３８及びリザーバタンク１４を接続する。受熱部流出管１８ｂは、複数の受熱部流出口３８の二次側で合流する合流管である。

【００３７】

蒸気流通管１８ｃは、複数の受熱部１２の第２流路３６と熱交換部１３を接続する。例えば、蒸気流通管１８ｃは、複数の受熱部１２と同数設けられる。複数の蒸気流通管１８ｃは、受熱部１２のヘッダー部材３３の開口３３ａにそれぞれ接続され、気相の作動冷媒を熱交換部１３内への流路を形成する。なお、蒸気流通管１８ｃは、複数設ける構成ではなく、１つの合流管としてもよいが、このような構成とする場合には、受熱部１２の第２流路３６から他の受熱部１２の第２流路３６への移動を防止可能に構成される。

【００３８】

液還流管１８ｄは、熱交換部１３及びリザーバタンク１４を接続する。液還流管１８ｄは、中途部に逆止弁１７が配置される。

【００３９】
温度センサ１９は、例えば、受熱部１２の温度を検出する。例えば、温度センサ１９は、検出した温度に対応する電圧値である出力信号を制御部２１に出力する。温度センサ１９は、複数の受熱部１２にそれぞれ設けられる構成であってもよく、いずれかの受熱部１２に設けられる構成であってもよい。
【００４０】
圧力センサ２０は、気相の作動媒体が流れる流路の圧力を検出する。圧力センサ２０は、例えば、蒸気流通管１８ｃに設けられる。なお、圧力センサ２０は、第２流路３６に設けられる構成であってもよい。また、圧力センサ２０は、各蒸気流通管１８ｃに設けられる構成であってもよく、いずれかの蒸気流通管１８ｃに設けられる構成であってもよい。
【００４１】
制御部２１は、例えば、温度センサ１９で検出される温度、及び／又は、圧力センサ２０で検出される気相の作動媒体の圧力に基づいて、多孔質体３２における気液分離成立条件を満たすべく、ポンプ１５を制御する。
【００４２】
例えば、制御部２１は、入力部４１と、表示部４２と、通信部４３と、インターフェース４４と、記憶部４５と、プロセッサ４６と、を備える。例えば、制御部２１は、制御盤や処理端末等である。
【００４３】
入力部４１は、例えば、ボタンを含む操作パネル、タッチパネル、キーボード、マウス等のユーザ入力を受け付ける装置である。表示部４２は、例えば、液晶ディスプレイ、または有機ＥＬディスプレイなどの表示デバイスである。通信部４３は、プロセッサ４６により制御され、有線通信技術又は無線通信技術を用いて、パーソナルコンピュータ等の外部端末や、管理システムと通信可能な任意の通信インターフェースである。
【００４４】
インターフェース４４は、外部機器と接続可能な端子又は回路である。例えば、インターフェース４４は、温度センサ１９及び圧力センサ２０と接続される。
【００４５】
記憶部４５は、メモリ及びストレージを含む。記憶部４５は、種々のデータを格納する。例えば、記憶部４５は、ポンプ１５の制御プログラム及び制御データなどを記憶する。記憶部４５は、例えば、温度センサ１９及び圧力センサ２０で検出した温度及び圧力の情報を記憶する。なお、記憶部４５は、これら温度及び圧力の情報を、日付及び時間、並びに、受熱部１２の識別番号と紐付けて記憶してもよい。
【００４６】
このような記憶部４５は、例えば、ＥＥＰＲＯＭ（Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory）（登録商標）、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、ＮＡＮＤ型フラッシュメモリ、ＳＳＤ（Solid State Drive）等を含む。
【００４７】
プロセッサ４６は、処理回路を含む。プロセッサ４６は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）を含む。なお、プロセッサ４６は、マイコン、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、またはその他の汎用または専用のプロセッサなどであってもよい。また、プロセッサ４６は、単数又は複数であり、例えば、マザーボード等の回路基板に実装される。
【００４８】
プロセッサ４６は、例えば、記憶部４５に記憶された制御プログラムや制御データと、温度センサ１９及び圧力センサ２０で検出した温度及び圧力の情報に基づいて、ポンプ１５を制御する。プロセッサ４６は、ポンプ１５を制御して、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２における気液分離成立条件を満たすように、ポンプ１５を駆動制御する。

【００４９】
次に、このように構成された電力変換装置１の作用について説明する。また、以下の説明において、電力変換装置１が鉄道車両に設けられる例を用いて説明する。
例えば、鉄道車両を走行可能とすべく、パンタグラフから電力が供給されると、制御部２１のプロセッサ４６は、ポンプ１５を駆動する。リザーバタンク１４に貯留される液相の作動冷媒がポンプ１５から送出された受熱部１２の第１流路３５を通過して、リザーバタンク１４に回収される。また、第１流路３５を流れる液相の作動冷媒１００の一部は、毛細管力により多孔質体３２の内部に浸透する。また、受熱部１２に取り付けられた半導体モジュール１１が電力変換装置の動作により発熱する。
【００５０】
このとき、鉄道車両が走行している場合等には、半導体モジュール１１は、受熱部１２内部において液相の作動冷媒１００が沸騰する温度まで上昇する。このため、半導体モジュール１１の熱が受熱部１２の一対の伝熱ブロック３１から多孔質体３２に伝熱する。そして、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２において、複数の蒸気排出部３６ａ近傍の、具体例として、図７に示すように、複数の溝３１ａと多孔質層３１ｃとの接合部近傍、及び、複数のフィン３１ｂの先端面と多孔質体３２との接合部近傍の液相の作動冷媒１００が蒸気となる。即ち、液相の作動冷媒１００が気相の作動冷媒１０１に相変化する。これにより、蒸気排出部３６ａに蒸気が誘起される。
【００５１】
このとき、蒸気排出部３６ａ内の気相の作動冷媒１０１の圧力Ｐｖと多孔質体３２の第１流路３５内に流通する液相の作動冷媒１００の圧力Ｐｌの差圧が、多孔質体３２内における毛細管最大ヘッド（２σ／ｒ）以下であれば、伝熱ブロック３１と多孔質体３２の接合部への作動冷媒の供給と蒸発の圧力バランスが保たれる。これにより、多孔質体３２を隔てて、作動冷媒の気液が分離される。例えば、制御部２１は、作動冷媒の供給と蒸発の圧力バランスが保たれるように、温度センサ１９で検出される温度、及び、圧力センサ２０で検出される圧力に基づいてポンプ１５が駆動制御される。
【００５２】
そして、図２に示すように、蒸気排出部（気相領域）３６ａで発生した蒸気（気相の作動冷媒）は、受熱部１２の上部のヘッダー部材３３に送られ、蒸気流通管１８ｃを経由し、熱交換部１３に送出される。熱交換部１３に設置された送風機１６によって外部空気を送風し、熱交換部１３で気相の作動冷媒を熱交換させることで、熱交換部１３内部の気相の作動冷媒を凝縮させ、放熱させる。凝縮された作動冷媒は気相から液相に相変化し、液還流管１８ｄを経由してリザーバタンク１４に送出される。
【００５３】
なお、このとき、逆止弁１７は、熱交換部１３とリザーバタンク１４の圧力変動から、リザーバタンク１４内の液相の作動冷媒が熱交換部１３に逆流することを防止する。また、多孔質体３２を介して気液分離された液相の作動冷媒は、受熱部流出管１８ｂを経由してリザーバタンク１４内に送出される。
【００５４】
受熱部流出管１８ｂ内を流通する液相の作動冷媒は、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２内の蒸発潜熱以外の顕熱による熱損失分を授受し熱輸送されるため、サブクール度が低い状態となりうる。なお、冷却システム２の熱バランスを保つためには、この熱損失分の配管とリザーバタンク１４の熱容量が必要となる。
【００５５】
このように、鉄道車両が走行している場合等における半導体モジュール１１の高熱負荷時には、図２に示すように、受熱部１２内で作動冷媒を液相と気相に分離し、それぞれを還流させて、作動冷媒を循環させることによって冷却システムを正常に機能するように維持する。
【００５６】
また、鉄道車両が停止している場合等においては、半導体モジュール１１は、受熱部１

２内部において液相の作動冷媒が沸騰しない温度まで上昇する。このため、受熱部１２において、液相の作動冷媒は、気相に相変化しない。よって、液相の作動冷媒は、多孔質体３２の受熱部流出管１８ｂを経由してリザーバタンク１４内に送出される。このように、鉄道車両が停止している場合等の、半導体モジュール１１の低熱負荷時には、図３に示すように、受熱部１２内を通過した液相の作動冷媒を還流させて、作動冷媒を循環させることによって冷却システムを正常に機能させる。

【００５７】

以上説明したように、本実施形態の電力変換装置１は、ポンプ１５により液相の作動冷媒を受熱部１２に流通させるが、液相の作動冷媒を熱交換部１３に流通させる必要がない。電力変換装置１は、熱交換部１３における圧力損失が生じることがないことから、ポンプ動力を低減させることができる。よって、電力変換装置１は、ポンプ１５の小型化及び省エネ化に寄与できる。また、液単相流で放熱させるよりも気相状態から作動冷媒を液化させたほうが温度差を小さくできるため、同一放熱条件で比較した場合、本実施形態の電力変換装置１は、熱交換部１３の体積を、従来の循環水冷の熱交換部の体積よりも小さくすることができる。よって、電力変換装置１の小型化となることから、熱交換部１３の設置の自由度の向上や、冷却システムの軽量化を図ることができる。

【００５８】

また、電力変換装置１は、液相の作動冷媒が沸騰する通常動作では、沸騰冷却による蒸発潜熱を利用するため、高熱流束化が期待できるとともに、低流量時で液相の作動冷媒の沸騰状態が発生しない場合でも低いポンプ動力による熱輸送と放熱が可能となる。よって、電力変換装置１の冷却システムは、従来の循環水冷の冷却システムによって生じる過冷却や、従来の沸騰冷却の冷却システムによるオーバーシュート等による熱負荷の変動を小さくできる。このため、電力変換装置１は、温度変動抑制及び平準化が図れるため、半導体モジュール１１に用いられる半導体素子の寿命を延ばすことができる。

【００５９】

また、気相の作動冷媒が通過する蒸気排出部３６ａは、伝熱ブロック３１の複数の溝３１ａ及びこれら溝３１ａにそれぞれ形成された多孔質層３１ｃで囲われた空間により形成される。よって、図５に示すように、受熱部１２の内部に配置される多孔質体３２を簡素な形状であるプレート状とし、伝熱ブロック３１をフィン形状とすることで、液供給圧力損失を抑え、多孔質体３２の造形コストを削減でき、結果として、受熱部１２のコスト低減につながる。また伝熱ブロック３１のフィン３１ｂの周囲（溝３１ａの表面）に多孔質層３１ｃを設けることで、毛細管力によって供給した液を捕捉、伝熱面表面のドライアウト抑制が可能となる。

【００６０】

上述したように、本実施形態の電力変換装置１によれば、受熱部１２で作動冷媒の気液分離を可能とし、且つ、作動冷媒の沸騰において、液相及び気相の作動冷媒を還流させ、そして、作動冷媒の非沸騰において、液相の作動冷媒を還流させる。また、伝熱ブロック３１の溝３１ａに多孔質層３１ｃを設け、多孔質体３２をプレート状にする。よって、電力変換装置１は、冷却システムのポンプ１５のポンプ動力を低減できるとともに、低コスト化が可能となる。

【００６１】

なお、実施形態は上述した例に限定されない。例えば、適用する作動冷媒や半導体モジュール１１の熱負荷条件によって、多孔質層３１ｃ及び多孔質体３２の材質や最適な空隙率、細孔径等が異なる。よって、図１０及び図１１に示す第２の実施形態に係る受熱部１２Ａのように、伝熱ブロック３１及び多孔質体３２の双方をフィン形状として交互にかみ合わせことによって、伝熱ブロック３１及び多孔質体３２の製造・造形コストも最適化する構成としてもよい。以下、第２の実施形態に係る電力変換装置１に用いられる受熱部１２Ａについて、図１０及び図１１を用いて説明する。なお、第２の実施形態に係る受熱部１２Ａの構成のうち、上述した第１の実施形態に係る受熱部１２と同様の構成については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【００６２】
受熱部１２Ａは、一対の伝熱ブロック３１と、多孔質体３２Ａと、ヘッダー部材３３と、を備える。また、受熱部１２Ａは、多孔質体３２Ａ内に設けられ、液相の作動冷媒が単相流で流通する第１流路３５と、一対の伝熱ブロック３１及び多孔質体３２Ａの間の隙間からヘッダー部材３３内を気相の作動冷媒が単相流で流通する第２流路３６と、を有する。また、受熱部１２Ａは、第１流路３５を配管１８に接続する受熱部流入口３７及び受熱部流出口３８を有する。
【００６３】
伝熱ブロック３１は、平板状に形成される。伝熱ブロック３１は、多孔質体３２Ａと対向する面に形成された、一方向に延びる複数の溝３１ａを有する。なお、例えば、伝熱ブロック３１は、多孔質層３１ｃを有さない。
【００６４】
溝３１ａは、一方向に沿って延びる。溝３１ａは、溝３１ａの長手方向に直交する断面形状が、矩形状に形成される。複数の溝３１ａは、溝３１ａの延設方向に直交する方向において、複数の溝３１ａが等間隔で配置される。溝３１ａは、例えば、受熱部１２を取り付ける姿勢で、上下方向に延びる。このような複数の溝３１ａが一面側に形成されることで、伝熱ブロック３１の多孔質体３２と対向する面は、一方向に延びる矩形状の複数のフィン３１ｂが形成されたフィン形状に形成される。なお、溝３１ａの長手方向に直交する方向の幅、換言すると、隣り合うフィン３１ｂの間隔は、第２流路３６の蒸気排出部３６ａが２つ配置できるとともに、多孔質体３２Ａの後述するフィン３２ａが配置できる幅に設定される。
【００６５】
多孔質体３２Ａは、一対の伝熱ブロック３１の間に設けられる。多孔質体３２Ａは、平板のプレート状に形成されるとともに、一対の伝熱ブロック３１とそれぞれ対向する主面が、フィン形状に形成される多孔質フィンである、一対の伝熱ブロック３１の間に設けられる。多孔質体３２Ａは、内部に液相の作動冷媒が流れる第１流路３５が形成される。また、多孔質体３２Ａは、伝熱ブロック３１と対向する一対の主面のそれぞれに、一方向の延びる矩形状の複数のフィン３２ａを有する。
【００６６】
各フィン３２ａは、伝熱ブロック３１の各溝３１ａの幅方向で中央に配置され、溝３１ａの内面に接合され、これにより、伝熱ブロック３１の複数のフィン３１ｂ及び多孔質体３２Ａの複数のフィン３２ａが交互に配置され、隣り合うフィン３１ｂ及びフィン３２ａの間に、蒸気排出部３６ａが形成される。伝熱ブロック３１の複数のフィン３１ｂは、多孔質体３２Ａの主面（隣り合うフィン３２ａの間の溝）に接合され、そして、多孔質体３２Ａの複数のフィン３２ａは、伝熱ブロック３１の複数の溝３１ａの幅方向で中央側の底面に接合される。
【００６７】
このような受熱部１２Ａは、伝熱ブロック３１及び多孔質体３２Ａは、双方の複数のフィン３１ｂ、３２ａを交互にかみ合わせる（配置する）形状とすることで、隣り合うフィン３１ｂ、３２ａの間に蒸気排出部３６ａが形成される。そして、伝熱ブロック３１と多孔質体３２Ａが接触する部位、即ち、伝熱ブロック３１のフィン３１ｂと多孔質体３２Ａ、及び、多孔質体３２Ａのフィン３２ａと伝熱ブロック３１との接合部の界面において、作動冷媒１００の気液分離を行う。そして、第２流路３６である複数の蒸気排出部３６ａを気相の作動冷媒１０１が通過する。これにより、受熱部１２Ａは、上述した第１の実施形態に係る受熱部１２Ａと同様の効果を奏する。
【００６８】
また、受熱部１２Ａは、多孔質体３２Ａをプレート上とし、主面に複数のフィン３２ａを設ける構成であるが、複数のフィン３２ａのピッチ（間隔）は、伝熱ブロック３１の複数のフィン３１ｂの間に配置して、伝熱ブロック３１の複数のフィン３１ｂとともに蒸気排出部３６ａを形成できるピッチでよい。このため、複数のフィン３２ａの数及び間隔を

、多孔質体の複数のフィンを隣り合わせて蒸気排出部３６ａを形成する構成に比べて、低減させることができる。よって、電力変換装置１は、冷却システムのポンプ１５のポンプ動力を低減できるとともに、低コスト化が可能となる。

【００６９】

また、実施形態は、上述した例に限定されない。例えば、図１２及び図１３に示す第３の実施形態に係る受熱部１２Ｂに示すように、第２の実施形態に係る受熱部１２Ａの伝熱ブロック３１の複数の溝３１ａに、第１の実施形態に係る受熱部１２の伝熱ブロック３１に設けた多孔質層３１ｃを設ける構成としてもよい。受熱部１２Ｂは、このような多孔質層３１ｃを有する一対の伝熱ブロック３１の間に、多孔質体３２Ａを設ける構成とすればよい。

【００７０】

さらに、例えば、図１４乃至図１６に示す第４の実施形態に係る受熱部１２に示すように、例えば、第１の実施形態乃至第３の実施形態に係る多孔質体３２において、多孔質体３２と伝熱ブロック３１とが接触する接触界面付近における多孔質体３２の空隙率を高めても良い。多孔質体３２と伝熱ブロック３１の接触界面付近では沸騰による蒸気発生が著しくなるため、蒸気を適正に排出しないとドライアウトによる急激な伝熱劣化につながる。そこで、図１４乃至図１６に示す各例のように、多孔質体３２において、伝熱ブロック３１と接触する接触界面付近に、多孔質体３２の空隙率よりも空隙率が高い多孔質層３２ｂを設けることにより、蒸気が抜ける圧力損失を低減させ、蒸気排出を促すことができる。

【００７１】

以上のように構成されたいずれかの電力変換装置は、冷却システムのポンプ１５のポンプ動力を低減できるとともに、低コスト化が可能となる。

【００７２】

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。これら新規な実施形態は、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ともに、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。

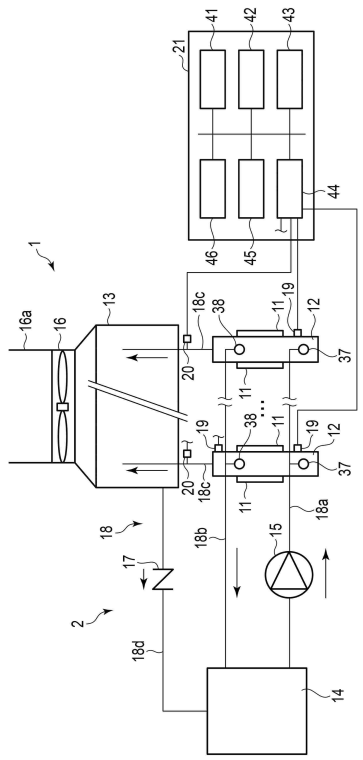
【符号の説明】

【００７３】

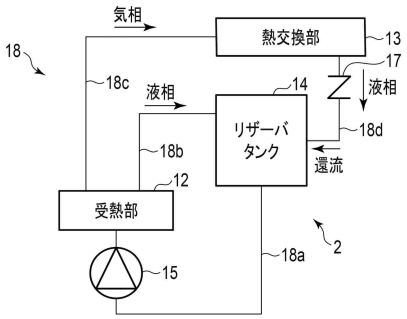
１…電力変換装置、２…冷却システム、１１…半導体モジュール、１２、１２Ａ、１２Ｂ…受熱部、１３…熱交換部、１４…リザーバタンク、１５…ポンプ、１６…送風機、１６ａ…風洞ダクト、１７…逆止弁、１８…配管、１８ａ…受熱部流入管、１８ｂ…受熱部流出管、１８ｃ…蒸気流通管、１８ｄ…液還流管、１９…温度センサ、２０…圧力センサ、２１…制御部、３１…伝熱ブロック、３１ａ…溝、３１ｂ…フィン、３１ｃ…多孔質層、３２、３２Ａ…多孔質体、３２ｂ…多孔質層、３２ａ…フィン、３３…ヘッダー部材、３３ａ…開口、３５…流路、３６…流路、３６ａ…蒸気排出部、３７…受熱部流入口、３８…受熱部流出口、４１…入力部、４２…表示部、４３…通信部、４４…インターフェース、４５…記憶部、４６…プロセッサ、１００…作動冷媒（液相）、１０１…作動冷媒（気相）。

【図面】

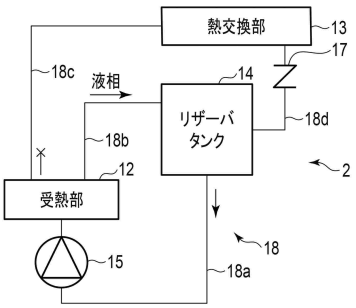
【図１】


1
2
11
12
13
14
15
16
16a
17
18
18a
18b
18c
18d
19
20
21
37
38
41
42
43
44
45
46

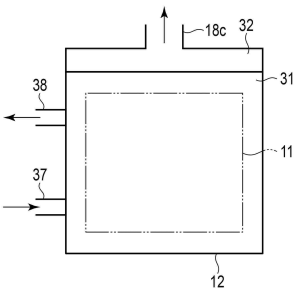
【図２】


気相
熱交換部
13
17
液相
液相
18
18c
14
液相
リザーバ
タンク
18d
18b
還流
12
受熱部
2
15
18a

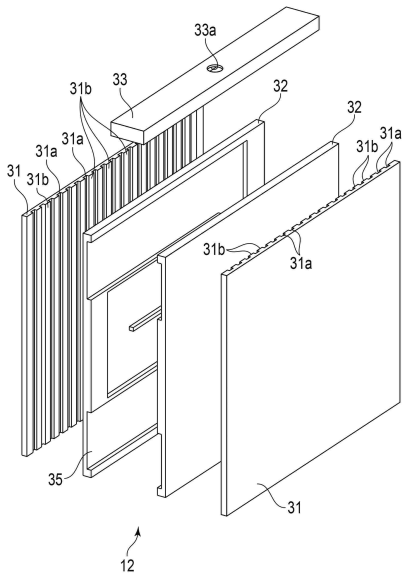
【図３】


熱交換部
13
17
18c
液相
14
リザーバ
タンク
18d
18b
2
12
受熱部
18
15
18a

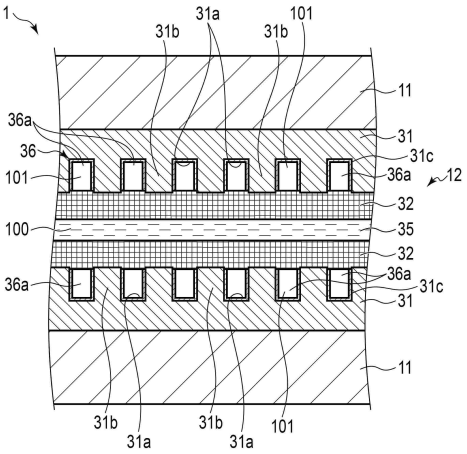
【図４】


18c
32
31
38
11
37
12

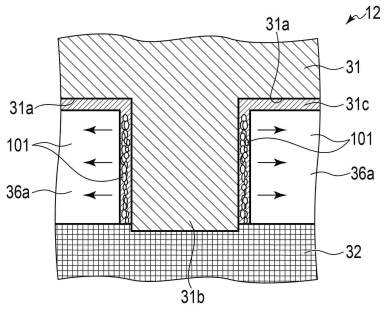
【図５】


33a
33
32
32
31b
31a
31a
31b
31
31b
31a
31b
31a
35
31
12

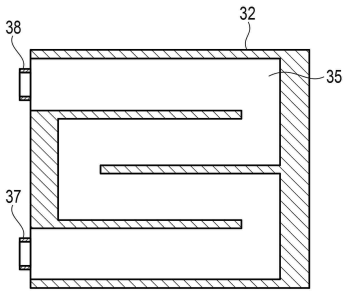
【図６】


1
31a
101
31b
31b
11
36a
31
36
31c
101
36a
12
32
100
35
32
36a
36a
31c
31
11
31b
31a
31b
31a
101

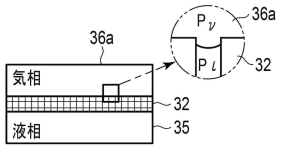
【図７】


12
31a
31
31a
31c
101
101
36a
36a
32
31b

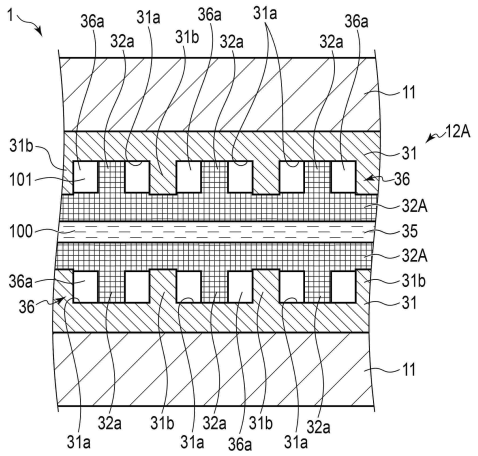
【図８】


32
38
35
37

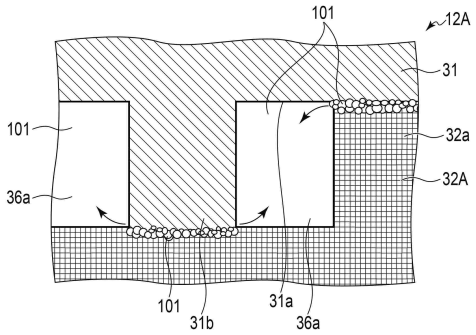
【図９】



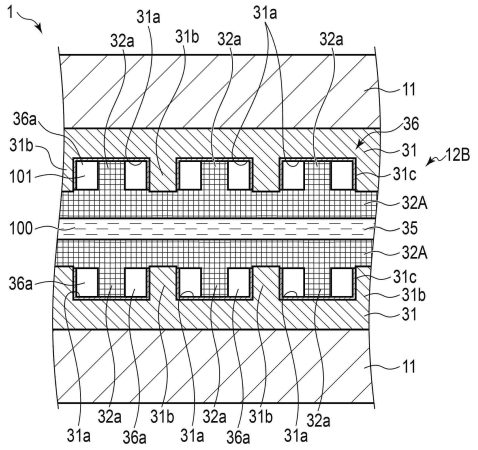
【図１０】



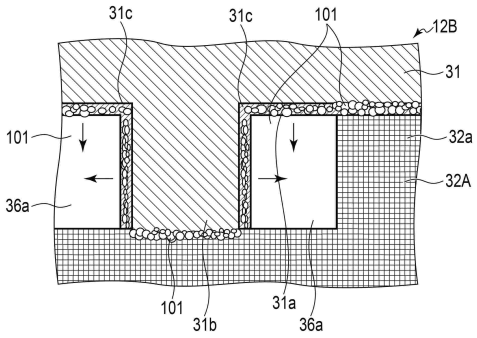
【図１１】



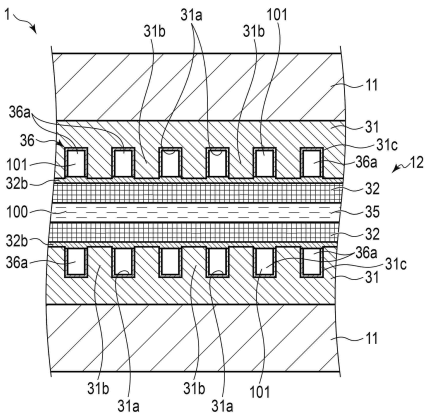
【図１２】



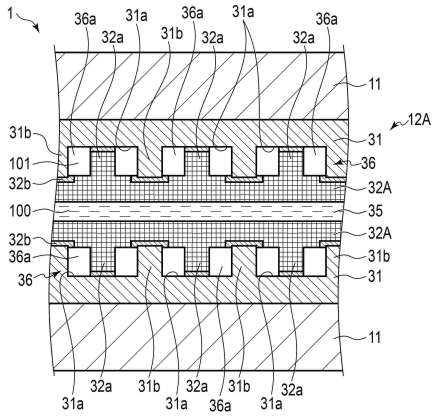
【図１３】



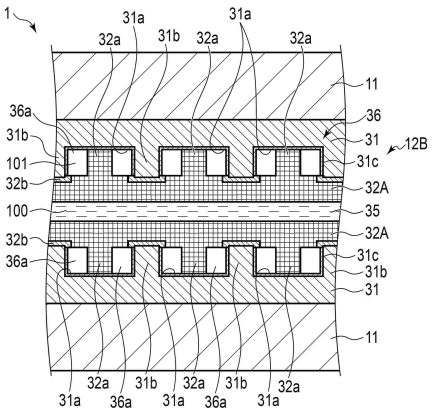
【図１４】



【図１５】



【図１６】



フロントページの続き

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
B60L	*3/00*	*(2019.01)*	H05K	7/20	B	
B60L	*1/00*	*(2006.01)*	H05K	7/20	D	
F28D	*15/02*	*(2006.01)*	H05K	7/20	F	
F28D	*15/04*	*(2006.01)*	H05K	7/20	H	
			B60L	3/00	J	
			B60L	1/00	A	
			F28D	15/02	101K	
			F28D	15/04	E	

神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内
(72)発明者　市倉　優太
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地３４　東芝インフラシステムズ株式会社内

Ｆターム（参考）　5E322　AA01 AA03 AB10 BB03 DA01 DA02 DB02 DB06 EA10 FA04
5F136　BA04 BA14 BC07 CB07 CB13 DA27 FA02
5H125　AA05 AC02 BA09 BB00 CD06 EE70 FF23
5H770　AA21 AA29 BA03 HA01Z HA06Z PA12 PA16 PA17 PA22 PA32
PA42 QA06