

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5581119号  
(P5581119)

(45) 発行日 平成26年8月27日 (2014. 8. 27)

(24) 登録日 平成26年7月18日 (2014. 7. 18)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 M 7/48 (2007. 01)

H O 2 M 7/48 Z

H O 2 M 7/483 (2007. 01)

H O 2 M 7/483

H O 1 L 23/427 (2006. 01)

H O 1 L 23/46 B

請求項の数 17 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-129520 (P2010-129520)  
 (22) 出願日 平成22年6月7日 (2010. 6. 7)  
 (65) 公開番号 特開2011-259536 (P2011-259536A)  
 (43) 公開日 平成23年12月22日 (2011. 12. 22)  
 審査請求日 平成24年5月14日 (2012. 5. 14)

(73) 特許権者 000005108  
 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号  
 (74) 代理人 100100310  
 弁理士 井上 学  
 (74) 代理人 100098660  
 弁理士 戸田 裕二  
 (72) 発明者 舟越 砂穂  
 茨城県ひたちなか市堀口832番地2  
 株式会社 日立製作  
 所 機械研究所内  
 (72) 発明者 鈴木 敦  
 茨城県ひたちなか市堀口832番地2  
 株式会社 日立製作  
 所 機械研究所内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷却装置、電力変換装置、鉄道車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のパワー半導体素子と、  
 受熱部材と、  
 複数のヒートパイプを有し、  
 前記複数のパワー半導体素子は前記受熱部材の一方側の面に取り付けられ、  
 前記複数のヒートパイプは前記受熱部材の他方側の面に取り付けられ、  
 前記複数のヒートパイプは、前記受熱部材の外側に立ち上げられた放熱部と、前記受熱部材と接触する受熱部と、を備えた電力変換装置において、  
 前記複数のヒートパイプの各々の受熱部が同一面上に設置される、複数の第1のヒートパイプと第2のヒートパイプを備え、  
 前記複数の第1のヒートパイプは、前記複数の第1のヒートパイプの受熱部の長手方向が冷却風の流れ方向と略同一方向に並べて設置され、  
 前記第2のヒートパイプは、前記第2のヒートパイプの受熱部の長手方向が冷却風の流れ方向と略垂直の方向で、かつ隣接する前記複数の第1のヒートパイプとの間に設置され、  
 前記第2のヒートパイプの受熱部は、発熱量の異なる複数の素子に跨って配置されること  
 を特徴とする電力変換装置。

【請求項 2】

10

20

請求項 1 記載の電力変換装置において、

前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部、及び前記第 2 のヒートパイプの受熱部と同一面上であって、前記受熱部材の端部に沿って、前記受熱部材の熱を平均化させる均熱パイプを有すること

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電力変換装置において、

前記複数の素子は、I G B T モジュールとダイオードモジュールであること

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 4】

請求項 2 記載の電力変換装置において、

前記の長手方向が冷却風の流れ方向と略垂直の方向に設置された第 2 ヒートパイプの少なくとも一部は、少なくとも片側を前記受熱部材の外側に立ち上げたこと

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 5】

請求項 2 記載の電力変換装置において、

前記放熱部に取り付けられるフィンを備え、

前記フィンは、冷却風の上流側と下流側で間隔を変え、下流側ほど前記フィンの間隔を狭くしたこと

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 6】

請求項 2 記載の電力変換装置において、

冷却風の上流側と下流側で前記放熱部の間隔を変え、下流側ほど前記放熱部の間隔を狭くしたこと

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 7】

請求項 5 記載の電力変換装置において、

冷却風の上流側と下流側で前記フィンの材料を変え、上流側の前記フィンの熱伝導率よりも下流側の前記フィンの熱伝導率を大きくしたこと

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 8】

複数の発熱素子を一方側の面で接続するための受熱部材と、

前記受熱部材の他方側の面に接続した複数のヒートパイプと、を備え、

前記複数のヒートパイプは、前記受熱部材の外側に立ち上げられた放熱部と、前記受熱部材と接触する受熱部と、を備えた冷却装置において、

前記複数のヒートパイプの各々の受熱部が同一面上に設置される、複数の第 1 のヒートパイプと第 2 のヒートパイプを備え、

前記複数の第 1 のヒートパイプは、前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部の長手方向が冷却風の流れ方向と略同一方向に並べて設置され、

前記第 2 のヒートパイプは、前記第 2 のヒートパイプの受熱部の長手方向が冷却風の流れ方向と略垂直の方向で、かつ隣接する前記複数の第 1 のヒートパイプとの間に設置され、

前記第 2 のヒートパイプの受熱部は、発熱量の異なる複数の素子に跨って配置されること

を特徴とする冷却装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の冷却装置において、

前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部、及び前記第 2 のヒートパイプの受熱部と同一面上であって、前記受熱部材の端部に沿って、前記受熱部材の熱を平均化させる均熱パイプを有すること

10

20

30

40

50

を特徴とする冷却装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の冷却装置において、

複数の前記第 2 ヒートパイプの少なくとも一部は、少なくともパイプの片側に前記放熱部を備えること

を特徴とする電力変換装置。

【請求項 11】

請求項 9 記載の冷却装置において、

前記放熱部に取り付けられるフィンを備え、

前記フィンは、冷却風の上流側と下流側で間隔を変え、下流側ほど前記フィンの間隔を狭くしたこと

10

を特徴とする冷却装置。

【請求項 12】

請求項 9 記載の冷却装置において、

冷却風の上流側と下流側で前記放熱部の間隔を変え、下流側ほど前記放熱部の間隔を狭くしたこと

を特徴とする冷却装置。

【請求項 13】

請求項 11 記載の冷却装置において、

冷却風の上流側と下流側で前記フィンの材料を変え、上流側の前記フィンの熱伝導率よりも下流側の前記フィンの熱伝導率を大きくしたこと

20

を特徴とする冷却装置。

【請求項 14】

受熱部材と、

前記受熱部材の一方側に取り付けられる複数のパワー半導体素子と、

前記受熱部材の他方側に取り付けられる複数のヒートパイプと、

を備えた電力変換装置および該電力変換装置により駆動される車両駆動用電動機を備えた鉄道車両において、

前記複数のヒートパイプは前記受熱部材と接触する受熱部を備え、

前記複数のヒートパイプの各々の受熱部が同一面上に設置される、複数の第 1 のヒートパイプと第 2 のヒートパイプを備え、

30

前記複数の第 1 のヒートパイプは、前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記送風機の送風方向と略同一方向に並べて設置され、

前記第 2 のヒートパイプは、前記第 2 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記送風機の送風方向と略垂直の方向で、かつ隣接する前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部との間に設置され、

前記第 2 のヒートパイプの受熱部は、発熱量の異なる複数の素子に跨って配置された電力変換装置を搭載したこと、

を特徴とする鉄道車両。

【請求項 15】

40

受熱部材と、

前記受熱部材の一方側に取り付けられる複数のパワー半導体素子と、

前記受熱部材の他方側に取り付けられる複数のヒートパイプと、

を備えた電力変換装置および該電力変換装置により駆動される車両駆動用電動機を備えた鉄道車両において、

前記複数のヒートパイプは前記受熱部材と接触する受熱部を備え、

前記複数のヒートパイプは、同一面上に前記受熱部の各々が設置される複数の第 1 のヒートパイプと、第 2 のヒートパイプを備え、

前記複数の第 1 のヒートパイプは、前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記鉄道車両の走行方向と略同一方向に並べて設置され、

50

前記第 2 のヒートパイプは、前記第 2 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記鉄道車両の走行方向と略垂直の方向で、かつ隣接する前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部との間に設置され、

前記第 2 のヒートパイプの受熱部は、発熱量の異なる複数の素子に跨って配置された走行風冷却式の電力変換装置を搭載したこと、

を特徴とする鉄道車両。

【請求項 16】

受熱部材と、

前記受熱部材の一方側に取り付けられる複数のパワー半導体素子と、

前記受熱部材の他方側に取り付けられる複数のヒートパイプと、

を備えた電力変換装置および該電力変換装置により駆動される車両駆動用電動機を備えた鉄道車両において、

前記複数のヒートパイプは前記受熱部材と接触する受熱部を備え、

前記複数のヒートパイプは、同一面上に前記受熱部の各々が設置される複数の第 1 のヒートパイプと、第 2 のヒートパイプを備え、

前記複数の第 1 のヒートパイプは、前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記鉄道車両の上下方向と略同一方向に並べて設置され、

前記第 2 のヒートパイプは、前記第 2 のヒートパイプの受熱部の長手方向が前記鉄道車両の上下方向と略垂直の方向で、かつ隣接する前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部との間に設置され、

前記第 2 のヒートパイプの受熱部は、発熱量の異なる複数の素子に跨って配置された自然対流冷却式の電力変換装置を搭載したこと

を特徴とする鉄道車両。

【請求項 17】

請求項 14 ないし請求項 16 のいずれかに記載の鉄道車両において、

前記電力変換装置は、前記複数の第 1 のヒートパイプの受熱部、及び前記第 2 のヒートパイプの受熱部と同一面上であって、前記受熱部材の端部に沿って、前記受熱部材の熱を平均化させる均熱パイプを有すること

を特徴とする鉄道車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷却装置の冷却性能向上に関する。特に、電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力変換装置は、電動機を制御するためのものであり、電力変換装置は冷却性能を向上し、小型化することが望まれている。従来の電力変換装置は、特許文献 1 のように L 字形のヒートパイプの受熱部が受熱部材に熱的に接触するように配置し、ヒートパイプ受熱部から立ち上がる放熱部を千鳥状に配置することにより、放熱性能を向上した構造が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 11 - 251499 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、冷却装置の冷却性能向上が重要な課題となっており、特に高速車両等の高出力が要求される電力変換装置においては、高発熱密度のパワー半導体素子が密接して配置される傾向にあり、高い発熱をいかに冷却して素子の温度上昇を抑えるかが重要である。前記

10

20

30

40

50

従来構造においては、ヒートパイプの受熱部が冷却風の流れ方向のみに配置されていたため、冷却風の流れと垂直の方向に大きな発熱分布がある場合に、発熱の大きい部分から発熱の小さい部分への熱の移動が必ずしも十分になされていないため、冷却装置が大型化するという課題があった。

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、発熱素子の発熱が冷却風の流れ方向と異なる方向に分布がある場合においても、発熱の大きい部分から小さい部分へと十分に熱を移動させることができる冷却装置または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】

【 0 0 0 6 】

10

前記目的を達成するために、本発明の電力変換装置では、複数のヒートパイプの前記受熱部材に取り付けられた部分が、互いに所定角度以上を成すように、前記複数のヒートパイプが前記受熱部材に取り付けられる。

【 0 0 0 7 】

本発明の冷却装置では、前記複数のヒートパイプの前記受熱部材と接続する部分が、互いに所定角度以上を成すように、前記複数のヒートパイプが前記受熱部材と接続されている。

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

発熱素子の発熱が冷却風の流れ方向と異なる方向に分布がある場合においても、冷却風温度が高く素子温度が上がり易い部分から冷却風温度が比較的低い部分へ熱が移動するとともに、発熱量の多い部分から少ない部分へ熱が移動するので、発熱素子の発熱が効果的に分散されて冷却装置の冷却性能が向上する。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】本発明の一実施形態における電力変換装置の冷却風の流れ方向と平行な鉛直方向断面図である。

【図 2】本発明の一実施形態における電力変換装置の冷却風の流れ方向と垂直方向から見た鉛直方向断面図である。

【図 3】本発明の一実施形態における電力変換装置のヒートパイプと半導体モジュールの配置を示す図である。

30

【図 4】本発明の一実施形態における電力変換装置の別の位置における流れ方向と平行な鉛直方向断面図である。

【図 5】本発明の一実施形態における電力変換装置の別の位置における冷却風の流れ方向と垂直方向から見た鉛直方向断面図である。

【図 6】本発明の一実施形態における電力変換装置のヒートパイプと半導体モジュールの配置の他の配置方法を示す図である。

【図 7】本発明の他の実施形態（第 2 の実施形態）における電力変換装置のヒートパイプと半導体モジュールの配置を示す図である。

【図 8】本発明の他の実施形態（第 2 の実施形態）における電力変換装置の冷却風の流れ方向と垂直方向の鉛直方向断面図である。

40

【図 9】本発明の更に他の実施形態（第 3 の実施形態）における電力変換装置の冷却風の流れ方向に沿った鉛直方向断面図である。

【図 10】本発明の更に他の実施形態（第 3 の実施形態）における電力変換装置の冷却風の流れ方向に沿った鉛直方向断面図である。

【図 11】本発明の更に他の実施形態（第 4 の実施形態）における電力変換装置のヒートパイプと半導体モジュールの配置を示す図である。

【図 12】本発明の電力変換装置を鉄道車両に搭載した構成を示す図である。

【図 13】本発明の一実施形態における電力変換装置の各モジュールの配置構成を示す図である。

50

【図 1 4】本発明の一実施形態における電力変換装置における各モジュールの発熱量と温度分布の一例を示す図である。

【図 1 5】本発明の一実施形態における電力変換装置の 1 相分の回路図を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明の実施の形態を以下、図面を用いて説明する。図 1 2 に本発明の一実施形態における電力変換装置を鉄道車両に搭載したときの構成を示す。本発明の電力変換装置は、鉄道車両の床下等に設けられ、車両を駆動する電動機に供給する電力の周波数などを制御することにより、電動機の回転速度の制御を行う。図 1 2 において、電力変換装置 1 0 0 0 は、車体 1 0 0 2 と固定されている。矢印 3 0 は冷却風の流れを示す。冷却風は、送風機 4 0 によって吸込みグリル 4 1 から吸い込まれ、電力変換装置 1 0 0 0 の冷却装置 1 0 0 1 に供給される。

10

【0011】

図 1 5 に本実施例の電力変換装置の 1 相分の回路構成を示す。電力変換装置は、I G B T (Insulated Gate Bipolar Transistor) やクランプダイオードのパワー半導体素子と、コンデンサで構成されており、図 1 5 に示す回路を U, V, W の 3 相分備える。本電力変換装置をインバータとして駆動する場合には、直流電圧を一次側から受けて 3 レベルの電圧波形を二次側へ出力することができる。

【0012】

図 1 3 に本実施例の本実施例の電力変換装置の各モジュールの配置構成を示す。複数の I G B T モジュール 6, 8 やクランプダイオードモジュール 7 は、アルミニウム合金等の金属からなる受熱部材 4 の一方側の面に配置される。

20

【0013】

図 1 4 に本実施例の電力変換装置を駆動した場合における各モジュールの発熱量と温度分布の一例を示す。この図からクランプダイオードモジュール 7 の発熱量は、I G B T モジュール 6, 8 の発熱量と比較して低く、温度分布も同様にクランプダイオードモジュール 7 が I G B T モジュール 6, 8 と比較して低温であることが分かる。実際に、I G B T モジュール 6, 8 の最大発熱量はクランプダイオードモジュール 7 の最大発熱量の 1 0 倍程度と非常に大きい。

【0014】

30

図 1 に本実施形態（第 1 の実施形態）における電力変換装置の冷却風の流れ方向に平行な鉛直断面図を、図 2 に冷却風の流れ方向と垂直な方向から見た鉛直断面図を示す。本実施形態の電力変換装置は各モジュールの配置を受熱部材上で左右対称となるように配置したので、図 2 には装置の半分の構造を示した。

【0015】

図 1 で、1 0 0 0 は電力変換器全体、1 0 0 1 は電力変換器の冷却装置を示す。冷却装置は、受熱部材 4, ヒートパイプ 1, 2, フィン 5 等から構成される。モジュール 6, 7, 8, 6 1, 6 2 等は、グリース等の部材（図示せず）を介して受熱部材 4 とねじ等（図示せず）によって固定される。受熱部材 4 のパワー半導体モジュールの側には、I G B T 駆動回路 9 やフィルタコンデンサ 1 0 等の電子部品が設置されている。また、受熱部材 4 に装着されたパワー半導体モジュールの周囲は、ケース 1 1, 1 2 により密閉されている。受熱部材 4 のパワー半導体モジュール設置面の反対側には、U 字型のヒートパイプ 1 の受熱部 1 0 1 が冷却風の流れ方向と略同一方向となるように埋め込まれ、受熱部 1 0 1 はハンダ付け等により受熱部材 4 と熱的に接続されている。ここで、冷却風の流れ方向と略同一方向とは、冷却風の流れ方向に対して約 - 1 0 度 ~ 約 1 0 度を成す向きを意図するものである。しかし、必ずしも略同一方向となる必要はなく約 - 4 5 度 ~ 約 4 5 度の範囲内であれば良い。U 字型ヒートパイプ 1 の受熱部 1 0 1 の両側からは、放熱部 1 0 2 が立ち上がっている。L 字型のヒートパイプ 2 の受熱部 2 0 1 も同様に冷却風の流れ方向と略同一方向となるように受熱部材 4 に埋め込まれて、ハンダ付け等により受熱部と接続されている。L 字型のヒートパイプ 2 の受熱部 2 0 1 の片側からは、放熱部 2 0 2 が立ち上がっ

40

50

ている。放熱部 102 および 202 には、アルミニウムや銅等の金属でできた複数のフィン 5 が圧入等によって接続されている。

#### 【0016】

さらに受熱部材 4 には、ヒートパイプ 3 が、冷却風の流れ方向とその長手方向が略垂直の向きになるように配置されている。すなわち、ヒートパイプ 3 の長手方向は、U 字型ヒートパイプ 1 や L 字型ヒートパイプ 2 の長手方向と略垂直方向に配置されている。ここで、冷却風の流れ方向とその長手方向が略垂直の向きとは、冷却風の流れ方向に対して約 80 度～約 100 度の角度を成す向きを意図するものである。しかし、必ずしも略同一方向となる必要はなく約 45 度～約 135 度の範囲内であれば良い。

#### 【0017】

受熱部材 4 とヒートパイプおよびパワー半導体モジュールの配置を図 3 に示す。図 3 において 6, 8, 61, 62, 81, 82 は IGBT モジュールを示し、7, 71, 72 はクランプダイオードモジュールを示す。各パワー半導体モジュールはヒートパイプと反対側の面に設置されているので、図 3 では破線で示している。ヒートパイプ 3 の中心軸を通るように切断した面における鉛直断面図を図 4, 図 5 に示す。図 4 は冷却風の流れに平行な断面、図 5 は冷却風の流れに垂直な断面を表わしている。なお、図 3 における切断面 A-A, B-B, C-C, D-D は、それぞれ図 1, 図 2, 図 4, 図 5 の断面図に対応している。ヒートパイプ 3 の受熱部 301 は受熱部材 4 に埋め込まれており、受熱部 301 の片側からは放熱部 302 が立ち上がり、フィン 5 に接続されている。フィン側に立ち上げることのできない端部付近には、立ち上がり部を持たないヒートパイプ 15, 16 を設けている。

#### 【0018】

冷却装置 1001 の周囲にはダクト 14 が設けられ、図 12 に示すように、送風機 40 によってダクト 14 に冷却風が送られる。なお、本実施形態では冷却風を冷却ファンによって強制的に送風する構造について説明するが、車両が走行することにより発生する走行風によって電力変換装置を冷却する構造や、熱せられた空気が上昇するという自然対流を利用して電力変換装置を冷却する構造にも本発明は適用できる。走行風を利用する構造の場合は、冷却風は走行方向とほぼ同一方向となるため、ヒートパイプ 1, 2 は車両の走行方向とほぼ同一方向に沿うように配置される。また、自然対流を利用する構造では、ヒートパイプ 1, 2 は鉄道車両の上下方向（重力方向）とほぼ同一方向に沿うように配置される。

#### 【0019】

次に、各パワー半導体モジュールを冷却する動作について、IGBT モジュール 82 を例にとって説明する。IGBT モジュール 82 の内部に設けられたパワー半導体等が動作することによって発生した熱は受熱部材 4 に伝えられ、U 字型ヒートパイプ 1 の受熱部 101 に達する。U 字型ヒートパイプ 1 には冷媒（純水、ハイドロフルオロカーボン等）が封入されている。受熱部 101 において加熱された冷媒は蒸発して気体となり、放熱部 102 に移動する。放熱部 102 において空気によって冷却された冷媒は凝縮して液体に戻る。放熱部 102 で凝縮した冷媒は重力によって受熱部 101 に戻ってくる。このように蒸発、凝縮を繰り返して冷媒が移動することにより、受熱部材 4 の熱が大気などの電力変換装置の外に放熱される。ヒートパイプ 2, 3 にも冷媒（純水、ハイドロフルオロカーボン等）が封入されており、同様に蒸発、凝縮を繰り返して冷媒が移動することにより、受熱部材 4 の熱が大気などの電力変換装置の外に放熱される。立ち上がり部を持たないヒートパイプ 15, 16 にも冷媒（純水、ハイドロフルオロカーボン等）が封入されている。

#### 【0020】

パワー半導体モジュールの発熱により、冷却風の温度は風上側から風下側に行くに従って上昇する。そのため、発熱量が同じであっても風下側のパワー半導体モジュールのジャンクション温度は風上側のパワー半導体モジュールのジャンクション温度よりも高くなる傾向がある。図 1 から図 5 において、冷却風の方向に長手方向を配置した U 字型及び L 字型のヒートパイプ 1, 2 は、受熱部 101, 放熱部 102 を冷却風の流れに沿って配置し

10

20

30

40

50

て風下側から風上側に熱を移動させることにより、風下側のパワー半導体モジュールの温度上昇を抑えている。

【 0 0 2 1 】

一方、図 1 4 に示すように、I G B T モジュール 8 , 8 1 , 8 2 の発熱量が、クランプダイオードモジュール 7 , 7 1 , 7 2 の発熱量よりも著しく大きく、I G B T モジュール 8 , 8 1 , 8 2 の発熱量が I G B T モジュール 6 , 6 1 , 6 2 よりも比較的大きいような場合、走行風の方向と略垂直方向に長手方向を配置したヒートパイプ 3 によって、冷却風と略垂直方向に発熱量の大きい方から小さいほうへ熱を移動できるので、発熱量の大きな I G B T モジュール 8 , 8 1 , 8 2 の温度上昇を抑えることができる。ここで、ヒートパイプ 3 は発熱量の大きな I G B T モジュールと発熱量の比較的小さなクランプダイオードモジュールに跨るように配置することで発熱量の大きい方から小さいほうへ熱移動が容易となる。更に、立ち上がり部を持たないヒートパイプ 1 5 , 1 6 にも温度の高い部分から低い部分に熱を移動させて平均化させる均熱作用がある。

10

【 0 0 2 2 】

I G B T モジュール 6 , 6 1 , 6 2 と I G B T モジュール 8 , 8 1 , 8 2 の発熱量が同じぐらいで、クランプダイオードモジュール 7 , 7 1 , 7 2 の発熱量よりも著しく大きい場合には、図 6 に示すように I G B T モジュール 6 , 8 , 6 1 , 6 2 , 8 1 , 8 2 の各部分に走行風の方向と略垂直方向に長手方向を配置したヒートパイプ 3 を配置するとよい。長手方向が冷却風の流れ方向とほぼ垂直の方向に設置されたヒートパイプが、対応する素子側の発熱量の大きい部分と発熱量の小さい部分ないしは発熱体のない部分との間に跨るように設置する構造とする。

20

【 0 0 2 3 】

このように、本実施形態によれば、冷却風と略同じ方向に長手方向を配置したヒートパイプと、冷却風と略垂直方向に長手方向を配置したヒートパイプとを組み合わせることによって、パワー半導体モジュールの発熱を効果的に分散することにより冷却性能を向上できるので、冷却装置を小型化することが可能である。また、冷却装置が小型化されるに従って、受熱部材の一方側は発熱性のモジュールで覆われることとなるため、発熱量の比較的大きなモジュールと発熱量の比較的小さなモジュールに対応する位置に跨ってヒートパイプを配置することにより均熱効果を向上させることが可能となる。

【 0 0 2 4 】

30

図 7 , 図 8 に本発明の他の実施形態 ( 第 2 の実施形態 ) における電力変換装置を示す。図 7 には受熱部材 4 とヒートパイプ及びパワー半導体モジュールの配置を、図 8 に冷却風の流れ方向と垂直方向の断面 ( 図 7 で E - E に相当する断面 ) を示す。他の部分の構成は、第 1 の実施形態と同様である。本実施形態では、冷却風の流れに略垂直方向のヒートパイプ 3 1 の受熱部 3 1 1 の両端部分 3 1 2 及び 3 1 3 をフィン側に立ち上げる構造としている。このような構造とすることにより、高温の I G B T モジュール 6 , 6 1 , 6 2 の発熱を比較的低い部分に移動させるとともに、高温のパワー半導体モジュール部分にあるフィンにも放熱させることにより、冷却性能を向上している。本実施形態によれば、冷却風と略同じ方向が長手方向となるように受熱部を配置したヒートパイプと、冷却風と略垂直方向に受熱部を配置した U 字形のヒートパイプを組み合わせることによって、パワー半導体モジュールの発熱を効果的に分散して冷却性能を向上できるので、冷却装置を小型化することが可能である。

40

【 0 0 2 5 】

図 9 に本発明の更に他の実施形態 ( 第 3 の実施形態 ) における電力変換装置を示す。本実施形態では、冷却風の上流側のフィン 5 のピッチを広くして、下流側はフィン 5 と 5 0 によってフィンピッチを小さくするようにした。フィンの構成としては、図 1 0 のように、上流側フィン 5 1 と下流側フィン 5 2 とにフィンを分割して、それぞれのフィンピッチを変えるようにしてもよい。また、上流側のフィンと下流側のフィンの材質を変えて、下流側のフィンの熱伝導率が上流側のフィンの熱伝導率よりも高い材質にしてもよい。例えば、上流側フィンの材質をアルミニウム、下流側フィンの材質を銅にする。

50

## 【 0 0 2 6 】

本実施形態によれば、冷却風の温度が低い風上の部分はフィンピッチを広くして通風抵抗を下げ、冷却風の温度が高い風下の部分はフィンピッチを狭くして放熱を多くすることにより、冷却装置全体としてバランス良く放熱することができ、冷却装置を小型化することが可能である。

## 【 0 0 2 7 】

図 1 1 に本発明の更に他の実施形態（第 4 の実施形態）における電力変換装置を示す。本実施形態では、上流側のヒートパイプ 4 0 1 , 4 0 2 のフィン側へ立ち上げるパイプ（放熱部）の間隔を大きく、下流側のヒートパイプ 4 0 3 , 4 0 4 のフィン側へ立ち上げるパイプ（放熱部）の間隔を小さくし、下流になるほどヒートパイプのフィン側へ立ち上げたパイプ（放熱部）が密に配置されるようにした。本実施形態によれば、冷却風の温度が低い風上の部分はパイプの間隔を広く取ることによってパイプの通風抵抗を下げ、冷却風の温度が高い風下の部分はパイプの間隔を狭くしてフィンに放熱するパイプを多く設置することにより、冷却装置全体としてバランス良く放熱することができ、冷却装置を小型化することが可能である。

10

## 【 0 0 2 8 】

なお、第 3 の実施形態における図 9 または図 1 0 の構造と、第 4 の実施形態における図 1 1 の構造を組み合わせることによって、更に効果的にモジュールの放熱を行い、冷却装置を小型化することも可能である。

## 【 0 0 2 9 】

上記した各実施例では、U 字のヒートパイプ 1 と L 字のヒートパイプ 2 を冷却風と略同一の方向に沿って配置する例を示したが、本発明は当該実施例に限られず、U 字ヒートパイプ 1 のみで放熱部を構成する場合や、L 字ヒートパイプ 2 のみで放熱部を構成する場合にも当然適用可能である。

20

## 【 0 0 3 0 】

また、上記した各実施例では、放熱部が千鳥状に配列した例を説明したが、本発明は当該実施例に限られず、冷却方向と略垂直方向に隣接するヒートパイプの放熱部が冷却方向と略垂直方向に見て重なりあうように、放熱部が整列した構成においても、本発明は適用可能である。

## 【 0 0 3 1 】

また、上記した各実施例では、冷却風と略同一方向に長手方向を配置したヒートパイプと、冷却風と略垂直方向に長手方向を配置したヒートパイプ 3 とを組み合わせることについて説明したが、必ずしも冷却風の方角を意識する必要はなく、複数のヒートパイプの受熱部が所定以上の角度となるように受熱部材 4 に配置されていれば、パワー半導体モジュールの発熱を分散して冷却性能を向上させるという効果を奏することができる。ここで、所定以上の角度とは、例えば 3 0 度以上 1 5 0 度以下であれば良い。

30

## 【 0 0 3 2 】

また、上述した実施例において、最大発熱量が異なるパワー半導体モジュールの例として、I G B T モジュールとクランプダイオードモジュールを示したが、I G B T モジュール同士であっても最大発熱量が異なり、温度分布に傾きが生じる場合には、本発明が適用可能である。

40

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 3 3 】

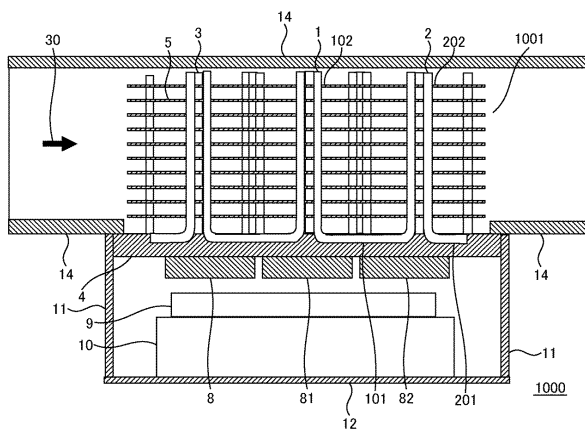
- 1 U 字型ヒートパイプ
- 2 L 字型ヒートパイプ
- 3 ヒートパイプ
- 4 受熱部材
- 5 フィン
- 6 , 8 , 6 1 , 6 2 , 8 1 , 8 2 I G B T モジュール
- 7 , 7 1 , 7 2 クランプダイオードモジュール

50

- 9 I G B T 駆動回路
- 10 フィルタコンデンサ
- 11, 12, 13 ケース
- 14 ダクト
- 15, 16 立ち上がり部を持たないヒートパイプ
- 40 送風機
- 101, 201, 301 ヒートパイプの受熱部
- 102, 202, 302 ヒートパイプの放熱部

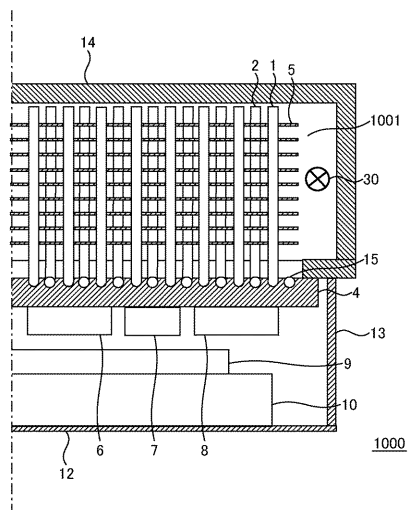
【図 1】

図 1



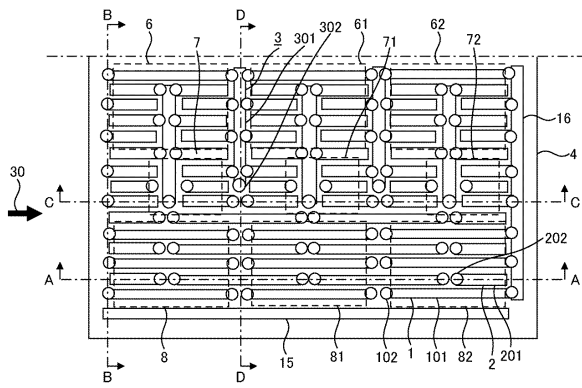
【図 2】

図 2



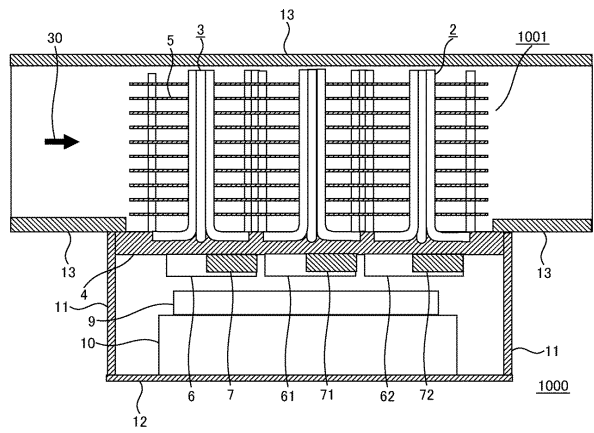
【図 3】

図 3



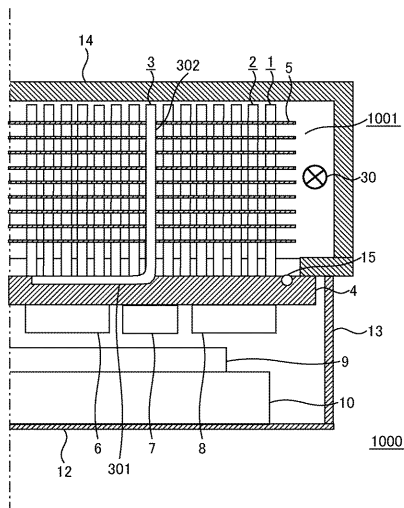
【図 4】

図 4



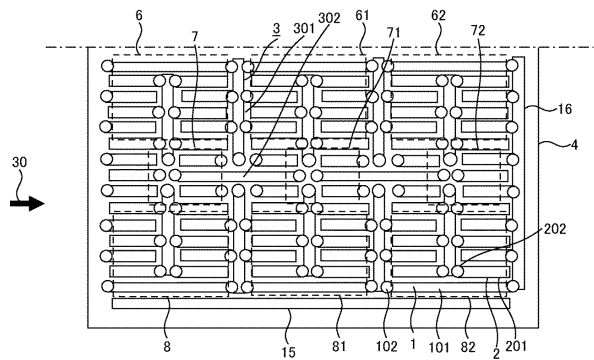
【図 5】

図 5



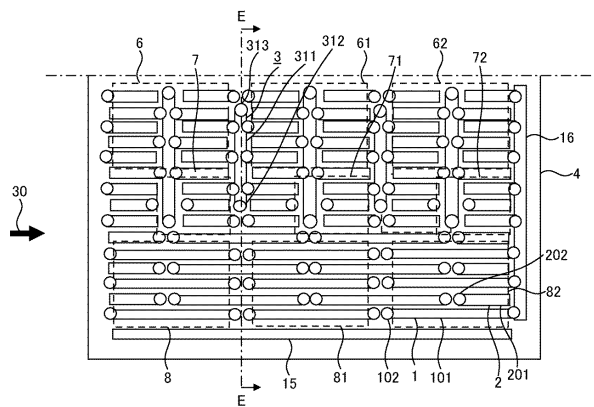
【図 6】

図 6



【図 7】

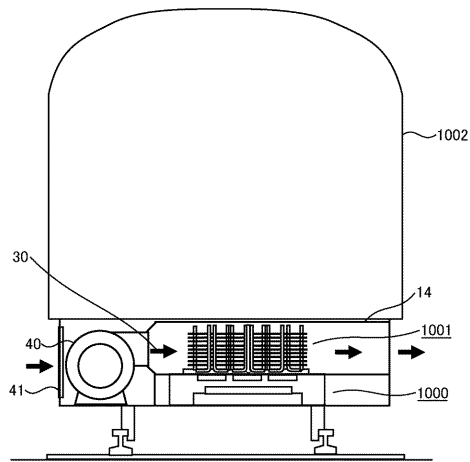
図 7





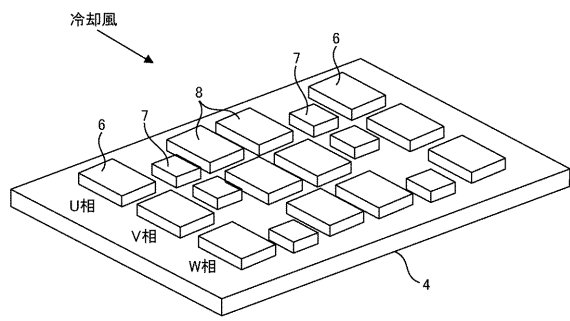
【図 12】

図 12



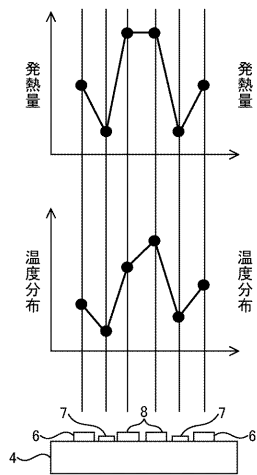
【図 13】

図 13



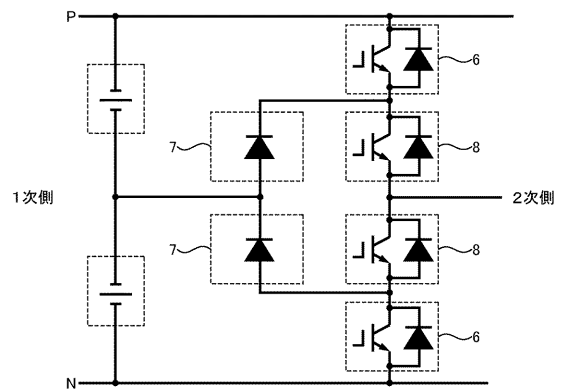
【図 14】

図 14



【図 15】

図 15



図は1相分 (U相など)

---

フロントページの続き

- (72)発明者 安田 陽介  
茨城県ひたちなか市堀口 8 3 2 番地 2  
所内 株式会社 日立製作所 機械研究
- (72)発明者 田中 健  
茨城県ひたちなか市市毛 1 0 7 0 番地  
テム事業部内 株式会社 日立製作所 交通シス
- (72)発明者 佐川 哲  
茨城県ひたちなか市市毛 1 0 7 0 番地  
テム事業部内 株式会社 日立製作所 交通シス
- (72)発明者 菱田 昭裕  
茨城県ひたちなか市市毛 1 0 7 0 番地  
テム事業部内 株式会社 日立製作所 交通シス

審査官 松永 謙一

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 2 2 3 8 1 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 2 5 4 3 8 7 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 5 1 4 9 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 6 1 8 8 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 1 8 8 3 2 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 6 - 0 3 2 7 9 8 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
H 0 2 M 7 / 4 2 - 7 / 9 8