

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-46965

(P2019-46965A)

(43) 公開日 平成31年3月22日 (2019.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/427 (2006.01)	HO 1 L 23/46 A	5 F 1 3 6
HO 2 M 7/48 (2007.01)	HO 2 M 7/48 Z	5 H 7 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2017-168516 (P2017-168516)	(71) 出願人	000005108
(22) 出願日	平成29年9月1日 (2017.9.1)		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	110000062
			特許業務法人第一国際特許事務所
		(72) 発明者	安田 陽介
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	西原 淳夫
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内
		(72) 発明者	堀内 敬介
			東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株
			式会社日立製作所内

最終頁に続く

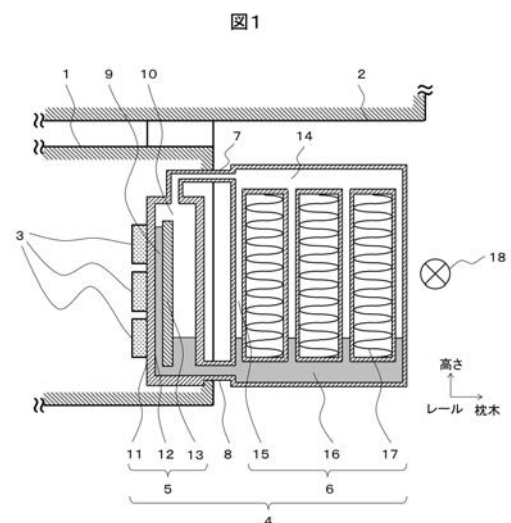
(54) 【発明の名称】 電力変換装置およびその冷却方法

(57) 【要約】

【課題】 鉄道車両の床下などに設置される電力変換装置が備える電力変換用の半導体素子に対して、小型で効率よく冷却できる冷却装置を提供する。

【解決手段】 冷却装置は、半導体素子が放出する熱損失を自らの内部に封入した液冷媒が受熱し沸騰して蒸気となる沸騰容器と、沸騰容器から受けた蒸気を液冷媒に凝縮して沸騰容器に戻す凝縮器とから構成され、沸騰容器は、半導体素子を鉛直方向に設置した素子取付面に接する当該沸騰容器の内壁の沸騰面に対して液冷媒を鉛直方向に吸い上げる機構を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電力変換を行う半導体素子および当該半導体素子で発生する熱損失を冷却する冷却装置を備える電力変換装置であって、

前記冷却装置は、前記半導体素子が放出する熱損失を自らの内部に封入した液冷媒が受熱し沸騰して蒸気となる沸騰容器と、前記沸騰容器から受けた前記蒸気を前記液冷媒に凝縮して前記沸騰容器に戻す凝縮器とから構成され、

前記沸騰容器は、前記半導体素子を鉛直方向に設置した素子取付面に接する当該沸騰容器の内壁の沸騰面に対して前記液冷媒を鉛直方向に吸い上げる機構を有することを特徴とする電力変換装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電力変換装置であって、

前記液冷媒を鉛直方向に吸い上げる機構は、

前記沸騰面と近接して向かい合う平板状の電極を設け、

前記電極と前記沸騰面との間に電場を与え、前記液冷媒と前記蒸気との間に発生する静電力により前記液冷媒を鉛直方向に吸い上げることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の電力変換装置であって、

前記沸騰容器を当該電力変換装置の中に設置し、

前記凝縮器を当該電力変換装置の外に配置し、

前記沸騰容器の上部と前記凝縮器の上部とを蒸気管で接続し、

前記沸騰容器の下部と前記凝縮器の下部とを液管で接続し、

前記凝縮器は、前記蒸気管を通して前記蒸気が前記沸騰容器から供給されるヘッダーと、前記液管を通して前記液冷媒を前記沸騰容器へ供給するフッターと、前記ヘッダーと前記フッターとの間に接続され前記蒸気を熱交換して前記液冷媒に凝縮する凝縮管と、前記凝縮管の外表面に接続された放熱フィンとを備えることを特徴とする電力変換装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置であって、

前記冷却装置を、鉛直方向上下に複数段設ける

ことを特徴とする電力変換装置。

30

【請求項 5】

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装置であって、

前記沸騰面は、当該沸騰面の表面積を拡大する形状を有する

ことを特徴とする電力変換装置。

【請求項 6】

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装置を自らの床下に搭載した鉄道車両。

【請求項 7】

電力変換装置を構成する半導体素子を沸騰容器および凝縮器に封入した液冷媒を用いて冷却する冷却方法であって、

前記半導体素子の素子取付面に接する前記沸騰容器の内壁の沸騰面に対して前記液冷媒を鉛直方向に吸い上げ、

前記半導体素子で発生する熱損失を前記液冷媒に受熱させ当該液冷媒を沸騰させて蒸気にし、

前記蒸気を前記凝縮器により凝縮させて前記液冷媒に戻すことを特徴とする冷却方法。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の冷却方法であって、

50

前記沸騰容器内に電場を与え、当該電場により前記液冷媒と前記蒸気との間に静電力を発生させて前記液冷媒を鉛直方向に吸い上げることを特徴とする冷却方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電力変換を行う複数の半導体素子を冷却する冷却装置を備えた電力変換装置、好ましくは鉄道車両用の電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鉄道車両の床下には、駆動用電動機に供給する電力を制御する電力変換装置が搭載される。この電力変換装置には、電流のスイッチングを行って直流／交流の変換を行う半導体素子が設置される。

【0003】

半導体素子においては通電時およびスイッチング時に熱が発生し、この熱により半導体素子が高温になると、変換効率の低下や素子破壊が懸念される。そのため、半導体素子を所定の温度範囲で動作させるように冷却する必要がある。鉄道車両における電力変換装置は、主に搭載スペースの限られた車両床下等に搭載されるため、小型な装置構成で複数の半導体素子を効率よく冷却する必要がある。

【0004】

高効率な冷却方法として、液冷媒の沸騰による熱伝達を利用した冷却装置が知られている。例えば、特許文献1に記載の冷却装置は、発熱体である複数の半導体素子を伝熱板に取り付けた状態で、EHD現象を示す液冷媒に浸漬する。複数の半導体素子および伝熱板の電位が異なることで、間にある液冷媒の流れが発生し攪拌作用によって冷却性能を向上させること、また、沸騰した液冷媒が蒸気となり、沸騰部の上部にある凝縮部まで上昇し、凝縮部において凝縮されて液冷媒に戻ることを特徴とする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2015-94568号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本願発明者が、鉄道車両用など限られた高さに収容する電力変換装置の小型化および冷却効率向上について鋭意検討した結果、次の知見を得るに至った。

【0007】

鉄道車両では、電力変換装置を車両床下の限られた高さに収容する必要がある。また、装置の小型化や低騒音化の観点から、送風機などを用いずに鉄道車両の走行時に発生する走行風で放熱を行うことが望ましい。そうすると、冷却装置の凝縮部を電力変換装置の外側の側面に配置することが想定される。また、半導体素子と電力変換回路の実装を考慮すると、半導体素子は鉛直方向に設置されることが望ましい。そのため、半導体素子が発生する熱を受け取って液冷媒が沸騰する沸騰面に対し、凝縮部は高さ勾配をつけられずに同じ高さに設置されることが想定される。

【0008】

特許文献1に記載の冷却装置では、沸騰面と凝縮部を同じ高さに設置した場合、沸騰面の上部に液冷媒が供給されなくなるため、沸騰による熱伝達が発生せず、冷却効率が悪くなることが想定される。そのため、前述のように、半導体素子が発生する熱を受け取って液冷媒が沸騰する沸騰面が鉛直方向に配置され、凝縮部がこの沸騰面と同じ高さで設置される場合においても、小型で効率よく冷却できる手段が望まれる。

【0009】

10

20

30

40

50

本発明は、上述した課題を解決するために、鉄道車両の床下などに設置される電力変換装置が備える電力変換用の半導体素子に対して、小型で効率よく冷却できる冷却装置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】

【0010】

本発明に係る電力変換装置は、電力変換を行う半導体素子および当該半導体素子で発生する熱損失を冷却する冷却装置を備え、冷却装置は、半導体素子が放出する熱損失を自らの内部に封入した液冷媒が受熱し沸騰して蒸気となる沸騰容器と、沸騰容器から受けた蒸気を液冷媒に凝縮して沸騰容器に戻す凝縮器とから構成され、沸騰容器は、半導体素子を鉛直方向に設置した素子取付面に接する当該沸騰容器の内壁の沸騰面に対して液冷媒を鉛直方向に吸い上げる機構を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、鉄道車両の床下などに設置される電力変換装置が備える電力変換用の半導体素子に対して、小型で効率よく冷却できる冷却装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、本発明の実施例1に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

【図2】図2は、本発明の実施例2に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

20

【図3】図3は、本発明の実施例3に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施形態として、実施例1～3について、図を参照しつつ詳細に説明する。

【実施例1】

【0014】

図1は、本発明の実施例1に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

30

電力変換装置1は、鉄道車両2の床下に搭載される。電力変換装置1の内部には、電力変換回路を構成する複数の半導体素子3および半導体素子3から発生する熱損失を放熱する冷却装置4が設置される。

【0015】

冷却装置4は、沸騰容器5、凝縮器6および両者の上部をつなぐ蒸気管7並びに両者の下部をつなぐ液管8から構成される。半導体素子3は、外気に対し密閉されている場所に設置されることが望ましいため、沸騰容器5は電力変換装置1の中に設置される。また、電力変換回路の実装を考慮すると、半導体素子3は鉛直方向に複数設置されることが望ましい。一方、送風機などを用いずに、鉄道車両2が走行した際に発生する車両走行風18（図では、紙面手前より奥へ向かう風、勿論逆に、紙面奥から手前へ向かう風の場合もある）を供給して放熱させることを想定して、凝縮器6を電力変換装置1の側面から外側にせり出した位置に設置する。

40

【0016】

次に、冷却装置4を構成する沸騰容器5および凝縮器6の内部構成について説明する。

冷却装置4の内部には、液冷媒9およびこの液冷媒9が沸騰することにより発生する蒸気10が封入されている。ここで、液冷媒9は絶縁性の液体である。沸騰容器5の外壁のうち、鉛直方向面の一つは素子取付面11であり、素子取付面11には複数の半導体素子3が設置される。また、この素子取付面11に対向する内壁の面が沸騰面12である。沸騰面12に接する液冷媒9は、半導体素子3からの熱を受け取ることで沸騰し、蒸気10となる。沸騰面12に近接して向かい合う位置には、平板状の電極13が鉛直方向に設置

50

される。ここで、素子取付面 11 については、沸騰容器 5 の外壁の鉛直方向面を直接用いたが、複数の半導体素子 3 を鉛直方向に取り付けた部材を取り付け面として沸騰容器 5 の外壁の鉛直方向面に接着や接合により密着させるようにしてもよい。

一方、凝縮器 6 の内部は、ヘッダー 14、凝縮管 15、フッター 16 および放熱フィン 17 から構成される。

【0017】

次に、冷却装置 4 の冷却原理について説明する。

沸騰容器 5 の下部には液冷媒 9 を溜めた状態にあり、電極 13 と沸騰面 12 との間に電場を与えることで、液冷媒 9 と蒸気 10 との間に両者の誘電率の差に起因する静電力が発生する。この静電力によって、液冷媒 9 が、沸騰面 12 と電極 13 との隙間を通して鉛直

10

【0018】

蒸気 10 は、蒸気管 7 を通って凝縮器 6 の上部に配置するヘッダー 14 に供給される。そして、蒸気 10 は、ヘッダー 14 から下向きに接続された複数の凝縮管 15 に供給され、これら凝縮管 15 を通過する際に、放熱フィン 17 と熱交換することで凝縮して液冷媒 9 に戻る。戻った液冷媒 9 は、凝縮管 15 の下部に接続されたフッター 16 に供給される。更に、フッター 16 の中に溜まった液冷媒 9 は液管 8 を通って再び沸騰容器 5 の下部に供給される。また、凝縮管 15 から放熱フィン 17 に伝えられた熱は、車両走行風 18 によって放熱される。

20

【0019】

実施例 1 の効果について説明する。

凝縮器 6 の複数の凝縮管 15 において、蒸気 10 が凝縮するための伝熱面積を確保するためには、液冷媒 9 の液面を極力低くすることが望ましい。沸騰容器 5 の中の液面は凝縮器 6 の中の液面と同じ高さとなるため、鉛直方向に設置された沸騰面 12 を液冷媒 9 で浸すために、沸騰容器 5 と凝縮器 6 の間に高さ勾配を設けることが望ましい。しかし、前述のとおり、鉄道車両 2 の床下は高さ制限があることから、沸騰容器 5 と凝縮器 6 との間に高さ勾配を設けることは困難であると想定される。そのため、液冷媒 9 で浸されるのは沸騰面 12 の下部のみになってしまう。このような状態において、液冷媒 9 を鉛直方向に吸い上げる手段がない場合、沸騰面 12 の上部に液冷媒 9 が供給されないため、沸騰による熱伝達が液冷媒 9 に対してほとんど発生せず、上部側に設置した半導体素子 3 の温度が著しく上昇してしまうことが懸念される。

30

【0020】

そこで、実施例 1 のように、沸騰容器 5 の中に液冷媒 9 を鉛直方向に吸い上げる手段を有することで、沸騰面 12 の上部にまで液冷媒 9 が供給され、沸騰による熱伝達によって上部側に設置した半導体素子 3 も冷却できるようになる。これにより、小型で冷却効率のよい冷却装置を備えた電力変換装置を提供することができる。

【0021】

また、凝縮器 6 を電力変換装置 1 の側面から外側にせり出した位置に設置し、鉄道車両 2 が走行した際の車両走行風 18 により放熱する構成とすることにより、送風機などの冷却風供給手段を設置する必要が無い。この点からも、小型で冷却効率のよい冷却装置を備えた電力変換装置を提供することができる。

40

【0022】

さらに、凝縮器 6 にヘッダー 14 を設け、このヘッダー 14 に対して複数の凝縮管 15 を接続する構成とすることで、各凝縮管 15 に均一に蒸気 10 が供給され、効率よく凝縮できる。この点からも、小型で冷却効率のよい冷却装置を備えた電力変換装置を提供することができる。

【0023】

なお、実施例 1 では、半導体素子 3 を鉛直方向に 3 台設置した例を開示したが、鉛直方向に設置する数は 3 台に限定されない。また、実施例 1 では、図 1 の紙面手前および奥行

50

き方向に設置する半導体素子 3 の数についてなで言及していないが、その数についても限定されない。

【0024】

また、実施例 1 では、沸騰面 12 の詳細形状についてまで言及していないが、沸騰面 12 は、その表面積を拡大する形状（例えば、表面を加工してギザギザ形状にするなど）を有するようにしてもよい。これにより、沸騰による熱伝達が促進され、さらに効率よく冷却することができる。

【0025】

そしてまた、実施例 1 では、凝縮管 15 の内部構成についても言及していないが、多穴管を設置するなど、伝熱面積を拡大する手段を設けることができる。これにより、凝縮による熱伝達が促進され、さらに効率よく冷却することができる。

10

【実施例 2】

【0026】

図 2 は、本発明の実施例 2 に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

実施例 2 は、液冷媒 9 を鉛直方向に吸い上げる手段として、沸騰面 12 の下部にポンプ 19 を設置することで、実施例 1 と同様の効果を得るものである。なお、実施例 1 および実施例 2 において、液冷媒 9 を鉛直方向に吸い上げる手段を開示したが、この吸い上げる手段としては、これらに限定されない。

【実施例 3】

【0027】

20

図 3 は、本発明の実施例 3 に係る電力変換装置をレール方向から見た断面図である。

実施例 3 は、実施例 1 に示す冷却装置 4 において、その高さを低くした冷却装置 4 を鉛直方向に 2 台連結する形態で設置した構成である。実施例 1 で説明したとおり、静電力により発生する圧力は、電場の大きさおよび沸騰面 12 から電極 13 までの距離（間隔）に依存する。実施例 1 に示す構成において、液冷媒 9 を吸い上げるのに必要な圧力を確保するための十分な電場を与えられない場合には、実施例 3 に示す構成とすることで、液冷媒 9 を吸い上げるのに必要な圧力が小さくなったとしても、実施例 1 と同様の効果を得ることができる。なお、冷却装置 4 の鉛直方向に連結する設置数は限定されないが、車両床下の高さ制限のため多くは取れず、また、電力変換装置 1 の構造の簡略化を考慮すると設置数は少ない方が望ましい。

30

【符号の説明】

【0028】

1 電力変換装置、2 鉄道車両、3 半導体素子、4 冷却装置、5 沸騰容器、
6 凝縮器、7 蒸気管、8 液管、9 液冷媒、10 蒸気、11 素子取付面、
12 沸騰面、13 電極、14 ヘッダー、15 凝縮管、16 フッター、
17 放熱フィン、18 車両走行風、19 ポンプ

【 図 2 】

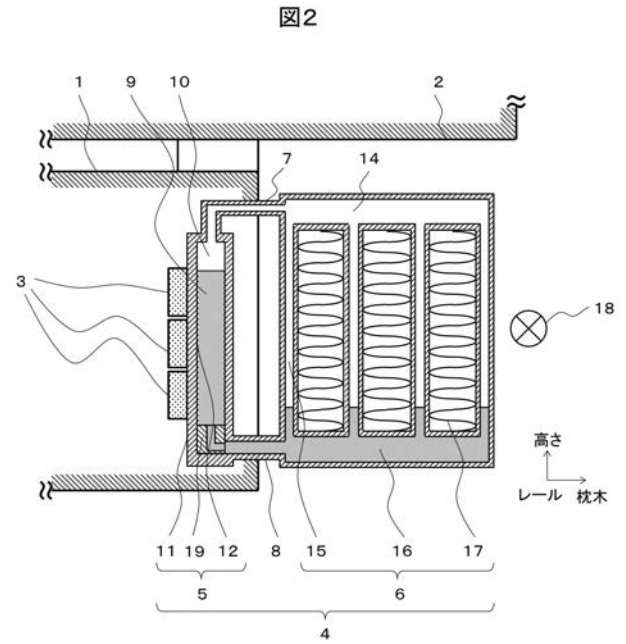
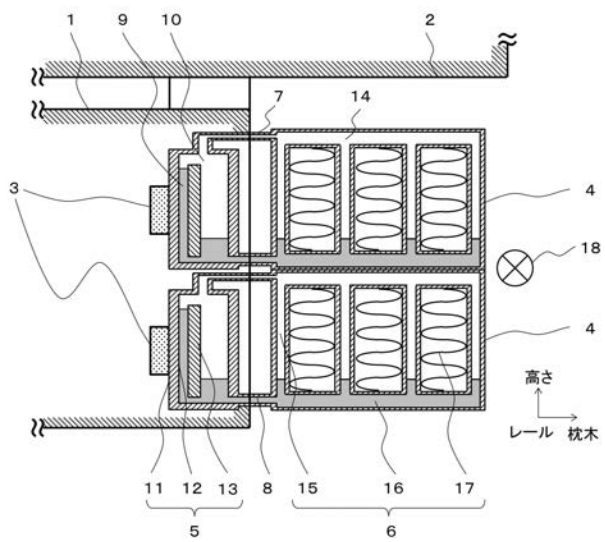


图3



フロントページの続き

(72)発明者 石川 勝美

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

Fターム(参考) 5F136 CA15 CC34 CC35 CC38 CC40 DA13 DA27

5H770 BA03 PA03 PA12 PA22 PA42 QA08