

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4434181号
(P4434181)

(45) 発行日 平成22年3月17日(2010.3.17)

(24) 登録日 平成22年1月8日(2010.1.8)

(51) Int.Cl.	F I
HO 2M 7/48 (2007.01)	HO 2M 7/48 Z
HO 2M 7/5387 (2007.01)	HO 2M 7/5387 Z
HO 1L 23/427 (2006.01)	HO 1L 23/46 A

請求項の数 7 (全 45 頁)

(21) 出願番号	特願2006-198881 (P2006-198881)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成18年7月21日(2006.7.21)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2008-29117 (P2008-29117A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成20年2月7日(2008.2.7)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成20年6月3日(2008.6.3)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	東 克典
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社 日立製作所
			所 日立研究所内
		(72) 発明者	森 睦宏
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
			株式会社 日立製作所
			所 日立研究所内

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】

冷却水を流すための水路を形成する水路形成体と、
前記水路形成体の一方の面側に配置されたパワーモジュールと、
前記水路形成体の他方の面側に配置されたコンデンサモジュールと、を備え、
前記パワーモジュールは、直流電力の供給を受けるためのプラス側直流端子とマイナス側直流端子とからなる直流端子と、金属ベースと、前記金属ベースの一方の面に固定された前記直流電力を交流電力に変換するための複数の半導体チップと、交流電力を出力するための交流端子とを備えており、

前記パワーモジュールのプラス側直流端子とマイナス側直流端子の接続部は互いに反対方向に屈曲した形状をなしており、

前記コンデンサモジュールは、その内部から外部に連続して伸びている積層導体と、前記コンデンサモジュール内に収納されていて前記積層導体に電氣的に接続されたコンデンサ素子と、を有しており、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路を形成する前記水路形成体の側部の外側を通して前記水路形成体の一方の面側まで伸び、その先端部に位置する接続部は前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲した形状のプラス側直流端子とマイナス側直流端子を有しており、

前記パワーモジュールの直流端子の前記接続部と前記コンデンサモジュールの積層導体の前記接続部とが、電氣的に接続されており、

10

20

前記パワーモジュールの金属ベースが前記水路形成体の一方の面に固定されていることにより、前記パワーモジュールが前記水路形成体の一方の面に取り付けられていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 2】

冷却水を流すための水路を形成する水路形成体と、

前記水路形成体の一方の面側に配置されたパワーモジュールと、

前記水路形成体の他方の面側に配置されたコンデンサモジュールと、を備え、

前記パワーモジュールは、直流電力の供給を受けるためのプラス側直流端子とマイナス側直流端子とからなる直流端子と、金属ベースと、前記金属ベースの一方の面に固定された前記直流電力を交流電力に変換するための複数の半導体チップと、前記金属ベースの他

10

方の面に設けられた冷却フィンと、交流電力を出力するための交流端子とを備えており、前記パワーモジュールのプラス側直流端子とマイナス側直流端子の接続部は互いに反対方向に屈曲した形状をなしており、

前記コンデンサモジュールは、その内部から外部に連続して伸びている積層導体と、前記コンデンサモジュール内に収納されていて前記積層導体に電氣的に接続されたコンデンサ素子と、を有しており、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路を形成する前記水路形成体の側部の外側を通して前記水路形成体の一方の面側まで伸び、その先端部に位置する接続部は前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲した形状のプラス側直流端子とマイナス側直流端子を有しており、

20

前記パワーモジュールの直流端子の前記接続部と前記コンデンサモジュールの積層導体の前記接続部とが、電氣的に接続されており、

前記水路形成体の一方の面には前記水路に達する開口が形成され、前記開口から前記パワーモジュールの前記冷却フィンが水路内に突出するようにして前記パワーモジュールの金属ベースが前記水路形成体の一方の面に固定されると共に、前記金属ベースにより前記開口が密閉されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 3】

請求項 1 あるいは請求項 2 に記載の電力変換装置において、

前記パワーモジュールは複数の直流端子を有しており、

前記複数の直流端子のそれぞれは、互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子とマイナス側直流端子で構成される接続部を有しており、

30

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている積層導体は、その途中から前記パワーモジュールの前記複数の直流端子に対応して複数に分かれ、前記複数に分かれた部分はそれぞれ、前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子とマイナス側直流端子で構成される複数の接続部を有しており、

前記パワーモジュールの複数の直流端子と前記コンデンサモジュールの複数の接続部のそれぞれに対応する直流端子とが、前記互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子およびマイナス側直流端子が、前記パワーモジュールの端子面とコンデンサモジュールの端子面とを互いに接触するようにして、接続されていることを特徴とする電力変換装置。

40

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 の内の 1 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記コンデンサモジュールから前記水路形成体の前記側部の方向に伸び、前記側部の外側で屈曲し、前記水路形成体の側部の外を通り、前記水路形成体の一方の面側の方向に伸び、前記水路形成体の一方の面側で前記パワーモジュールの直流端子と接続されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 の内の 1 に記載の電力変換装置において、

前記パワーモジュールの前記直流端子は、前記水路形成体が有する冷却水の流れに対し

50

前記冷却水の流れを横切る方向における一方側に配置され、

前記パワーモジュールの前記交流端子は、前記水路形成体が有する冷却水の流れに対し前記冷却水の流れを横切る方向における他方側に配置され、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路形成体が有する水路の流れに対し前記水路の流れを横切る方向における前記一方側の方に、前記コンデンサモジュールの内部から突出し、前記水路形成体の側部の外側の位置で前記水路形成体の他方の面側から前記水路形成体の一方の面側の方向に屈曲した形状を成していることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の内の 1 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールは、その内部に前記積層導体の一部と前記コンデンサ素子とを有しており、前記積層導体の一部は前記コンデンサ素子に対して前記水路形成体の側に配置されていることを特徴とする電力変換装置。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 の内の 1 に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールは、前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びる積層導体の一部と、前記コンデンサ素子とを、樹脂材からなるケースに内蔵していることを特徴とする電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直流電力を交流電力に変換する、あるいは交流電力を直流電力に変換する電力変換装置に関する。

【背景技術】

【0002】

モータや発電機として動作する回転電機に交流電力を供給し、あるいは回転電機から交流電力を受ける電力変換装置は厳しい環境で使用される場合がある。例えば自動車に搭載して使用される場合、高温の環境の下など厳しい環境下で使用される場合がある。また、電力変換装置が変換する電力も大きくなる傾向がある。例えば数百アンペアの電流が流れる状況下で使用される可能性がある。

【0003】

単にインダクタンスを低減することに関する技術は、次の特許文献 1 および特許文献 2 に開示されている。また、単に冷却することに関する技術は、特許文献 3 に開示されている。

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 268942 号公報

【特許文献 2】特開 2001 - 332688 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 259748 号公報 (図 1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

厳しい環境で使用される電力変換装置において高い信頼性を維持することが必要である。特に自動車に搭載して使用される場合、温度の高い環境あるいは数百ボルト数百アンペアといった大きい電力を処理する使用の場合、電力変換装置の故障は自動車の大きな事故を誘発する恐れがある。したがって高い信頼性が求められる。

【0006】

電力変換装置では信頼性を高める上で、電力変換装置の電気回路部品の異常な温度での使用をさけることが重要であり、電力変換装置の温度に関する改善が重要である。異常な高温状態から電力変換装置を保護するには、優れた冷却構造とすることと共に発熱を抑えられる構造とすることが重要である。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

電力変換装置において、電力変換装置の有するインバータからの発熱が大きく、インバータの発熱を抑えると共にインバータなどの冷却を効率よく行えることが必要である。インバータはスイッチング動作時の発熱量が大きく、スイッチング動作時の動作時間を短くすることで発熱量を抑えることが可能である。しかし処理すべき電流量が大きくなる傾向にあり、例えば数百アンペアの電流を短期間に導通や遮断するとインダクタンスによる電圧跳ね上がりの現象が生じ、単にスイッチング動作時の動作時間を短くすると、高電圧による信頼性の低下を招くこととなる。このためスイッチング動作時の動作時間を短くすることが困難であった。

【 0 0 0 8 】

このため、電力変換装置を効率よく冷却すると共に発熱を低減するという観点から、インダクタンスを低減することが望まれる。これにより、信頼性の高い電力変換装置を提供することができる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記課題を解決するための第1の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

冷却水を流すための水路を形成する水路形成体と、

前記水路形成体の一方の面側に配置されたパワーモジュールと、

前記水路形成体の他方の面側に配置されたコンデンサモジュールと、を備え、

前記パワーモジュールは、直流電力の供給を受けるためのプラス側直流端子とマイナス側直流端子とからなる直流端子と、金属ベースと、前記金属ベースの一方の面に固定された前記直流電力を交流電力に変換するための複数の半導体チップと、交流電力を出力するための交流端子とを備えており、

前記パワーモジュールのプラス側直流端子とマイナス側直流端子の接続部は互いに反対方向に屈曲した形状をなしており、

前記コンデンサモジュールは、その内部から外部に連続して伸びている積層導体と、前記コンデンサモジュール内に収納されていて前記積層導体に電氣的に接続されたコンデンサ素子と、を有しており、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路を形成する前記水路形成体の側部の外側を通して前記水路形成体の一方の面側まで伸び、その先端部に位置する接続部は前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲した形状のプラス側直流端子とマイナス側直流端子を有しており、

前記パワーモジュールの直流端子の前記接続部と前記コンデンサモジュールの積層導体の前記接続部とが、電氣的に接続されており、

前記パワーモジュールの金属ベースが前記水路形成体の一方の面に固定されていることにより、前記パワーモジュールが前記水路形成体の一方の面に取り付けられていることを特徴とする電力変換装置。

上記課題を解決するための第2の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

冷却水を流すための水路を形成する水路形成体と、

前記水路形成体の一方の面側に配置されたパワーモジュールと、

前記水路形成体の他方の面側に配置されたコンデンサモジュールと、を備え、

前記パワーモジュールは、直流電力の供給を受けるためのプラス側直流端子とマイナス側直流端子とからなる直流端子と、金属ベースと、前記金属ベースの一方の面に固定された前記直流電力を交流電力に変換するための複数の半導体チップと、前記金属ベースの他方の面に設けられた冷却フィンと、交流電力を出力するための交流端子とを備えており、

前記パワーモジュールのプラス側直流端子とマイナス側直流端子の接続部は互いに反対方向に屈曲した形状をなしており、

前記コンデンサモジュールは、その内部から外部に連続して伸びている積層導体と、前記コンデンサモジュール内に収納されていて前記積層導体に電氣的に接続されたコンデンサ素子と、を有しており、

10

20

30

40

50

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路を形成する前記水路形成体の側部の外側を通して前記水路形成体の一方の面側まで伸び、その先端部に位置する接続部は前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲した形状のプラス側直流端子とマイナス側直流端子を有しており、

前記パワーモジュールの直流端子の前記接続部と前記コンデンサモジュールの積層導体の前記接続部とが、電氣的に接続されており

前記水路形成体の一方の面には前記水路に達する開口が形成され、前記開口から前記パワーモジュールの前記冷却フィンが水路内に突出するようにして前記パワーモジュールの金属ベースが前記水路形成体の一方の面に固定されると共に、前記金属ベースにより前記開口が密閉されていることを特徴とする電力変換装置。

10

上記課題を解決するための第3の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

上記第1の発明あるいは第2の発明に記載の電力変換装置において、

前記パワーモジュールは複数の直流端子を有しており、

前記複数の直流端子のそれぞれは、互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子とマイナス側直流端子で構成される接続部を有しており、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている積層導体は、その途中から前記パワーモジュールの前記複数の直流端子に対応して複数に分かれ、前記複数に分かれた部分はそれぞれ、前記積層導体を構成するプラス側導体とマイナス側導体とが互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子とマイナス側直流端子で構成される複数の接続部を有しており、

20

前記パワーモジュールの複数の直流端子と前記コンデンサモジュールの複数の接続部のそれぞれ対応する直流端子とが、前記互いに反対方向に屈曲したプラス側直流端子およびマイナス側直流端子が、前記パワーモジュールの端子面とコンデンサモジュールの端子面とを互いに接触するようにして、接続されていることを特徴とする電力変換装置。

上記課題を解決するための第4の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

上記第1の発明乃至第3の発明の内の1に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記コンデンサモジュールから前記水路形成体の前記側部の方向に伸び、前記側部の外側で屈曲し、前記水路形成体の側部の外を通り、前記水路形成体の一方の面側の方向に伸び、前記水路形成体の一方の面側で前記パワーモジュールの直流端子と接続されていることを特徴とする電力変換装置。

30

上記課題を解決するための第5の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

上記第1の発明乃至第4の発明の内の1に記載の電力変換装置において、

前記パワーモジュールの前記直流端子は、前記水路形成体が有する冷却水の流れに対し前記冷却水の流れを横切る方向における一方側に配置され、

前記パワーモジュールの前記交流端子は、前記水路形成体が有する冷却水の流れに対し前記冷却水の流れを横切る方向における他方側に配置され、

前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びている前記積層導体は、前記水路形成体が有する水路の流れに対し前記水路の流れを横切る方向における前記一方側の方に、前記コンデンサモジュールの内部から突出し、前記水路形成体の側部の外側の位置で前記水路形成体の他方の面側から前記水路形成体の一方の面側の方向に屈曲した形状を成していることを特徴とする電力変換装置。

40

上記課題を解決するための第6の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

上記第1の発明乃至第5の発明の内の1に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールは、その内部に前記積層導の一部と前記コンデンサ素子とを有しており、前記積層導体の一部は前記コンデンサ素子に対して前記水路形成体の側に配置されていることを特徴とする電力変換装置。

上記課題を解決するための第7の発明に係る電力変換装置は次の特徴を有する。

上記第1の発明乃至第6の発明の内の1に記載の電力変換装置において、

前記コンデンサモジュールは、前記コンデンサモジュールの内部から外部に伸びる積層

50

導体の一部と、前記コンデンサ素子とを、樹脂材からなるケースに内蔵していることを特徴とする電力変換装置。

【0010】

その他に多くの特徴を有しているが、これらは以下の実施形態の中で詳細に説明する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、信頼性の高い電力変換装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下に説明する実施例の形態では、半導体モジュールに放熱フィンを設け、この放熱フィンにより半導体モジュールを効率良く冷却する構成とした。更に冷却水で電力変換装置を効率良く冷却する構成とすることで、平滑用のコンデンサモジュールの温度上昇を低く抑えられる構成とした。また前記インバータと前記コンデンサモジュールとの間の電気回路のインダクタンスを低減する構成としたことで発熱を低く抑えられる構成とした。すなわち前記回路を低インダクタンスとすることで、スイッチング時間とくにインバータを構成するパワーモジュールの導通状態から遮断状態に変わるときの動作時間を短く設定でき、この動作時間の短縮によりインバータの発熱を低減できる。

【0013】

また以下に説明する実施例では、半導体モジュールの金属ベースである放熱基板の平面度が高い精度で維持でき、あわせて製造しやすい効果がある。また複数の半導体チップを備えた絶縁基板を複数個共通の金属ベースに接着した構造で製造可能であり、絶縁基板の接着の信頼性が高く、また半導体モジュールの放熱効率を向上できる。

【0014】

以下の実施例では、コンデンサモジュールと半導体パワーモジュール間のインダクタンスを低く抑えることができる。コンデンサモジュールと半導体パワーモジュール間の導体のインダクタンスを低くできるのに加え、前記導体と前記半導体パワーモジュールの端子の接続部のインダクタンスを低減できる。また半導体パワーモジュールの直流側端子の部分のインダクタンスを低減できる。これらを作業性の良い構造で実現できる。またそれに加えコンデンサモジュール内のインダクタンスを低減できる。

【0015】

第1と第2の実施例では、冷媒と半導体モジュールの熱伝達効率が高く、さらに信頼性の高い冷却が可能であり、発熱の低減と効率よい放熱を高い信頼性を持って実現できる。

【0016】

第1と第2の実施例では、冷媒としてエンジンの冷却水を利用可能であり、車載の搭載性が向上し、駆動システム全体の構成がシンプルとなる。エンジンの冷却水を使用可能とするために以下の実施例では、冷却水路と放熱フィンとの関係の構造が改善されている。また冷却通路と平滑コンデンサ取付の構造が改善されている。

【0017】

また以下に説明する、2個の回転電機を制御する機能を有する電力変換装置に関する第1と第2の実施例によれば、装置全体の構造がシンプルで、さらに高い冷却効率がえられる。またこの装置は製造しやすい構造をなしている。

【実施例1】

【0018】

《電気自動車100》

図1は、本発明による電力変換装置が備えられるハイブリッド型の電気自動車の一実施例を示す構成図である。なお本発明による電力変換装置200は純粋な電気自動車にもハイブリッド型の電気自動車適用できるが、以下代表してハイブリッド型の電気自動車の実施例を説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

ハイブリッド型の電気自動車 1 0 0 には、エンジン 1 2 0 と第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 と、前記第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 に高電圧の直流電力供給するバッテリー 1 8 0 が搭載されている。さらに低電圧電力(1 4 ボルト系電力)を供給するバッテリーが搭載されており、以下に説明する制御回路に直流電力を供給するが、図示を省略する。

【 0 0 2 0 】

エンジン 1 2 0 および第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 に基づく回転トルクは、変速機 1 5 0 とデファレンシャルギア 1 6 0 に伝達され、前輪 1 1 0 に伝達される。

10

【 0 0 2 1 】

前記変速機 1 5 0 を制御する変速機制御装置 1 5 4 とエンジン 1 2 0 を制御するエンジン制御装置 1 2 4 と電力変換装置 2 0 0 を制御する回転電機制御回路基板 7 0 0 の前記回転電機制御回路とリチウムイオン電池などのバッテリー 1 8 0 を制御するバッテリー制御装置 1 8 4 と統合制御装置 1 7 0 とが、それぞれ通信回線 1 7 4 によって接続されている。

【 0 0 2 2 】

前記統合制御装置 1 7 0 は、下位の制御装置である、変速機制御装置 1 5 4 やエンジン制御装置 1 2 4 や電力変換装置 2 0 0 やバッテリー制御装置 1 8 4 からそれぞれの状態を表す情報を、通信回線 1 7 4 を介して受け取る。これらの情報に基づき、前記統合制御装置 1 7 0 によって各制御装置の制御指令が演算され、前記統合制御 1 7 0 から各制御装置への制御指令が前記通信回線 1 7 4 を介してそれぞれの制御装置へ送信される。例えば前記バッテリー制御装置 1 8 4 はリチウムイオン電池であるバッテリー 1 8 0 の放電状況やリチウムイオン電池を構成する各単位セル電池の状態をバッテリー 1 8 0 の状態として統合制御装置 1 7 0 に報告する。前記統合制御装置 1 7 0 は前記報告から前記バッテリー 1 8 0 の充電が必要と判断すると、電力変換装置 2 0 0 に発電運転の指示を出す。統合制御装置 1 7 0 はまたエンジン 1 2 0 と第 1 や第 2 の回転電気 1 3 0 , 1 4 0 の出力トルクを管理し、エンジンと前記第 1 や第 2 の回転電機 1 3 0 , 1 4 0 の出力トルクの総合トルクあるいはトルク分配比を演算処理し、処理結果に基づき制御指令を変速機制御装置 1 5 4 やエンジン制御装置 1 2 4 や電力変換装置 2 0 0 へ送信する。トルク指令に基づき電力変換装置 2 0 0 は第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 を制御し、どちらか一方の回転電機であるいは両方の回転電機で指令のトルク出力を、あるいは発電電力を発生するようにこれらの回転電機を制御する。

20

30

【 0 0 2 3 】

前記電力変換装置 2 0 0 は統合制御装置 1 7 0 からの指令に基づき第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 を運転するためにインバータを構成するパワー半導体のスイッチング動作を制御する。これらパワー半導体のスイッチング動作により、第 1 の回転電機 1 3 0 と第 2 の回転電機 1 4 0 が電動機としてあるいは発電機として運転される。

【 0 0 2 4 】

電動機として運転する場合は高電圧のバッテリー 1 8 0 からの直流電力が前記電力変換装置 2 0 0 のインバータに加えられ、インバータを構成するパワー半導体のスイッチング動作を制御することにより直流電力が 3 相交流電流に変換され、前記回転電機 1 3 0 あるいは 1 4 0 に供給される。一方発電機として運転される場合、回転電機 1 3 0 あるいは 1 4 0 の回転子が外部からの回転トルクで回転し、この回転トルクに基づき前記回転電機の固定子巻線に 3 相交流電力を発生する。発生した 3 相交流電力は前記電力変換装置 2 0 0 で直流電力に変換され、前記高電圧のバッテリー 1 8 0 に供給され、前記バッテリー 1 8 0 が直流電力により充電される。

40

【 0 0 2 5 】

図 1 に示すとおり、電力変換装置 2 0 0 は、直流電源の電圧変動を押さえる複数の平滑用のコンデンサを有するコンデンサモジュール 3 0 0 と、複数のパワー半導体を内蔵するパワーモジュール 5 0 0、このパワーモジュール 5 0 0 のスイッチング動作を制御するス

50

スイッチング駆動回路を備えた基板（以下スイッチング駆動回路基板）600、および前記スイッチング動作の時間幅を決める信号すなわちパルスワイドモデューションの制御を行うPWM信号を発生する回転電機制御回路を備えた基板（以下回転電機制御回路基板と記す）700から構成されている。前記高電圧のバッテリー180はリチウムイオン電池あるいはニッケル水素電池などの2次電池であり、250ボルトから600ボルト、あるいはそれ以上の高電圧の直流電力を出力する。

【0026】

《電力変換装置の全体構成》

図2、図3および図4は、前述した電力変換装置200の分解斜視図であり、該電力変換装置200の全体的な構成を概略的に示している。図2と図3と図4は前記電力変換装置200をそれぞれ異なる方向から見た分解斜視図である。

10

【0027】

電力変換装置200は箱体の形状をなすハウジング210を有し、このハウジング210の底部には冷却水が循環する冷却通路である冷却水路216を内部に有する水路形成体220が設けられている。前記ハウジング210の底部には、前記冷却水路216に冷却水を供給するための入口管212および出口管214が該ハウジング210の外側へ突出している。水路形成体220は冷却通路を形成する冷却通路形成体としての機能を持ち、この実施例では冷媒としてエンジン冷却水を使用しており、構成220は冷却水路形成体としての機能を有している。

【0028】

20

図1のパワーモジュール500は、前記ハウジング210内に並設される第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504で構成されている。第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504には冷却用の放熱フィン506、507がそれぞれ設けられている。一方前記水路形成体220には開口218、219が設けられている。前記第1と第2のパワーモジュール502、504を水路形成体220に固定することで、前記冷却用の放熱フィン506、507がそれぞれ前記開口218、219から水路216の内部に突出する。前記開口218、219は放熱フィン506、507の周囲の金属壁で塞がれ、冷却水路が形成されると共に冷却水が漏れないように前記開口が塞がれる。

【0029】

30

この第1と第2のパワーモジュール502と504は、ハウジング210の冷却水の入口管212および冷却水の出口管214が形成された側壁面に直交する仮想の線分を境にして左右のそれぞれに配置されている。前記水路形成体220の内部に形成される冷却水路は、冷却水の入口管212からハウジング底部の長手方向に沿って他端まで延び、該他端部でU文字状に折り返され、再びハウジング底部の長手方向に沿って出口管214まで延びている。前記長手方向に沿った並行する2組の水路が前記水路形成体220内に形成され、前記水路形成体220にはそれぞれの水路に貫通する形状の前記開口218と219が形成されている。前記通路に沿って前記水路形成体220に第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504が固定される。第1と第2のパワーモジュール502、504に設けられた放熱フィンが水路に突出することで効率の良い冷却が成されると共に、金属製の前記水路形成体220に第1と第2のパワーモジュール502、504の放熱面が密着することで効率の良い放熱構造を実現できる。さらに前記開口218、219は第1と第2のパワーモジュール502、504の放熱面でそれぞれ塞がれるので、構造が小型になると共に冷却効果が向上する。

40

【0030】

前記第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504にそれぞれ積層して、第1の駆動回路基板602と第2の駆動回路基板604が並設されて配置されている。前記第1の駆動回路基板602と第2の駆動回路基板604は、図1で説明したスイッチング駆動回路基板600を構成する。

【0031】

50

前記第1のパワーモジュール502の上方に配置される第1の駆動回路基板602は平面的に観た場合、該第1のパワーモジュール502より若干小さく形成されている。同様に、前記第2のパワーモジュール504の上方に配置される第2の駆動回路基板604も平面的に観た場合、該第2のパワーモジュール504より若干小さく形成されている。

【0032】

前記ハウジング210の側面には前記冷却水の入口管212および出口管214が設けられ、この側面にさらに孔260に形成され、この孔260に信号用のコネクタ282が配置される。このコネクタ282の取り付け位置の該ハウジング210内部には、該信号用のコネクタ282に近接して固定されるノイズ除去基板560および第2の放電基板520が配置されている。前記ノイズ除去基板560および第2の放電基板520の取り付け面が、前記第1のパワーモジュール502、第2のパワーモジュール504等の取り付け面と平行の面となるように、これらは取り付けられている。

10

【0033】

前記複数の駆動回路基板602と604の上方には平滑用の複数のコンデンサを有するコンデンサモジュール300が配置され、このコンデンサモジュール300は第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304を有しており、各第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304は、それぞれ、第1の駆動回路基板602と第2の駆動回路基板604の上方に配置されている。

【0034】

第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304の上方には、平板状の保持板320が、その周辺を前記ハウジング210の内壁面に密着して固定されて配置されている。この保持板320は、前記パワーモジュールの側の面に、前記第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304を支持すると共に、その反対側の面に回転電機制御回路基板700を保持し、固定している。そして、この保持板320は金属材料から構成され、前記コンデンサモジュール302と304および回転電機制御回路基板700の発熱した熱を前記ハウジング210に流し、放熱する。

20

【0035】

上述のように、前記パワーモジュール500とスイッチング駆動回路基板600とノイズ除去基板560と第2の放電基板520とコンデンサモジュール300と保持板320と回転電機制御回路基板700とをハウジング210内に収納し、ハウジング210の上部の開口は金属製のカバー290によって塞がれている。

30

【0036】

また、ハウジング210の前記冷却水の入口管212および出口管214が設けられた側壁を正面とした場合に、その側壁には、端子ボックス800が取り付けられて配置されている。この端子ボックス800には、前記バッテリー180から直流電力が供給されるための直流電力用端子812とその内部に設けられた直流電力用の端子台810と、第1の回転電機130および第2の回転電機140と接続する交流電力用端子822とその内部に設けられた交流用の端子台820とが設けられている。

【0037】

直流電力用の端子台810はバスバーを介して前記第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304の電極に電氣的に接続され、交流用の端子台820は前記パワーモジュール500を構成する複数のパワーモジュール502と504の端子とそれぞれバスバーを介して電氣的に接続されている。

40

【0038】

なお、この端子ボックス800は、その本体840に前記直流電力用の端子台810を配置させた底板部844とカバー部846とが取り付けられることによって構成されるようになっている。該端子ボックス800の組み立てを容易にするためである。前記電力変換装置200は、図5の如く、コンパクトな形状をなしている。

【0039】

《電力変換装置200の各構成部材》

50

次に、前記図 2 乃至図 7 に示した電力変換装置 200 の詳細な構成を説明する。

【0040】

ハウジング 210

図 5 の I - I 線における断面を図 8 に示す。ハウジング 210 は、金属材料、例えばアルミで作られており、略方形の箱体である。ハウジング 210 の底部に冷却水路を備えた水路形成体 220 を有していて、上部は開口している。ハウジング 210 の底部の冷却水路は出入り口の反対部分で折り返されることにより、2 つの冷却水路が併設され、これら冷却水路を冷却水が循環するように構成されている。前記折り返される冷却水路は該冷却水が流れる空間部を中央に挟んだ二重構造からなる水路形成体 220 を備えている。前記水路形成体 220 の上側板に、図示の如く、水路に沿って開口 218 と開口 219 が形成されている。

10

【0041】

ハウジング 210 の下部には第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 からなる一対のパワーモジュールが配置され、それぞれの各第 1 のパワーモジュール 502、第 2 のパワーモジュール 504 は水路形成体 220 の上方に配置されて固定されている。各第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 の放熱面には、多数の並設された放熱フィン 506 と 507 とを備えている。この放熱フィン 506 と 507 が、それぞれ前記水路形成体 220 の開口 218 と 219 の内部に突出している。さらに前記開口はそれぞれ放熱フィン 506 と 507 の周囲のパワーモジュール 502 と 504 の放熱面で閉じられ、これにより水漏れが防止され、密閉した水路 216 が形成される。

20

【0042】

このような構成により、第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 は効率よく冷却される。また、各第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 の各放熱フィン 506 と 507 が前記開口 218 と 219 に沿って挿入される構成となることにより、ハウジング 210 に対する各第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 の位置決め効果を有する。

【0043】

ハウジング 210 に、比較的小さな孔 262 および比較的大きな面積を有する孔 264 が順次並設されて形成されている（図 3 参照）。ハウジング 210 の側壁部には端子ボックス 800 が配置されており、該端子ボックス 800 内の直流電力用の端子台 810 は前記孔 262 を通してハウジング 210 内の第 1 のコンデンサモジュール 302 と第 2 のコンデンサモジュール 304 に電気的に接続され、該端子ボックス 800 内の交流用の端子台 820 は前記孔 264 を通してハウジング 210 内の第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 に電気的にバスバー 860 と 862 によって接続される。前記バスバーの一部は図 8 に開示されている。

30

【0044】

パワーモジュール 500 およびスイッチ駆動回路基板 600

図 9 は、前記ハウジング 210 の内部にパワーモジュール 500 とスイッチ駆動回路基板 600 を配置させた状態を示す平面図である。

40

【0045】

パワーモジュール 500 を構成する第 1 と第 2 のパワーモジュール 502 と 504 は、前記ハウジング 210 の内部において、回転電機制御基板 700 や第 1 と第 2 のコンデンサモジュール 302 と 304 とよりも冷却水路側に配置されている。第 1 と第 2 のパワーモジュール 502 と 504 は、冷却水路に沿って並列して配置されている。

【0046】

第 1 のパワーモジュール 502 と第 2 のパワーモジュール 504 は、それぞれの直流端子 IT1 と IT2 および交流端子 OT1 と OT2 が同方向となるように配置させた状態で幾何学的にも同一の構成からなり、一方の第 1 のパワーモジュール 502 に対し、他方の第 2 のパワーモジュール 504 を 180° 回転させて配置することにより、それらの直流

50

端子IT1、IT2が互いに中央部で向き合うようにして配置され、交流端子OT1とOT2が互いに前記ハウジング210の側壁側に配置されている。第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504は、それぞれの直流端子にIT1、IT2において対応するもの同士を近接配置させるため、第1と第2のパワーモジュール502と504は互いに長手方向に若干ずれた配置となっている。

【0047】

図9では、第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504は、それぞれスイッチ駆動回路基板602と604とに重ねて配置されているため、前記直流端子IT1とIT2および交流端子OT1とOT2がスイッチ駆動回路基板602と604の短手方向の両サイドに目視された状態となっている。

10

【0048】

第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504の直流端子IT1とIT2は前記コンデンサモジュール302と304との各端子と電氣的に接続され、各第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504の交流端子OT1とOT2は前記端子ボックス800内の交流用の端子台820に接続されている。

【0049】

第1のパワーモジュール502の交流端子OT1は、U相、V相、W相に対応する各端子OT1u、OT1v、OT1wからなり、これら各端子OT1u、OT1v、OT1wは、それぞれその配置個所から並設された各パワーモジュール502と504の一方の短辺側に沿って引き回された後にハウジング210の側壁部234の側において立設されたバスバー860uと860vと860wを介して、前記ハウジング210の主側壁部234に形成された孔264を通して突出されるリード端子OL1u、OL1v、OL1wに引き出されるようになっている。本実施例ではバスバー860uと860vと860wは水路の出入り口と反対の側を迂回している。

20

【0050】

第2のパワーモジュール504の交流端子OT2は、U相、V相、W相に対応した各端子OT2u、OT2v、OT2wからなり、これら各端子OT2u、OT2v、OT2wは、それぞれ、その配置個所からハウジング210の側壁部234の側において立設されたバスバー862uと862vと862wを介して前記孔264を通して突出されるリード端子OL2u、OL2v、OL2wに引き出される。

30

【0051】

各パワーモジュール502と504やスイッチ駆動回路基板602と604の上方には、コンデンサモジュール302や304および回転電気制御回路基板700が配置されている。

【0052】

前記各パワーモジュール502と504は、その周辺部にねじ孔が形成され、このねじ孔を通してハウジングの低部の水路形成体220にねじSC1によって固定されている。また、パワーモジュール502と504との上方に配置されている駆動回路基板602と604は、ねじSC2によって該パワーモジュール502と504とに固定されている。

【0053】

また、図9において、第1の駆動回路基板602と第2の駆動回路基板604は、上述したように、それぞれ、第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504にスイッチング信号を供給するための回路基板として構成されている。これら第1の駆動回路基板602と第2の駆動回路基板604には、その主表面に設けられたコネクタCNを介してハーネスHNが引き出され、このハーネスHNは回転電機制御回路基板700に接続されている。

40

【0054】

コンデンサモジュール300

図10は、複数の平滑コンデンサを備えたコンデンサモジュール300を前記ハウジング210の内部に配置した状態を示す平面図である。前記コンデンサモジュール300は

50

第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304を有していて、第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304はたとえば樹脂材料作られた直方体状のケースにそれぞれたとえば5あるいは6個のフィルムコンデンサ（コンデンサセル）が収納されて作られている。

【0055】

図8や図10に示す如く、第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304はそれぞれ並列されて配置され、第1のコンデンサモジュール302は前記第1の駆動回路基板602の上方に、第2のコンデンサモジュール304は前記第2の駆動回路基板604の上方に配置される。第1と第2のコンデンサモジュール302と304は第1と第2のパワーモジュール502と504の直流端子に接続部JN（JN1とJN2を含む）により電氣的に接続されている。

10

【0056】

なお、第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304は、パワーモジュール500におけるU相アームにおける一対の直流端子、V相アームにおける一対の直流端子、W相アームにおける一対の直流端子にそれぞれ接続される構成になっている。従って第1のパワーモジュール502、第2のパワーモジュール504の電氣的接続は、図10に示すごとく、第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304のそれぞれに関して6箇所ずつ接続されていて、コンデンサモジュールとパワーモジュール間の接続は幅広の金属導体の間に幅広の絶縁体を挟んだ積層構造となっている。この構造により、コンデンサモジュールとパワーモジュールと間の電気回路のインダクタンスを低減できる。インダクタンスを低減することにより、パワーモジュールのスイッチング動作による、電圧の一時的な電圧上昇を抑えることができる効果があり、スイッチング動作時間をその分短くでき、発熱を低減できる制御が実現可能となる。

20

【0057】

図10で、第1と第2のコンデンサモジュール302と304とには、直流電力用の端子台810に接続される一対の電極TM1と電極TM2とがそれぞれ備えられ、この電極を介して外部の直流電源に接続される。第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304のそれぞれの電極TM1とTM2は、いずれもハウジング210の水路出入口側に配置されている。これは端子ボックス800内に配置される直流電力用の端子台810が配置されている側と同じ側とすることで、外部の直流電源である高電圧バッテリーとの配線が容易になり、作業性が向上する。

30

【0058】

図10で、第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304は、それぞれその四隅において、ナットが埋め込まれた固定用孔FH1とFH2が形成されており、前記保持板320の前記固定用孔FH1、FH2に対応する孔を通して当該固定用孔FH1、FH2に螺入されるねじSC4（図11参照）によって、第1のコンデンサモジュール302および第2のコンデンサモジュール304は保持板320に固定される。すなわち、各第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304は保持板320に懸架された状態で固定される。

【0059】

保持板320

図11は、前記ハウジング210の内部に保持板320を配置させた状態を示す平面図で、該保持板320に搭載された回転電機制御回路基板700を示している。保持板320は回転電機制御回路基板700を備えた制御基板ブラケットとして構成され、前記ハウジング210の内部において、前記コンデンサモジュール300の上側に位置した状態で前記ハウジング210に固定されている。

40

【0060】

ハウジング210の内側面にはその周方向に沿ってほぼ等間隔に複数個の突起体PR（図9と図10参照）が形成され、該突起体PRの上端面が前記保持板320をその周辺において支持し、該保持板320の周辺に形成されたねじ孔を通して前記突起体PRの上

50

端面に螺入されるねじSC4によって保持板320が固定される。周辺に設けられた数多くの前記突起体の上面の広い面積で前記保持板を受けるので、ハウジング210と保持板320とは良好な熱伝導状態となる。保持板320は、その機械的強度を向上するため、ハウジング210と同様熱伝達の良い金属材料、例えばアルミ材料で作られている。また、前記回転電機制御回路基板700が載置される面においてパターン化された凹凸面が形成されている。

【0061】

保持板320の前記凹面は、前記回転電機制御回路基板700の該保持板320の側の面における配線層等の形成領域に対向した部分において形成され、これにより、前記配線層等が金属材である保持板320と接触するのを防止でき、該配線層に電氣的短絡が生じるのを防止できる。特にパワーモジュール502と504の交流端子OT1とOT2とが設けられる部分は窪みである凹形状となっている。また直流電源の接続部にも窪みである凹形状が形成されている。前記保持板320の前記回転電機制御回路基板700との対向面の前記凹面内に、図3に示すように、複数の散在されたボス部BSが形成され、このボス部において前記回転電機制御回路基板700に形成されたねじ孔を通して螺入されるねじSC6(図16参照)によって、該回転電機制御回路基板700が保持板320に固定されるようになっている。

10

【0062】

上述のように、前記保持板320は、その下方に配置される前記第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304を、該保持板320に形成されたねじ孔を通し前記第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304の四隅に設けられた固定用孔FH1, FH2に螺入されるねじSC4によって、固定していることは上述した通りである。

20

【0063】

このように、各第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304は、ハウジング210に当接されて配置されている保持板320に固定された構成となっているため、該第1のコンデンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304から発生した熱は保持板320を通してハウジング210に伝導され易く、放熱効果に優れた構成となっている。またハウジング210は冷却水路により冷却されるので、前記コンデンサモジュール302と304の温度上昇を低く抑えることが可能となる。

30

【0064】

回転電機制御回路基板700

図11は、前記ハウジング210内の保持板320上に搭載させた回転電機制御回路基板700を示した平面図である。この回転電機制御回路基板700は、小信号用の電子部品がコネクタCNとともに搭載されている。このコネクタCNは、ハーネスHNを介してたとえば前記スイッチ駆動回路基板602と604に搭載されたコネクタCNに接続されている。この回転電機制御回路基板700は、その周辺の四隅の各領域において、また、該周辺を除く中央部の領域であって、各部品が搭載された領域およびこれら部品を接続する配線層が形成された領域を回避させた領域において、ねじ孔が形成され、これらねじ孔を通して前記保持板320に螺入されるねじSC6によって、該保持板320に固定されるようになっている。前記回転電機制御回路基板700は、たとえばその周縁部のみでフレームに固定される構造の場合と比較して、振動等で中央が撓んでしまうという弊害を回避することができる。上述したように、この回転電機制御回路基板700は、ハウジング210に当接されて配置されている保持板320に載置された構成となっているため、該回転電機制御回路基板700から発生した熱は保持板320を通してハウジング210に伝導され易く放熱効果に優れた構成となっている。

40

【0065】

カバー290

カバー290は、前記ハウジング210の内部に、前記第1のパワーモジュール502, 第2のパワーモジュール504, スイッチ駆動回路基板602, 604, 第1のコンデ

50

ンサモジュール302と第2のコンデンサモジュール304, 保持板320, 回転電機制御回路基板700を順次収納させた後に、該ハウジング210の開口を閉塞させる蓋材からなっている。

【0066】

第1と第2のパワーモジュール502と504の冷却構造

上述のごとく、電力変換装置200の一方の面の側、底部には冷却水路が形成されている。図12は、ハウジング210の底から上を見た構造図であり、部の水路形成体220の一部である水路保持部材902を示す。前記水路保持部材902は他の水路形成体220である底板934を取り付けるための外周部904を有し、外周部904にはねじ止め用の孔SC9が多数設けられている。一部だけ符号を付し、他は符号を省略する。外周部904の内側に水漏れを防ぐためのシール溝906が設けられ、前記シール溝906の内側の前記水路保持部材902には、両サイドに外側領域部912が設けられ、さらに前図で冷却水路216として説明した第1と第2の水路922と926と中央部908とが設けられている。前記シール溝にオーリングまたはゴムなどのシール部材を嵌め、ねじ孔SC9をねじで締め付けることでシール機能を持つ。水路922(先に216として説明)の入口部916に冷却水が供給され、第1の水路922を矢印の方向に冷却水が流れ、折り返し通路924で冷却水の流れがU字状に変わり、第2の水路926を矢印の方向に流れ、水路926の出口部918から排出される。第1と第2の水路922と926には孔である開口218と219とが設けられている。以下に説明する図13に記載の底板934を取付けることで水路922と926が形成されると共に、開口218と219が水路に前記水路の開口構造となる。

【0067】

第1の水路922と第2の水路926との間に設けられた前記中央部908、および第1の水路922と外周部904との間および第2の水路926と外周部904との間に設けられた外側領域部912にはそれぞれアルミダイキャストの肉厚を薄くするための窪み932が設けられている。

【0068】

図13(A)と(B)に、図12に示すハウジング210の底を塞ぐ底板934を示す。底板934と前記水路保持部材902とは水路を形成する水路形成体であり、図13(A)の矢印の如く、水が流れる。底板934にはねじ孔SC9が多数設けられており、前記水路保持部材902の外周部904のねじ孔SC9を介してねじで締め付けられる。底板934には第1の凸部935と第2の凸部936とが設けられており、この凸部935が水路922に挿入され、凸部936が水路926に挿入される。なお、窪み938はアルミダイキャストの肉厚を薄くするために設けられている。

【0069】

図12のII-II断面に沿った水路922の断面を図14に示す、なお水路926もほぼ同じ形状である。図12と図13と図14において、水路保持部材902には並列に配置された複数の水路922と926とが設けられている。入口管212(図12には記載省略)から冷却水は入口部916に導入される。水路の入口部916にはハウジング210と一体の金属部材により形成された天井882が設けられ、水路の両脇には図15の側壁988と990で示すハウジング210と一体の金属部材が設けられている。水路は図12に示す如く入口管の後水路の幅が徐々に広がり、一方水路の深さが徐々に浅くなっている、これにより冷却水の流れがスムーズとなり、渦が生じにくく、流体抵抗が少ない。入口部から水は開口部を有する水路に導かれる。開口部を有する水路では、水路の底に図13に示す凸部935を設けることで水路の底が盛り上がり、水路の深さは放熱フィンの高さよりやや深い形状となる。放熱フィンの高さは6ミリメートルから8ミリメートルであり、水路の深さは10ミリメートル以下、望ましくは9ミリメートル以下である。

【0070】

水路形成体220の前記凸部935の反対側には開口218が作られており、この開口218にパワーモジュール502の金属ベース944に設けられた放熱フィン506が突

10

20

30

40

50

出すようにして、パワーモジュール502がねじSC1により固定されている。図示されていないが並列配置された他の水路926が形成されている水路形成体220の開口には、パワーモジュール504が固定されている。このようにすることで放熱フィンと冷却媒体である水との熱交換効率が向上する。また併設される水路922と926とのつなぎめである折り返し部はフィンが突出する部分より水路が深くなっており、流体抵抗が減少し、冷水の流れが改善される。

【0071】

パワーモジュール504は以下説明するパワーモジュール502と同様の構造で、ほぼ同じように固定されているので、代表してパワーモジュール502で説明する。水路922の前記開口218から複数の放熱フィン506（この実施例では3個の放熱フィン）が水路に突出している。放熱フィン506は金属の金属ベース944の一方の面に設けられており、金属の金属ベース944の他方の面には半導体チップが設けられている。前記半導体チップは樹脂ケース946で密封されている。この構成は、パワーモジュール504と水路926との関係でも同じである。

10

【0072】

パワーモジュール502は図9や図14に示す如く、金属板982と共にねじSC1で水路を形成する水路形成体に固定される。この実施例ではハウジング210と一体形成された水路カバー882に固定される。パワーモジュール502のねじ止めにより、パワーモジュール502の放熱面で前記水路922の開口218を塞ぐ。パワーモジュール502の放熱面と前期開口周辺の水路形成体との間に密閉部材例えばオーリング986が設けられ、水漏れを防止することが可能な構造となっている。

20

【0073】

前記金属板982と対向して金属または熱伝導性の優れた比較的柔らかい樹脂からなる放熱板984が設けられ、この放熱板984に対向して駆動回路基板602が設けられている。駆動回路基板602の熱は放熱板984を介して水路形成体に伝わり、冷却水に伝達することで駆動回路基板602の温度上昇を低く抑えることが可能となる。以上の構成および作用効果はパワーモジュール504と駆動回路基板604に関しても同じである。

【0074】

図14のIII-III断面の部分拡大図を図15に示す。水路922を形成するための水路形成体220の底部に底板934が設けられている。水路の両側部はハウジング210と一体に設けられた側板988と990とによって形成されている。前記側板988と990と水路形成体220の底部との密閉は、密閉部材たとえばオーリングまたはオーリングより幅の広いガスケットからなるシール部材986によって達成される。また水路922の上部の開口218は先に説明したとおり、パワーモジュール502の金属製ベース944の放熱面により密閉される。この密閉を行うために、密閉部材たとえばオーリングまたはガスケットなどのシール部材986が設けられている。前記金属ベース944の反対面には複数の半導体チップが固定されており、樹脂ケース946で密閉されている。パワーモジュール502の上には上述のとおり放熱板982および放熱板984を挟んで前記駆動回路基板602がねじSC2により固定されている。

30

【0075】

前記説明では図14に示す如く、水路の入口部と出口部および折り返し部で、水路を深くし、放熱フィンの挿入部は前記水路位置に比べ浅い形状にしている。フィン挿入部の水路の深さはフィンの高さ方向の長さより少し長い寸法の深さになっている。この実施例では上述のとおり、フィンの高さが6ミリメートル～8ミリメートルで、水路の深さは10ミリメートル以下、好ましくは9ミリメートル以下である。以上の構成や作用、効果はパワーモジュール504とその水路を含む水路形成体においても同じである。

40

【0076】

パワーモジュール

図17にパワーモジュール502あるいは504をフィン側から見た状態を示し、パワーモジュール502あるいは504の樹脂ケース946を外した状態を図16に示す。ま

50

た図18に図16のIV-IV断面を示す。実際の断面図では、半導体部分の断面が3個表示されるが、説明を分かり易くするために、半導体チップ3個の内2個についてはこれを省略し、半導体チップの1個のみを実際より拡大して記載した。金属ベース944の放熱面には図17に示す如く3組の放熱フィン506Aと506Bと506Cとが設けられている。前記放熱フィンの外周の放熱面には水路の冷却水の漏れを防止するシール部材986としてオーリングまたはガスケットが設けられている。前記金属ベース板の放熱面を水路の開口部にねじなどで強く押し付けることで、前記金属ベース944で水路922(216)や926(216)の開口を塞ぎ、前記シール部材986により、水路内の冷却水の水漏れが防止できる構造となっている。

【0077】

放熱フィンは図18に示す如く、ロー材948により固定される。このロー付けは例えば摂氏600度から700度で行われる。前記3組の放熱フィンに対応して、前記金属ベース944の反対面に絶縁基板956が図18に示す如く、第2の半田層962により接着されている。

【0078】

前記金属ベース944は銅を主成分とし、この銅に不純物を加えた合金である。硬度が放熱フィン506のロー付け後において、HV50以上が望ましく熱伝導率が200W/mK以上が望ましい。この金属ベースの厚さは2ミリメートル~4ミリメートルの範囲である。また平面度が各絶縁基板の範囲であるいは固定ねじ孔978で囲まれる範囲内で0.1mm以下が最適、0.2mm以下が望ましい。さらにインバータを構成する半導体チップの範囲である6個の絶縁基板の範囲で平面度が0.3mm以下が最適で、0.4mm以下の確保が望ましい。銅に銅より硬い不純物を混ぜるとその割合が増すごとに硬度が上がる。しかし、前記不純物は一般に銅より熱伝導率が低いので、全体の熱伝導率が低下する。従って不純物の割合を調整し、前記硬度と前記熱伝導率が維持できることが望ましい。また前記金属ベースには厚さ約3~9μmのニッケルメッキを施すことが望ましい。図18に示す如く、一方に放熱フィン506をロー付けし、他方に半導体チップの絶縁基板956を半田付けする。この場合銅の面には傷があるかもしれない、適度な厚さのメッキを施すことで、表面粗さを適切に維持できる。この実施例では、少なくとも絶縁基板の搭載する範囲とリングが当たる範囲の表面粗さはRa=3.2を満足することが望ましい。

【0079】

半導体モジュールの製造

図18で前記条件を満足する、銅を主成分とする合金のベース板に、金属製の放熱フィン506を摂氏600度から700度でロー付けされる。場合によっては800度乃至900度になる可能性がある。金属ベースが柔らかいとこのロー付け作業で平面度が悪くなり、その後の絶縁基板956の接着が困難になる。不純物の含有割合を適度に選定することで、ロー付け作業後の特性が硬度に関しHV50以上で、またロー付け作業後の熱伝導率が200W/mK以上の特性を確保できる。図16に示すようにこの作業で3個の放熱フィン506A~506Cがロー付けされる。

【0080】

また他の作業工程で、絶縁基板956に高温半田で半導体チップ952を接着する。第1の半田層958はこの工程で作られた層で半導体チップ952と絶縁基板とを固着している。この半田層は高温半田の層であり、第2の半田層962である低温半田の接着作業で溶解することはない。図16に示すように、1個の絶縁基板956にダイオードチップ954とIGBPチップ952が3組ずつ接着される。参照符号は煩雑さを避けるため、1個の絶縁基板956に対してのみ表示し、他は省略した。3組のダイオードチップ954とIGBPチップ952有する1個の絶縁基板を2個対向して並列に配置することでUVW相の内の1相に対応し、金属ベース944の裏に接着された1個のフィンに対応している。図16の金属ベース944は、3相用のインバータを構成するため、前記対向して並列に配置された絶縁基板を3組有している。各絶縁基板は同じ構造をなしている。

【0081】

10

20

30

40

50

前記作業の後、3組の半導体チップ952を接着した6個の絶縁基板956と、3個の放熱フィン506を有する金属ベース944とを図16と図17に示す位置関係となるように低温半田である半田962で接着する。すなわち2個の絶縁基板に対して金属ベース944の半対面に1個のフィンがロー付けされる位置関係で接着される。図18で放熱フィン506と金属ベース944との接着温度が一番高く、ロー材を使用して接着される。次に高い温度の接着は、半導体チップ952と絶縁基板956との接着で高温半田を使用して行われる。一番低い温度の接着が絶縁基板956と金属ベースとの接着で、低温半田を使用して行われる。前記ロー材による放熱フィン506の接着温度が高いので、金属ベース944の金属が純粋な銅より硬い金属を使用しないと、ロー付けにより、金属ベース944の半対面の平面度が低下し、絶縁基板の接着が困難になる。上述のように不純物となる金属の含有量を増やすと平面度を維持し易くなるが、熱伝導率が低下し、絶縁基板956の冷却効果が低下する。両方の特性を両立する条件が上述した、ロー付け作業後の特性が硬度に関しHV50以上で、またロー付け後の熱伝導率が200W/mK以上の特性である。また各絶縁基板956の領域での平面度が0.1mm以下であることが最適で、平面度が0.2mm以下であることが望ましい。また金属ベース944の6個の絶縁基板が接着されるエリアの平面度が高く維持できることが望ましく、6個の絶縁基板の接着されるエリア(全絶縁基板の接着エリアで平面度0.3mm以下が最適で、これに近い0.4mm以下が望ましい。

【0082】

他の考え方として、取り付けねじ孔978で区切られるエリア内の平面度が0.1mm以下であることが最適で、平面度が0.2mm以下であることが望ましい。

【0083】

本実施例では金属ベース944に複数個の絶縁基板956を配置しており、これらの各絶縁基板956内に複数の半導体チップをそれぞれ高電圧に耐える配置関係を維持している。このように例えば300ボルト以上の直流電力を受けて交流電力に変換する半導体チップ複数個有する絶縁基板956では、絶縁基板の面積が広くなり、各絶縁基板956の接着の範囲内においてそれぞれ平面度0.2mm以下が望ましく、最適には平面度0.1mm以下を維持するが望まれる。

【0084】

図16で1個の絶縁基板に接着されている3組の半導体チップは、この実施例では、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)チップとダイオードチップであり、図18のチップ952がIGBTチップである。またIGBTチップに隣接するダイオードチップ954は図18の構造と同じ構造で同じ製造方法で絶縁基板956に接着され、違いは半導体チップ952がダイオードチップ954に代わる点である。絶縁基板に対し3個のIGBTチップ952と3個のダイオードチップ954とが高温半田で接着され、これら6個のチップを備えた絶縁基板956が6個、図16に示す配列で金属ベース944に低温半田で接着される。

【0085】

前記実施例では、半導体チップ952にIGBTチップを使用した。MOSトランジスタのチップを使用しても良い。この場合、ダイオードチップ954は不要となる。

【0086】

図16と図17と図18で、孔978は半導体モジュールを通路形成体220に取り付けるためのねじ孔である。

【0087】

図19は、図18の他の実施例であり、放熱フィン506の形状をピン形状としたものである。図18の波形状の放熱フィン506と同様にロー材にて金属ベース944にロー付けされる。ロー材948により金属のベース板とピン形状のフィンが接着されている。この実施例では放熱フィンであるピンの高さはベース面から6mm乃至8mmの高さである。図14における放熱フィンが挿入されている位置の水路の深さは10mm以下、望ましくは9mm以下である。各フィンのエリア、図17の放熱フィン506Aのエリアでのピンの数

10

20

30

40

50

は300本から700本である。ピンの太さは、ロー付け部で直径3mmから5mm、その高さは0.5mmから1.5mmで、さらにそれより高い部分の直径は2mmから3mmである。これらのピンは千鳥状に配置されている。

【0088】

図20(A)から(C)はパワーモジュール502あるいは504の外観図である。図20(A)はパワーモジュール502あるいは504の平面図、図20(B)は側面図、図20(C)は正面図である。上述のとおり、図16と図17に記載のパワーモジュールは図20のパワーモジュールの樹脂ケースを取り除いた構造である。図20(A)に示す平面図において、一方の端に回転電機と接続する交流用端子OT1u, OT1v, OT1wが設けられている。反対側である他の端部には直流電源に接続する直流用端子IT1NとIT1Pとが3組設けられている。これらの端子は、図9の如く配置され、コンデンサの端子と接続される。なお、端子IT1Nは直流電源の負側に接続され、端子IT1Pは直流電源の正側に接続される。図20の3組の直流端子IT1NとIT1Pは正側端子どうしおよび負側端子どうしがそれぞれ電氣的に並列接続される。

10

【0089】

基準ピン992はパワーモジュール502あるいは504に固定される駆動回路602や604の位置決めのために設けられている。

【0090】

パワーモジュール502あるいは504の放熱フィンを水路922や926の開口218や219にそれぞれ突出させて固定した状態での、パワーモジュール502とパワーモジュール504の位置関係を図21に示す。矢印は水路の水流の方向を示す。2個のパワーモジュール502と504とを並列にしかも直流用端子が内側になるように配置する。この配置により中央部でコンデンサの端子と接続でき、装置全体がシンプルな構造となる。また短い配線でしかも直流の正側と負側とを対向させてコンデンサモジュール302や304と積層構造で接続することが可能となり、この配線部のインダクタンスを低減でき、パワーモジュール502と504とのスイッチング動作による電圧の跳ね上がりを低く抑えることが可能となる。

20

【0091】

また本装置では、パワーモジュールの直流端子の正極IT1PとIT2Pとが互いに接続され、直流端子の負極IT1NとIT2Nとが互いに接続されている。図21に示すの如くパワーモジュール502あるいは504を少しずらして並列に配置することで、同じ形状のパワーモジュールをパワーモジュール502あるいは504として使用できる。しかも接続距離が短くなり、前記インダクタンスを低減できる効果がある。パワーモジュール502あるいは504の負極であるN端子どうしを近くに配置し、正極であるP端子どうしを近くに配置できる。これにより接続線の配置が整然とした関係となり生産性である配設作業が向上する。さらにインダクタンスを低減できる。

30

【0092】

回転電機につながる交流端子OT1とOT2とが並列配置されたパワーモジュール502あるいは504の外側にそれぞれ配置されるので、交流端子OT1とOT2とを異なる回転電機の端子と接続するバスバーを配置しやすい構造となっている。装置全体の構造がシンプルで、作業性も向上する。

40

【0093】

電気回路の説明

図22は本実施例の電力変換装置200の回路図であり、電力変換装置200には、インバータ装置を構成する第1のパワーモジュール502とインバータ装置を構成する第2のパワーモジュール504とコンデンサモジュール300とインバータ装置の第1の駆動回路基板602に実装された駆動回路92とインバータ装置の第2の駆動回路基板604に実装された駆動回路94と回転電機制御回路基板700に実装された制御回路93とコネクタ基板72に実装されたコネクタ73及びコンデンサモジュール300の放電回路(図示省略)を駆動する駆動回路91と電流センサ95や96が設けられている。

50

【 0 0 9 4 】

尚、図 2 2 では、電源系と信号系との区別がし易いように、電源系を実線で、信号系を点線でそれぞれ図示している。

【 0 0 9 5 】

第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 は、対応するインバータ装置の電力変換用主回路を構成しており、図 1 6 に示すように、複数のスイッチング用パワー半導体素子を備えている。第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 は、それぞれ対応する駆動回路 9 2 と 9 4 とから出力された駆動信号によって動作し、高電圧バッテリー 1 8 0 から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、その電力を対応する回転電機 1 3 0 や 1 4 0 の電機子巻線に供給する。主回路は図 2 2 に示す 3 相ブリッジ回路であり、3 相分の直列回路がそれぞれバッテリー 1 8 0 の正極側と負極側との間に電氣的に並列に接続されて構成されている。この直列回路は図 1 6 に示す、対向して配置された絶縁基板 9 5 6 に接着された半導体チップ 9 5 2 よって構成される。図 2 2 に示す前記第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 の半導体チップは図 1 6 に示すように配置されている。

10

【 0 0 9 6 】

第 2 のパワーモジュール 5 0 4 の説明

第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 とは図 2 2 に示す如く、回路構成が同じであり、第 2 のパワーモジュール 5 0 4 で代表して説明する。本実施例では、スイッチング用パワー半導体素子として I G B T (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) 2 1 を用いている。I G B T 2 1 は、コレクタ電極、エミッタ電極及びゲート電極の 3 つの電極を備えている。I G B T 2 1 のコレクタ電極とエミッタ電極との間にはダイオード 3 8 が電氣的に接続されている。ダイオード 3 8 は、カソード電極及びアノード電極の 2 つの電極を備えており、I G B T 2 1 のエミッタ電極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、カソード電極が I G B T 2 1 のコレクタ電極に、アノード電極が I G B T 2 1 のエミッタ電極にそれぞれ電氣的に接続されている。前記 I G B T 2 1 のチップは図 1 6 と図 1 8 と図 1 9 の半導体チップ 9 5 2 に対応し、ダイオード 3 8 は前記図のダイオードチップ 9 5 4 に対応する。先に説明したとおり、スイッチング用パワー半導体素子としては M O S F E T (金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ) を用いてもよい。M O S F E T は、ドレイン電極、ソース電極及びゲート電極の 3 つの電極を備えている。尚、M O S F E T は、ソース電極とドレイン電極との間に、ドレイン電極からソース電極に向かう方向が順方向となる寄生ダイオードを備えているので、I G B T のように、別途、ダイオードを設ける必要がない。

20

30

【 0 0 9 7 】

各相のアームは I G B T 2 1 のソース電極と I G B T 2 1 のドレイン電極が電氣的に並列に接続されて構成されている。尚、本実施例では、各相の各上下アームの I G B T を 1 つしか図示していないが、制御する電流容量が大きいので、複数の I G B T が電氣的に並列に接続されて構成されている。図 2 2 に示す実施例では、各相の各上下アームはそれぞれ 3 つの I G B T によって構成している。各相の各上アームの I G B T 2 1 のドレイン電極はバッテリー 1 8 0 の正極側に、各相の各下アームの I G B T 2 1 のソース電極はバッテリー 1 8 0 の負極側それぞれ電氣的に接続されている。バッテリー 1 8 0 の正極側に接続すべき前記パワーモジュール 5 0 2 と 5 0 4 の端子を図 2 0 や図 2 1 では I T 1 P または I T 2 P として示している。またバッテリー 1 8 0 の負極側に接続すべき前記パワーモジュール 5 0 2 と 5 0 4 の端子を図 2 0 や図 2 1 では I T 1 N または I T 2 N として示している。

40

【 0 0 9 8 】

各相の各アームの midpoint (上アーム側 I G B T のソース電極と下アーム側の I G B T のドレイン電極との接続部分) は、対応する回転電機 1 3 0 や 1 4 0 の対応する相の電機子巻線に電氣的に接続されている。この midpoint は図 2 0 や図 2 1 では端子 O T 1 u , O T 1 v , O T 1 w , O T 2 u , O T 2 v , O T 2 w として示す。

【 0 0 9 9 】

50

駆動回路 92, 94 は、対応するインバータ装置の駆動部を構成しており、制御回路 93 から出力された制御信号に基づいて、IGBT 21 を駆動させるための駆動信号を発生する。それぞれの回路 92 や 94 で発生した駆動信号は、対応する第 1 のパワーモジュール 502 や第 2 のパワーモジュール 504 に出力される。駆動回路 92, 94 は、各相の各上下アームに対応する複数の回路を 1 つの回路に集積した、6 個の IGBT を駆動する回路を 1 ブロックに収めた集積回路により構成されている。各相の各上下アームに対応する回路としては、インターフェース回路、ゲート回路、異常検出回路などを備えている。

【0100】

制御回路 93 は各インバータ装置の制御部を構成しており、複数のスイッチング用パワー半導体素子を動作（オン・オフ）させるための制御信号（制御値）を演算するマイクロコンピュータによって構成されている。制御回路 93 には、上位制御装置からのトルク指令信号（トルク指令値）、電流センサ 95, 96 及び回転電機 130 や 140 に搭載された回転センサが検知した信号（センサ出力）が入力されている。制御回路 93 はそれらの入力信号に基づいて制御値を演算し、駆動回路 92 や 94 にスイッチングタイミングを制御するための制御信号を出力する。

10

【0101】

コネクタ 73 は電力変換装置 200 と外部の制御装置との間を電氣的に接続するためのもので、図 1 の通信回線 174 を介して他の装置と情報の送受信を行う。

【0102】

コンデンサモジュール 300 は図 10 のコンデンサモジュール 302 と 304 とを有しており、IGBT 21 のスイッチング動作によって生じる直流電圧の変動を抑制するための平滑回路を構成するためのものであり、第 1 のパワーモジュール 502, 第 2 のパワーモジュール 504 の直流側の端子に電氣的に並列に接続されている。駆動回路 91 は、コンデンサモジュール 300 に蓄積された電荷を放電するために設けられた放電回路（図示省略）を駆動するためのものである。

20

【実施例 2】

【0103】

次に、図 23 乃至図 28 を用いて、第 2 の実施例を説明する。第 2 の実施例と、先に説明した図 22 に示す回路図および図 16 から図 21 に示すパワーモジュールの構造および図 12 から図 15 で説明した冷却水路の基本的構造は、基本的考え方は同じであり、同じ作用と効果を有している。相違する点は、第 1 の実施例ではインバータ装置 200 の底部に冷却水路 922 と 926 を備えているのに対し、第 2 の実施例はインバータ装置 200 の中段に冷却水路を設けた点である。第 2 の実施例では、冷却水路の形成体の両面にパワーモジュール 502, 504 やコンデンサモジュール 302 や 304 などの冷却すべき電気部品を装着でき、両面を利用して冷却できる。例えば冷却水路形成体の一方の面に半導体モジュールであるパワーモジュール 502 と 504 を装着してこれらを冷却すると共に、前記冷却水路形成体の他方の面でコンデンサモジュール 302 と 304 を冷却する構造とすることが可能である。

30

【0104】

以下電力変換装置の第 2 の実施例を説明する。電力変換装置 200 は、下部ケース 13 の上に第 2 ベース 12 が、第 2 ベース 12 の上に第 1 ベース 11 が、第 1 ベース 11 の上に上部ケース 10 がそれぞれ積み重ねられた配置で固定されている。前記積み上げられて固定されたハウジングすなわちインバータ装置 200 の外観の形状は、角部が丸みを帯びた全体的には直方体の形状である。前記ハウジングの構成部品はアルミニウム材のような熱伝導性に優れた材料で作られている。本ハウジングは第 1 の実施例で説明したハウジング 210 の機能を基本的に有し、前記ハウジングは下部ケース 13 と上部ケース 10 を備えている。これらケースからなるハウジングの中央部に、第 1 ベース 11 と第 2 ベース 12 からなる水路形成体が固定され、この水路形成体の両面に以下に説明するパワーモジュールやコンデンサモジュールなどの電気部品が装着される。

40

50

【 0 1 0 5 】

前記ハウジングは、アルミなどの熱伝導性に優れた部材によって全周（周壁，天井壁，底壁）が囲まれており、前記第 1 と第 2 ベース 1 1 と 1 2 による冷却水路が前記ハウジングに、熱伝導が良好な構造で固定されているので、前記ハウジング自身が良好に冷却される。前記ハウジングの内部には、前記第 1 と第 2 ベース 1 1 と 1 2 から構成される水路形成体によってその内部に冷却水路が形成され、ハウジング内に水路形成体の上と下にそれぞれ室が形成される。前記水路形成体は、冷媒である冷却水を流すための 2 つの冷却水路 9 2 2 と 9 2 6 とを並列に形成している。前記構成により、前記 2 つの室は前記冷却水路によって熱的に隔てられ、一方の室から他方の室への熱影響を抑制できる。更にそれぞれの部屋および部屋の壁が冷却される。

10

【 0 1 0 6 】

水路形成体の上部の室には、ハウジングの長手方向に沿って第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 が図 2 4 に示すように並設されている。前記冷却水路 9 2 2 と 9 2 6 には図 1 2 と図 1 3 で説明したように、それぞれ開口 2 1 8 と 2 1 9 とが形成されており、この開口からパワーモジュール 5 0 2 と 5 0 4 の放熱フィンが水路内に突出している。また開口 2 1 8 と 2 1 9 は前記パワーモジュール 5 0 2 と 5 0 4 の金属ベース 2 3 の放熱面で塞がれ、これにより第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 は効率良く冷却される。また第 1 のパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 から放出された熱が下部の室に熱的影響を及ぼすのを抑制できる。

20

【 0 1 0 7 】

ハウジングの長手方向の一側面には図 2 7 に記載のごとく、冷却水路 9 2 2 や 9 2 6 と連通する入口管 2 1 2 と出口管 2 1 4 が設けられている。冷却水路 9 2 2 と 9 2 6 の各々はハウジングの長手方向に沿って平行に延びており、お互いハウジングの長手方向の他端部において U 字状に折り返されて連通している。図 1 2 ~ 図 1 4 で説明した水路の形状と第 2 の実施例の水路の形状はほぼ同じである。

【 0 1 0 8 】

第 1 ベース 1 1 の冷却水路 9 2 2 や 9 2 6 のそれぞれには上述のように開口 2 1 8 と 2 1 9 が設けられ、この開口 2 1 8 と 2 1 9 からパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 に設けられた放熱フィンが水路内に突出し、前記開口 2 1 8 と 2 1 9 はパワーモジュール 5 0 2 と第 2 のパワーモジュール 5 0 4 の金属ベース 2 3 で塞がれる。前記フィンが冷媒で直接冷却され、前記金属ベース 2 3 は水路 9 2 2 や 9 2 6 を流れる冷媒によって効率的に冷却される。

30

【 0 1 0 9 】

前記金属ベース 2 3 は図 1 8 や図 1 9 で説明した金属ベース 9 4 4 と形状および作用効果は同じものであり、銅を主成分とする熱伝導性優れた金属部材料により構成されており、水路 9 2 2 や 9 2 6 の内部に突出する放熱フィンがその冷媒流路側の面に設けられている。放熱フィンは図 1 8 や図 1 9 により説明した放熱フィン 5 0 6 や 5 0 7 と同じ構造となっており、冷媒による実質的な冷却面積が増加し、冷媒による冷却効果を向上できる。

【 0 1 1 0 】

図 1 4 に記載のごとく、第 2 の実施例においても、入口管 2 1 2 から供給された冷却水は、第 1 の水路 9 2 2 の入口部で深くなっており、その後放熱フィン 5 0 6 の突出しているところで第 1 の水路 9 2 2 は浅くなる。第 1 の水路 9 2 2 と第 2 の水路 9 2 6 とのつなぎ部である水路の折り返し部では前記放熱フィン 5 0 6 の突出している部分に比べ再び水路が深くなり、第 2 の水路 9 2 6 の放熱フィン 5 0 7 突出している部分で浅くなる。第 2 の水路 9 2 6 の出口部で水路は放熱フィンの突出している部分に比べ深くなり、出口管 2 1 4 につながる。この水路の形状および作用効果は図 1 2 や図 1 3 ，図 1 4 で説明した形状と同じであり、放熱フィンの突出しているところでは冷却水全体ができるだけ効率的にフィンと熱交換でき、フィンの無い部分ではできるだけ流体抵抗を小さくし、冷却システム全体としての冷却効率を向上するものである。

40

50

【0111】

パワーモジュール502や504の金属製の金属ベース23がそれぞれ水路の開口を塞ぐように設けられ、前記金属ベース23の上面上には、図15から図21で説明した樹脂ケース24が設けられている。図23～図27の樹脂ケース24は、図14や図15および図20の樹脂ケース946と同じものである。なお、図23や図24では第1のパワーモジュール502の内部が理解できるように、本来設けられている第1のパワーモジュール502の樹脂ケース24の上蓋を意図的に取り除いて記載している。また図24の右側の列に示す第1のパワーモジュール502の6個の絶縁基板22の上に接着されている半導体チップと配線構造は中央の2つについてのみ具体的に記載しており、他の4個は絶縁基板22に接着されている半導体素子を省略している。

10

【0112】

樹脂ケースの長手方向に延びる側壁であって、第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504の対向側に位置する側壁には直流正極側のモジュール端子26（図24参照）及び直流負極側のモジュール端子33（図24参照）が収納室毎に対応して設けられている。直流正極側のモジュール端子33及び直流負極側のモジュール端子26は樹脂ケース24の側部から上方に突出している。直流正極側のモジュール端子33及び直流負極側のモジュール端子26の突出側とは反対側は収納室の内部に至り、その表面が樹脂ケースの表面に露出している。これにより、各収納室の内部には直流正極側のモジュール電極36及び直流負極側のモジュール電極37が形成される。前記端子26は第1の実施例を説明する図20と図21のIT1PやIT2Pと同じ端子であり、端子33は図20と図21のIT1NやIT2Nと同じ端子である。

20

【0113】

樹脂ケースの長手方向に延びる側壁であって、第1のパワーモジュール502と第2のパワーモジュール504の対向側とは反対側に位置する側壁には交流モジュール端子27（図24参照）が設けられている。交流モジュール端子27は樹脂ケースの側壁から上方に突出している。交流モジュール端子27の突出側とは反対側は収納室の内部に至り、その表面が樹脂ケース24の表面に露出している。これにより、各収納室の内部には交流モジュール電極35が形成される。前記交流用の端子27は第1の実施例を説明する図20や図21の端子OT1uやOT1vやOT1wやOT2uやOT2vやOT2wと同じ形状と作用効果をなす。

30

【0114】

各収納室の金属ベース23の上面上には2つの絶縁基板22がハウジングの長手方向に並設されている。各絶縁基板22の上面上には2つの板状の配線部材39（図24参照）がハウジングの長手方向に並設されている。各収納室の2つの絶縁基板22の一方側に設けられた配線部材39の一方側は直流正極側モジュール電極36と電氣的に接続されている。各収納室の2つの絶縁基板22の他方側に設けられた配線部材39の一方側は直流負極側モジュール電極37と電氣的に接続されている。各収納室の2つの絶縁基板22に設けられた配線部材39の他方側は交流モジュール電極35と電氣的に接続されている。これらの電氣的な接続は導電性のワイヤ29によって行なわれる。

【0115】

各収納室の2つの絶縁基板22に設けられた配線部材39の一方側の上面上には、ハウジングの長手方向に並べられたIGBT21とダイオード38とがハウジングの短手方向に3つ並設されて実装されている。これにより、各相の上下アームがそれぞれ構成される。IGBT21とダイオード38は、交流モジュール電極35と電氣的に接続された配線部材39に電氣的に接続されている。IGBT21のゲート電極はコネクタ25に電氣的に接続されている。これらの電氣的な接続は導電性のワイヤ29によって行なわれる。コネクタ25は樹脂ケースの金属ベース23の上面の3の領域を形成する4つの側壁にそれぞれ設けられている。前記IGBTチップ21やダイオードチップ38の配列は図16で説明した配置関係と同じである。第2の実施例の絶縁基板22は第1の実施例の絶縁基板956と同じのものであり、同じ作用効果をなす。

40

50

【0116】

樹脂ケースの上部には板状のモジュールケース蓋34が設けられている。モジュールケース蓋34は、樹脂ケースの上部開口部を覆って収納室を塞ぐ天井壁を構成しており、樹脂ケースと同じ絶縁樹脂から成形されている。モジュールケース蓋34の上面には、配線シート31と、配線シード31に電氣的に接続された配線コネクタ32が設けられている。配線シート31は、モジュールケース蓋34に設けられた貫通孔から上方に突出したコネクタ25と電氣的に接続されている。配線コネクタ32は、図示省略した配線によって第1の駆動回路基板70と第2の駆動回路基板71の駆動回路と電氣的に接続されている。前記駆動回路は図22に示す駆動回路92や94と同じであり、第1の実施例の駆動回路基板602や604の回路と同じである。

10

【0117】

ハウジングの下部の冷却室内にはコンデンサモジュール300が設けられている。このコンデンサモジュール300は2個のコンデンサモジュール302と304を有しており、第1の実施例や図22の回路における、コンデンサモジュール300と同じものである。

【0118】

コンデンサモジュール300は、第1のパワーモジュール502や第2のパワーモジュール504の直流側端子と近接配置されるように、第2ベース12の中央(の2本足によって囲まれた領域)の下方側に電氣的な端子が位置するように配置されている。コンデンサモジュール300は、ハウジングの高さ方向の断面形状が長丸形状の4つの電解コンデンサから構成されている。4つの電解コンデンサはその長手方向がハウジングの長手方向と同じ方向を向くように、ハウジングの長手方向と短手方向に2つずつ並設され、保持バンド52を介してコンデンサケース51の内部に収納されている。コンデンサケース51は上部が開放した熱伝導性容器であって、ケース上部のフランジ部と第2ベース12のの2本の足の下端部が接触している。これにより、コンデンサモジュール300と水路922や926が熱伝導性の優れた状態で熱的に接続され、コンデンサモジュール300を十分に冷却できる。

20

【0119】

各電解コンデンサは、コンデンサケース53の上部の開口部を塞ぐコンデンサ蓋54を貫通した正極側コンデンサ端子57及び負極側コンデンサ端子56を備えている。正極側コンデンサ端子57及び負極側コンデンサ端子56は板状のものであり、短手方向に面するように対向しており、コンデンサ蓋54と一体形成された板状の絶縁部材55を短手方向から挟み込んでいる。コンデンサ端子は、コンデンサケース53に4つの電解コンデンサを収納した際、短手方向に隣り合うもの同士の長手方向の位置が異なるように設けている。

30

【0120】

第1の駆動回路基板70は、第1のパワーモジュール502側の第2ベース12の下方側であって、の足の片方と第2ベース12のフランジ部によって囲まれた領域に配置されている。第2の駆動回路基板71は、第2のパワーモジュール504側の第2ベース12の下方側であって、の足の他方と第2ベース12のフランジ部によって囲まれた領域に配置されている。駆動回路基板70と71は第2ベース12と熱的に接続されている。これにより、冷媒流路と駆動回路基板70や71とを熱的に接続することができ、駆動回路基板70や71を冷媒である冷却水によって冷却できる。

40

【0121】

回転電機制御回路基板74はコンデンサケース53の短手方向の一方側(第2のパワーモジュール504側)の側面と対向するように設けている。回転電機制御回路基板74は第2ベース12と熱的に接続されている。これにより、水路922や926と回転電機制御回路基板74とが熱伝導性の良い状態で配置でき、回転電機制御回路基板74を冷媒によって効率的に冷却できる。

【0122】

50

コネクタ基板 7 2 はコンデンサケース 5 3 の短手方向の他方側（第 1 のパワーモジュール 5 0 2 側）の側面と対向するように設けている。コネクタ基板 7 2 は第 2 ベース 1 2 と熱的に接続されている。これにより、冷媒流路 2 8 とコネクタ基板 7 2 とを熱的に接続することができ、コネクタ基板 7 2 を冷媒によって冷却できる。コネクタ 7 3 はハウジングの長手方向の他方側の側端面から外部に突出している。

【 0 1 2 3 】

コンデンサモジュール 3 0 0 と第 1 のパワーモジュール 5 0 2 や第 2 のパワーモジュール 5 0 4 とは直流側接続導体 4 0 によって電氣的に接続される。直流側接続導体 4 0 は、第 1 ベース 1 1 の中央部及び第 2 ベースの中央部に設けられ長孔（ハウジングの長手方向に長い孔）であって、ハウジングの高さ方向に貫通した貫通孔を介して上下の冷却室に延びている。

10

【 0 1 2 4 】

直流側接続導体 4 0 は、ハウジングの長手方向に延びる板状の直流正極側バスバー 4 5 と、ハウジングの長手方向に延びる板状の直流負極側バスバー 4 4 とを絶縁シート 4 3 を介してハウジングの短手方向に積層し、直流正極側モジュール端子 4 2 と正極側コンデンサ端子 4 6 とを直流正極側バスバー 4 5 に一体に形成し、かつ直流負極側モジュール端子 4 1 と負極側コンデンサ端子 4 7 とを直流負極側バスバー 4 4 に一体に形成した積層構造の配線部材である。このような構造によれば、第 1 のパワーモジュール 5 0 2 , 第 2 のパワーモジュール 5 0 4 とコンデンサモジュール 5 0 との間を低インダクタンスにでき、IGBT 2 1 のスイッチング動作時の一時的な電圧上昇を低減できる。またスイッチング速度を早めても一時的な電圧上昇を低減できることから、スイッチング速度を早くでき、それによりスイッチング動作時のパワーモジュールの発熱を抑制できる。

20

【 0 1 2 5 】

直流正極側のモジュール端子 4 2 は、直流正極側のモジュール端子 3 3 が樹脂ケースから上方に突出する位置において直流正極側バスバー 4 5 の上部から上方に向かって延びて、ハウジングの短手方向に面するように直流正極側モジュール端子 3 3 と対向して直流正極側モジュール端子 3 3 にねじ等の固定手段によって固定されることにより、直流正極側モジュール端子 3 3 と電氣的に接続されている。直流負極側モジュール端子 4 1 は、直流負極側モジュール端子 2 6 が樹脂ケースから上方に突出する位置において直流負極側バスバー 4 4 の上部から上方に向かって延びて、ハウジングの短手方向に面するように直流負極側モジュール端子 2 6 と対向して直流負極側モジュール端子 2 6 にねじ等の固定手段によって固定されることにより、直流負極側モジュール端子 2 6 と電氣的に接続されている。

30

【 0 1 2 6 】

正極側のコンデンサ端子 4 6 及び負極側のコンデンサ端子 4 7 は、コンデンサ端子が突出する位置において直流正極側バスバー 4 5 及び直流負極側バスバー 4 4 の下部から下方に延びて、ハウジングの短手方向に面してコンデンサ端子をハウジングの短手方向から挟み込み、同極のコンデンサ端子と対向して同極のコンデンサ端子にねじ等の固定手段によって固定されることにより、同極のコンデンサ端子と電氣的に接続されている。このような配線構造によれば、直流正極側のバスバー 4 5 及び直流負極側のバスバー 4 4 から各コンデンサ端子に至る配線部分も正極側と負極側とを対向させることができ、さらなる低インダクタンス化を図った配線部材が得られ、IGBT 2 1 のスイッチング動作時の一時的な電圧上昇を低減できる。またスイッチング速度を早めても一時的な電圧上昇を低減できることから、同じ電圧まで上昇電圧を認めるとすると、インダクタンスの低減によりスイッチング速度を早くでき、それによりスイッチング動作時の半導体の発熱を抑制できる。

40

【 0 1 2 7 】

前記実施例では冷却水路を並列に配置し、水路と水路の間の領域に穴を開け、この穴を通してコンデンサモジュール 3 0 0 の端子と半導体モジュールであるパワーモジュール 5 0 2 や 5 0 4 の直流端子とを接続でき、冷却効率の向上とインダクタンスの低減の両課題を両立できる。

50

【 0 1 2 8 】

ハウジングの長手方向の他方側端部には直流端子 8 0 が設けられている。直流端子 8 0 は、直流正極側の外部端子 8 2 と直流負極側の外部端子 8 1 と直流正極側の接続端子 8 6 と直流負極側の接続端子 8 5 と直流正極側の外部端子 8 2 と直流正極側の接続端子 8 6 とを接続する直流正極側のバスバー 8 4 と直流負極側の外部端子 8 1 と直流負極側の接続端子 8 5 とを接続する直流負極側のバスバー 8 3 とを備えたものである。

【 0 1 2 9 】

直流正極側の外部端子 8 2 及び直流負極側の外部端子 8 1 は、ハウジングの長手方向の他方側の側端面に設けられた貫通孔 1 7 に装着されるコネクタを介して延びる外部ケーブルと電氣的に接続される。直流正極側バスバー 8 4 と直流負極側バスバー 8 3 はハウジングの短手方向に面して対向するように、第 1 のパワーモジュール 5 0 2 , 第 2 のパワーモジュール 5 0 4 側に延びている。直流正極側接続端子 8 6 は直流正極側モジュール端子 3 3 , 4 2 に、直流負極側接続端子 8 5 は直流負極側モジュール端子 2 6 , 4 1 にそれぞれ電氣的に接続されている。

10

【 0 1 3 0 】

上部ケース 1 0 の上面に設けられた孔は 1 8 は、直流正極側の外部端子 8 2 及び直流負極側の外部端子 8 1 と外部ケーブルとの接続作業に用いられるものであり、作業時以外は蓋で塞がれている。

【 0 1 3 1 】

ハウジングの内部の短手方向の両端のそれぞれには 3 相分の交流バスバー 6 0 が配置されている。交流バスバー 6 0 は、第 1 ベース 1 1 及び第 2 ベース 1 2 のハウジングの短手方向の端部に設けられた上下方向（ハウジングの高さ方向）の貫通孔を介して冷却水路の下部の室から冷却水路の上部の室に延びている。水路の上部の室にある交流バスバー 6 0 の一端側には交流側モジュール端子 6 1 が形成されており、ハウジングの短手方向に面して交流側モジュール端子 2 7 と対向し、交流側モジュール端子 2 7 にねじ等の固定手段によって固定されることにより、交流側モジュール端子 2 7 に電氣的に接続されている。水路の下部の室にある交流バスバー 6 0 の他端側には、回転電機 1 3 0 , 1 4 0 に至る外部ケーブルとの外部接続端子 6 2 が形成され、端子ホルダー 6 3 によって保持されている。

20

【 0 1 3 2 】

尚、符号 1 4 は、電力変換装置 2 0 0 のハウジングを変速機 1 0 5 のハウジング或いはエンジン 1 0 4 及び変速機 1 0 5 のハウジングに固定するための取り付け足であり、SUS などの剛体を採用して強度を確保している。また、変速機 1 5 及びエンジン 1 0 4 からの振動を抑制するようにベンド形状とし弾性を持たせている。

30

【 0 1 3 3 】

以上説明した第 1 と第 2 の本実施例では、冷媒通路である冷却水の通路に開口を設け、前記開口から放熱フィンを水路に突出し、冷媒である冷却水で直接放熱フィンを冷却するので、冷却効率が向上する。

【 0 1 3 4 】

以上説明した第 1 と第 2 の本実施例では、冷却水による直接的な放熱フィンの冷却に加え、前記放熱フィンを接着する金属製のベース板で前記開口を塞ぐ構造であり、冷却効率の向上に加え装置全体がシンプルな構造となる。

40

【 0 1 3 5 】

以上説明した第 1 と第 2 の本実施例では、冷却水による直接的な放熱フィンの冷却に加え、インバータを構成するためのスイッチング半導体を内蔵した前記放熱フィンを有するパワーモジュールの直流端子を前記パワーモジュールの一方側に揃えて配置したことにより、コンデンサモジュールとの接続構造が簡単化され、インダクタンスが低減する。

【 0 1 3 6 】

以上説明した第 1 と第 2 の本実施例では、冷却水路を並列に配置し、冷却水路の開口を並列に配置し、前記開口にそれぞれ冷却フィンを突出することで直接的に前記放熱フィンを冷却し、さらにインバータを構成するためのスイッチング半導体を内蔵した前記放熱フ

50

インを有するパワーモジュールの直流端子を前記並列に配置された水路の内側の方に揃えて配置したことにより、コンデンサモジュールとの接続構造が簡単化され、インダクタンスが低減する。さらにまたコンデンサモジュールを複数の分けて並列に配置し、コンデンサモジュールの端子を並列配置の内側としたことで、冷却効率の向上や全体構成の単純化の効果に加え、直流回路のインダクタンスを低減できる。

【0137】

前記パワーモジュールでは半導体素子や放熱フィンを保持する金属製のベース板を、銅に他の金属を含有させた材料を使用することで硬度をましている。これによりフィンのロー付け作業による平面度の乱れを押さえることが可能となり、その後の複数の半導体チップを有する絶縁基板の接着を容易としている。また前記絶縁基板を複数個同じ金属ベースに接着することが容易で、長く使用してもその信頼性を維持できる。

10

【0138】

次に、前記実施例1及び2の電力変換装置の双方に適用される半導体パワーモジュールについて、図28～図36を参照しながら詳細に説明する。

【0139】

図28は、前記実施例で説明した半導体パワーモジュールの内部構造を示した図である。半導体チップとその端子との接続を含めて示している。図29(A)と図29(B)は、図28の図示ケースを取り除いた状態を示す部分拡大図であり、図29(C)は直流端子の断面図である。金属ベース944の一方に半導体チップが固定され、樹脂ケース946で密封されている。この実施例では、上述と少し異なり、IGBT952およびダイオード954が並列に接続されている。これは並列回路の構成とすることで制御対象の電流を増やすためである。直流端子の正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nは、対抗する配置で積層構造をなして前記チップに並列配置のボンディングで接続される。前記チップはインバータのU相の上アームを構成する。一方その左に配置されている2列のチップは前記インバータの下アームを構成する。

20

【0140】

直流端子が、幅広導体が対向する配置で絶縁物を間に挟む積層構造をなしているので、インダクタンスが低く抑えられている。端子GTUUはインバータのU相の下アームを制御するIGBTのゲート端子である。

【0141】

なお、IGBT952及びダイオード954は、窒化アルミ(AlN)等の絶縁基板956上に搭載されている。窒化アルミ(AlN)は、良好な熱伝導性を有するため、好んで用いられる。また、窒化アルミ(AlN)に代えて、窒化ケイ素(SiN)を用いることも可能である。窒化ケイ素(SiN)は韌性が高いため、絶縁基板956を薄く形成することができる。

30

【0142】

絶縁基板956には、金属ベース944側には、Niメッキした銅などで全面パターンが形成され、チップ952側にはNiメッキした銅などで配線パターンが形成されている。絶縁基板956の両面に金属を貼り付けることにより、チップ952と金属ベース944とのはんだ付けを可能にするとともに、絶縁基板956を金属で挟んだサンドイッチ構造としている。このような構成により、温度変化したときに熱膨張係数の差による変形を防いでいる。このサンドイッチ構造を採用した結果、絶縁基板956を薄くすると、スイッチング時にチップ952側の配線パターンに流れる電流変化に応じて、金属ベース944側の全面パターンに誘導されるわず電流が多くなる。結果として、絶縁基板956上の配線パターンの寄生インダクタンスを低減することができ、パワーモジュールの低インダクタンス化に貢献する。

40

【0143】

図29(B)は、端子構造を説明するために、図29(A)の樹脂ケース946を取り除いた上体を示す。正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nは幅広構造で、互いに対向して配置されている。図30(A)は端子構造を示しており、1012と1014は正極

50

端子IT1Pおよび負極端子IT1Nの導体側接続部であり、端部が互いに反対方向に折れ曲がっている。1022と1024は正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nの中間導体であり、間に絶縁シート挟む構造で積層構造をしている。

【0144】

1032と1034は正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nのチップ側接続部であり、互いに同方向に曲がっている。チップ側接続部1032と1034が互いに長さをことにしているのは、半導体チップと電気的につながっている導体と並列的に接続されるためである。図29(A)ではワイヤボンディングが並列的に配置されており、インダクタンスを低減する。なお、図29(A)で端子OT1Uは3相電力を出力する端子の内のU相端子である。図29(C)では導体の端子との接続を容易となすため樹脂ケースにナット1112と1114が埋め込まれており、図30に示すごとく、導体側接続部にボルトが通る穴が設けられており、ねじで締め付ける構造となっている。

10

【0145】

1032と1034は正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nのチップ側接続部であり、互いに同方向に曲がっている。チップ側接続部1032と1034が互いに長さが異なるのは、半導体チップと電気的につながっている配線パターンの導体と並列的に接続されるためである。このように、絶縁物を介して積層した平板状の正極、負極端子導体のチップ側接続部を同方向に折り曲げることで、積層平板導体を2面で構成し、端子にもっとも近い絶縁基板の端辺に平行に配線パターンを設けることが可能となる。このため、絶縁基板に余分なスペースができず、絶縁基板を小型化できる。図29(A)ではワイヤボンディングが並列的に配置されており、正極、負極の端子に接続されたワイヤボンディングに流れる電流が逆方向となる。この結果、電流が作る磁場が打ち消しあうため、インダクタンスが低減する。なお、図29(A)で端子OT1Uは3相電力を出力する端子の内のU相端子である。図29(C)では導体の端子との接続を容易となすため樹脂ケースにナット1112と1114が埋め込まれており、図30に示すごとく、コンデンサにつながる外部導体側接続部にボルトが通る穴が設けられており、ねじで締め付ける構造となっている。この接続部では、前述のように、コンデンサの端子と、パワーモジュールの端子の各々の接続部に流れる電流の方向が逆方向になる。このため、電流が作る磁場が打ち消しあい、インダクタンスを低減することができる。

20

【0146】

図31(A)と図31(B)は他の実施形態であり、正極端子IT1Pおよび負極端子IT1Nの間の電気的な耐圧を増大するため、配置の高さを変えた構造である。高さを変えることで沿面距離が長くなり、絶縁耐圧が増加する。パワーモジュールの端子と同様に、パワーモジュール接続部に合うように配置の高さを変えて、コンデンサの端子を配置の高さを変える。このようにすることで、コンデンサの絶縁の沿面距離を取ることができる。また、パワーモジュールの端子とコンデンサモジュールの端子を接続したとき、互いの接続部を流れる電流の方向が逆になる。この結果、電流が作る磁場が打ち消しあうため、寄生インダクタンスを低減できる。パワーモジュール、コンデンサの端子の配置の高さを変えたときに伸びた平板導体部では、互いに流れる電流の方向が逆になる。この結果、電流が作る磁場が打ち消し合うため、寄生インダクタンスを小さくすることができる。

30

40

【0147】

図32(B)には、パワーモジュール側の直流端子対とコンデンサ側の直流端子対の接続部について、その詳細を示した断面図である。パワーモジュール側の直流端子対は、平板導体である正極端子IT1Pと負極端子IT1Nとが絶縁物1288を介して積層して構成されている。正極端子IT1P及び負極端子IT1Nは、それらの先端部において互いに反対方向に屈曲している。屈曲した先は、コンデンサ側の直流端子対を構成する正極端子1424P及び負極端子1424Nと電気的に接続された接続面となる。この接続面において、パワーモジュール側の直流端子対とコンデンサ側の直流端子対は、ねじで固定される。

【0148】

50

コンデンサ側の直流端子対は、平板導体である正極端子1424Pと負極端子1424Nとが絶縁シート1289を介して積層して構成されている。ここで、パワーモジュール側の直流端子対における絶縁物1288は、沿面距離を確保するため、周囲の樹脂部の高さより突出して形成されている。このため、パワーモジュール側の絶縁物1288とコンデンサ側の絶縁シート1289とは、その先端部において互いに重なっている。

【0149】

図32(C)乃至図32(G)は、図32(B)で示した接続構造の他の実施形態である。いずれも、沿面距離を確保するため、絶縁物1288と絶縁シート1289の構成を工夫している。

【0150】

図32(C)は、パワーモジュール側の絶縁物1288の先端部において、2つの突起が形成された構造を示している。コンデンサ側の絶縁シート1289の先端部は、絶縁物1288の2つの突起の間に配置されている。すなわち、この場合でも、パワーモジュール側の絶縁物1288とコンデンサ側の絶縁シート1289とは、その先端部において互いに重なった構成となる。

【0151】

スイッチング時の端子部の電流経路を図32(c)に破線で示す。図で示すように、接続部では、同極性の電流が打ち消しあい、絶縁物を介した積層部では異極性の電流が打ち消し合う。このため、電流が作る磁束が打ち消しあい、接続部での寄生インダクタンスを小さくすることが出来る。

【0152】

図32(D)は、パワーモジュール側の絶縁物1288が、その先端部において、正極端子IT1P側に屈曲した構成を示している。屈曲した絶縁物1288を収めるため、正極端子IT1Pは、コンデンサ側の正極端子1424Pとの接触部以外に平面部を設け、その平面部に屈曲した絶縁物1288の先端部を収めるとともに、接続面より内側に絶縁物の面を持ってくる。このような構造をとることで、接続時に絶縁物に応力が加わることによる、割れ、亀裂による劣化を避けることができる。

【0153】

また、コンデンサ側の絶縁シート1289の先端部も、正極端子1424P側に屈曲している。この結果、パワーモジュール側の絶縁物1288とコンデンサ側の絶縁シート1289とは、その先端部において互いに重なった構成となっている。接続時に絶縁物が重なることで、接続時の絶縁性を2重に確保している。なお、正負を逆にした構成でも可能である。

【0154】

図32(E)は、パワーモジュール側の正極端子IT1Pと負極端子IT1Nとの先端部の高さを変えた構成を示している。本図では、負極端子IT1Nが正極端子IT1Pより高い位置にくるように構成している。これに伴い、絶縁物1288の先端部は、負極端子IT1N側において突出している。また、コンデンサ側の絶縁シート1289は、正極端子1424Pの屈曲部まで延びており、その絶縁シート1289の先端部は、絶縁物1288のない正極端子IT1P側に位置している。この結果、パワーモジュール側の絶縁物1288とコンデンサ側の絶縁シート1289とは、その先端部において互いに重なった構成となっている。コンデンサ端子対の間の絶縁物の厚さとモジュール端子対の間の絶縁物を重ねたときの厚さが、コンデンサ、モジュールのどちらかの大きいほうの端子間の絶縁物の厚さより薄くする。このようにすると、接続時に、絶縁物に応力が加わり、割れ、亀裂による劣化を避けることができる。なお、正負を逆にした構成でも可能である。

【0155】

図32(F)は、パワーモジュール側の絶縁物1288の先端を周囲の樹脂部の高さより高くした構成を示している。絶縁物1288の先端部は、負極端子IT1N側において、周囲の樹脂部の高さより高い位置まで延びている。一方、正極端子IT1P側においては、周囲の樹脂部より低い位置にある。また、コンデンサ側の絶縁シート1289は、パ

10

20

30

40

50

ワーモジュール側の正極端子 1 4 2 4 P の位置まで延びている。この結果、パワーモジュール側の絶縁物 1 2 8 8 とコンデンサ側の絶縁シート 1 2 8 9 とは、その先端部において互いに重なった構成となっている。なお、正負を逆にした構成でも可能である。

【 0 1 5 6 】

図 3 2 (G) は、パワーモジュール側の構成は、図 3 2 (D) と同様であるが、コンデンサ側の構成が図 3 2 (D) とは異なる。本図では、絶縁シート 1 2 8 9 の先端部は、負極端子 1 4 2 4 N 側に屈曲している。すなわち、絶縁物 1 2 8 8 の屈曲方向とは反対側に屈曲している。この場合でも、パワーモジュール側の絶縁物 1 2 8 8 とコンデンサ側の絶縁シート 1 2 8 9 とは、その先端部において互いに重なった構成となる。なお、正負を逆した構成でも可能である。

10

【 0 1 5 7 】

また、絶縁物 1 2 8 8 は、周囲の樹脂部と同様な樹脂で形成されているが、特にこれに限られず、コンデンサ側と同様な絶縁シートを樹脂の代わりに用いることもできる。つまり、端子間から絶縁シートが飛び出した形になる。絶縁シートを用いた場合、樹脂などの成型した絶縁物を積層した導体で構成する端子対よりも積層導体間の距離が縮まるため、寄生インダクタンスをさらに小さくすることができる。

【 0 1 5 8 】

端子と絶縁シートを樹脂に埋め込んだ端子と絶縁シートが一体の樹脂ケースを作る方法の他に、樹脂ケースを先に作っておき、端子と絶縁シートを後から挿入する形が実現できる。この場合、端子と絶縁基板の配線パターンとの接続に、はんだを介した接続や、端子の金属と絶縁基板の配線パターン金属を超音波、溶接などの金属どうしを直接接合する接続するときに、接続面の高さ調節が、樹脂ケースと端子が独立しているため、容易になる。

20

【 0 1 5 9 】

図 3 3 (A) は更に他の実施例であり、パワーモジュール 5 0 0 と水路形成体 2 2 0 とコンデンサモジュール 3 0 0 とを一体として構造である。水路形成体 2 2 0 の両側にパワーモジュール 5 0 0 とコンデンサモジュール 3 0 0 とが配置されており、幅広の導体と絶縁シートの積層構造の導体 1 5 0 2 でこれらの直流端子が接続されている。図 3 3 (B) が一体構造であり、水路形成体 2 2 0 の脇に前記積層導体が位置し、これらを接続している。図 3 3 (C) がその断面図である。パワーモジュールとコンデンサの間に冷却用の水路形成体を挟み込むことで、パワーモジュールとコンデンサの両方とも、効率の良い放熱とインダクタンス低減に基づく発熱の低減が可能となり、信頼性が向上する。コンデンサモジュール 3 0 0 は、絶縁物を挟んで 2 枚の平板導体を積層した平板導体 3 0 1 上に、コンデンサ素子 3 0 2 が配線されている。コンデンサモジュール 3 0 0 の端子は、平板導体 3 0 1 の端部を積層導体のまま折り曲げ、最後に互い逆方向に折り曲げることにより形成される。

30

【 0 1 6 0 】

図 3 4 はパワーモジュール 5 0 0 の端子の他の実施例で、チップ側接続部 1 0 3 2 と 1 0 3 4 を複数のリード構造としたものである。チップ側接続部 1 0 3 2 と 1 0 3 4 K 先端は互いに逆方向に曲げられており、半田などで接続される。

40

【 0 1 6 1 】

図 3 5 (A) と (B) はさらに他の実施例である。正極の幅広導体 I T 1 P と負極の幅広導体 I T 1 N が間に絶縁物 1 2 8 8 を挟んだ積層構造をなしている。これら端子のチップ側接続部 1 0 3 2 と 1 0 3 4 が複数のリード構造となっており、半田接続あるいは超音波接続でチップ側導体と接続する。図 3 5 (A) と (B) はさらに他の実施例で端子の曲がり方がやや異なっているが作用効果は同じである。

【 0 1 6 2 】

図 3 6 (A) および図 3 6 (B) は、それぞれ、パワーモジュールの直流端子対における他の実施形態を示した斜視図および分解図である。本図の直流端子対は、正極端子 I T 1 P と負極端子 I T 1 N との間に、絶縁シート 1 2 8 9 を介在させている。本図のように、

50

パワーモジュール側の直流端子対にもコンデンサ側と同様な絶縁シート1289を適用することにより、樹脂材の絶縁物1288を用いた場合と比べて、正極端子IT1Pと負極端子IT1Nとの間の距離を狭くすることができる。このため、パワーモジュール部におけるインダクタンスをさらに低減させることが可能になる。

【0163】

図36(C)は、図36(A)のC-Cで切断した面を示した断面図である。正極端子IT1P及び負極端子IT1Nは、金型で打ち抜いて形成されるが、これらは、金型で打ち抜いたときにできるダレ面1300とかえり面1400が存在する。かえり面は、鋭利な端部を有しているため、絶縁シート1289側を傷つける可能性がある。このため、各端子のダレ面を絶縁シート1289側に持ってくるのが好ましい。各端子のズレ等により、かえり面により絶縁シート1289が傷つくことを防止することができる。結果として、正負直流端子対における絶縁性の信頼性を高めることが可能になる。

10

【0164】

絶縁シート1289は、パワーモジュールのケース成型時に内蔵する場合、成型時の300程度の熱で溶けないように、高温での耐久性が良好なポリアミドイミド等の高耐熱シートを用いることが好ましい。また、パワーモジュール成型後に端子間に絶縁シートを挿入する場合は、比較的安価で、半導体の最大ジャンクション温度150以上に耐えることができるメタ系アラミド繊維(～260)を用いることができる。

【0165】

なお、絶縁シート1289は、50 μ m以下にすることで、端子が内部で折れ曲がった構造のときに、折り曲げ部での絶縁シートの端子への接着性を向上させることができる。

20

【0166】

以上の構造により、モジュールとコンデンサを合わせ、主回路インダクタンスを30nH以下に低減させることができる。また、窒化ケイ素等の薄い絶縁基板を用いれば、例えば20nH以下のようにインダクタンスをさらに低減させることができる。このため、例えばインバータの半導体チップのスイッチング時間(導通状態から遮断状態への切り替わりにかかる時間)を2 μ s以下、さらには1.2 μ s以下に、さらに短く1 μ s以下にしても電圧の上昇を許容範囲に抑えることが可能となる。なお、このときの通常の直流電圧は300V乃至600Vである。結果として、最大電流変化(di/dt)を2kA/ μ s、好ましくは、4kA/ μ s以上にしても動作させることが可能になる。

30

【0167】

このように半導体チップのスイッチングを速くし、スイッチング時間を短くすることで、スイッチング時の半導体チップの発熱を低減することが可能となり、半導体チップのシリコンの面積を小さい、低価格のインバータを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0168】

【図1】本発明による電力変換装置が備えられる電気自動車の一実施例を示すシステム図。

【図2】本発明による電力変換装置の分解斜視図。

【図3】本発明による電力変換装置の分解斜視図であって、図2の場合とは異なった方向から見た図。

40

【図4】本発明による電力変換装置の分解斜視図であって、図2あるいは図3の場合とは異なった方向から見た図。

【図5】本発明による電力変換装置の一実施例を示す外観斜視図。

【図6】本発明による電力変換装置の一実施例を正面壁面側から見た図。

【図7】本発明による電力変換装置の一実施例を示す側面図で、端子ボックスが取り付けられた側から見た図。

【図8】図5のI-I線における断面図。

【図9】本発明による電力変換装置において、そのハウジングの内部にパワーモジュールとスイッチ駆動回路基板を配置した状態を示す図。

50

【図10】本発明による電力変換装置において、そのハウジングの内部にコンデンサモジュールを配置させた状態を示す図。

【図11】本発明による電力変換装置において、前記ハウジングの内部に回転電機制御回路基板を配置した図。

【図12】本発明による電力変換装置において、前記ハウジングの水路形成体の蓋を取り外し、底側から上部を見た図。

【図13(A)】前記水路形成体の蓋を示す図で、蓋の平面図。

【図13(B)】前記水路形成体の蓋を示す図で、蓋の側面図。

【図14】図12のII-II断面図。

【図15】図14のIII-III断面図。

10

【図16】本実施例におけるパワーモジュールの樹脂蓋を取り除いた図。

【図17】本実施例におけるパワーモジュールのフィン側から見た図。

【図18】図16のIV-IV断面図。

【図19】図18の他の実施例を示すパワーモジュールの断面図。

【図20(A)】本実施例におけるパワーモジュールの外観図で、平面図。

【図20(B)】本実施例におけるパワーモジュールの外観図で、側面図。

【図20(C)】本実施例におけるパワーモジュールの外観図で、正面図。

【図21】本実施例におけるパワーモジュールの配置図。

【図22】本実施例における回路図。

【図23】本発明の第2の実施例に係る電力変換装置の構成を示す断面図。

20

【図24】第2実施例の電力変換装置の水路の上部の平面図。

【図25】第2実施例の電力変換装置の側面図。

【図26】第2実施例の電力変換装置の側面図。

【図27】第2実施例の電力変換装置の側面図。

【図28】本実施例における半導体パワーモジュールの内部構造を示す図

【図29(A)】図28の半導体パワーモジュールの部分拡大図。

【図29(B)】図29(A)におけるケースを取り除いた状態を示す部分拡大図。

【図29(C)】直流端子部の断面図。

【図30(A)】本実施例における端子構造を示す図。

【図30(B)】本実施例における端子構造の他の実施形態を示す図。

30

【図30(C)】本実施例における端子構造の他の実施形態を示す図。

【図31(A)】本実施例における半導体パワーモジュールの他の実施形態を示す部分拡大図。

【図31(B)】直流端子部の断面図。

【図32(A)】本実施例における半導体パワーモジュールとコンデンサとの接続部を示す図。

【図32(B)】接続部の要部断面図。

【図32(C)】接続部における他の実施形態の要部断面図。

【図32(D)】接続部における他の実施形態の要部断面図。

【図32(E)】接続部における他の実施形態の要部断面図。

40

【図32(F)】接続部における他の実施形態の要部断面図。

【図32(G)】接続部における他の実施形態の要部断面図。

【図33(A)】本実施例における電力変換装置の他の実施形態を示す分解図。

【図33(B)】図33(A)の実施形態を示す一体構成図。

【図33(C)】図33(B)の電力変換装置の断面図。

【図34】本実施例における端子構造の他の実施形態を示す図。

【図35(A)】本実施例における積層構造の他の実施形態を示す図。

【図35(B)】本実施例における積層構造のさらなる他の実施形態を示す図。

【図36(A)】パワーモジュールの直流端子対における他の実施形態を示した斜視図。

【図36(B)】図36(A)の分解図。

50

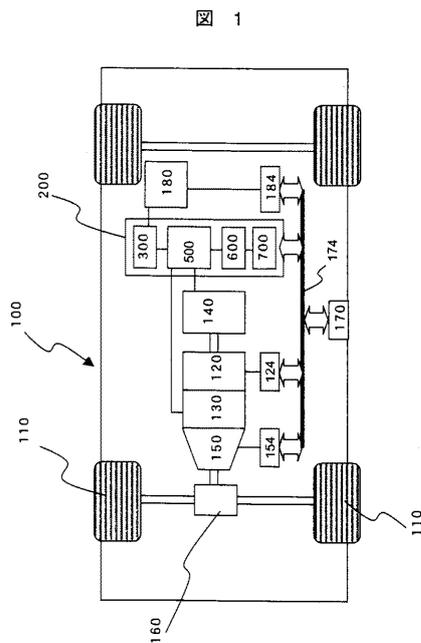
【図36(C)】図36(A)のC-Cで切断した断面図。

【符号の説明】

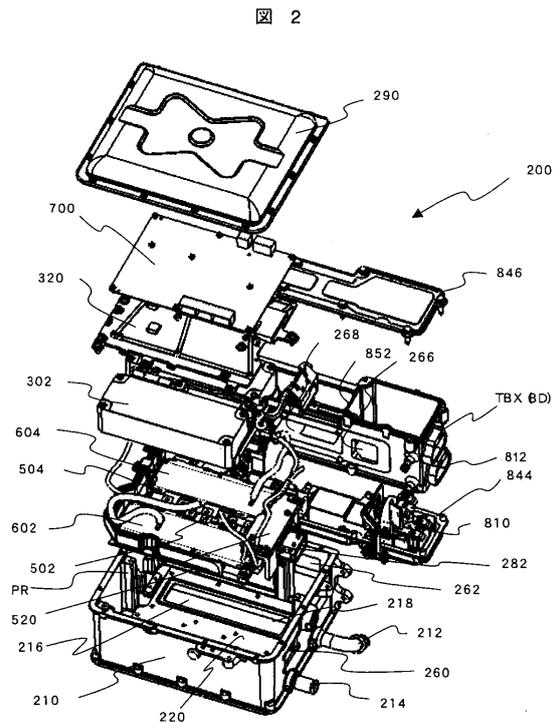
【0169】

10...上部ケース、11...第1のベース、12...第2のベース、13...下部ケース、
22, 956...絶縁基板、23, 944...金属ベース、24...樹脂ケース、100...電気
自動車、180...バッテリー、200...電力変換装置、218, 219...開口、300...コ
ンデンサモジュール、502, 504...パワーモジュール、506, 507...放熱フィン
、922, 926...水路、924...折り返し通路、948...ロー材、958, 962...半
田、1288...絶縁物、1289...絶縁シート。

【図1】

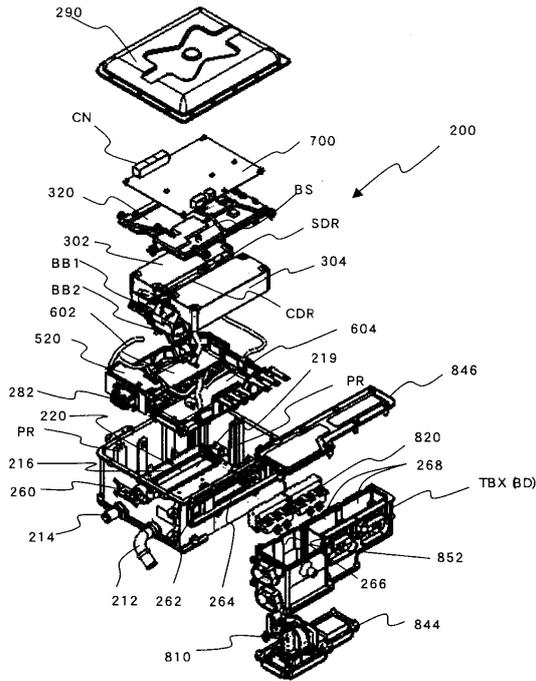


【図2】



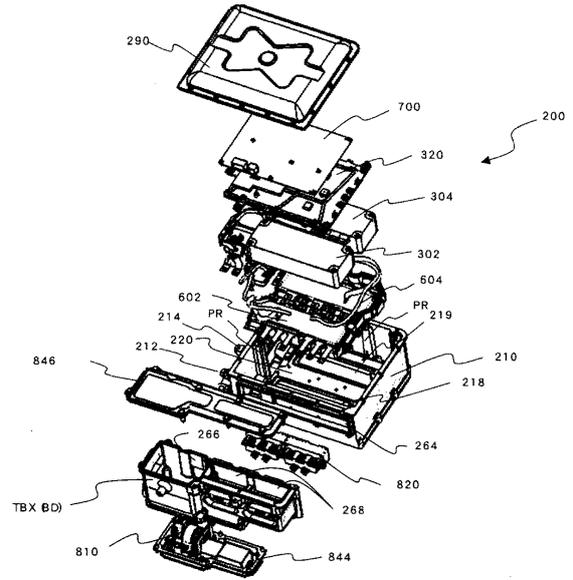
【図3】

図 3



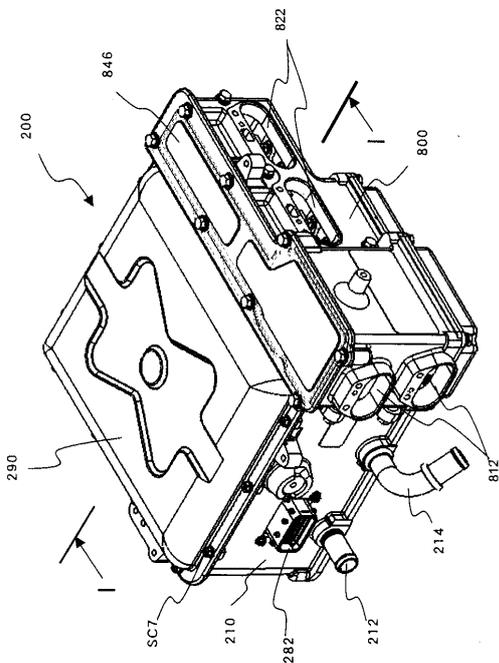
【図4】

図 4



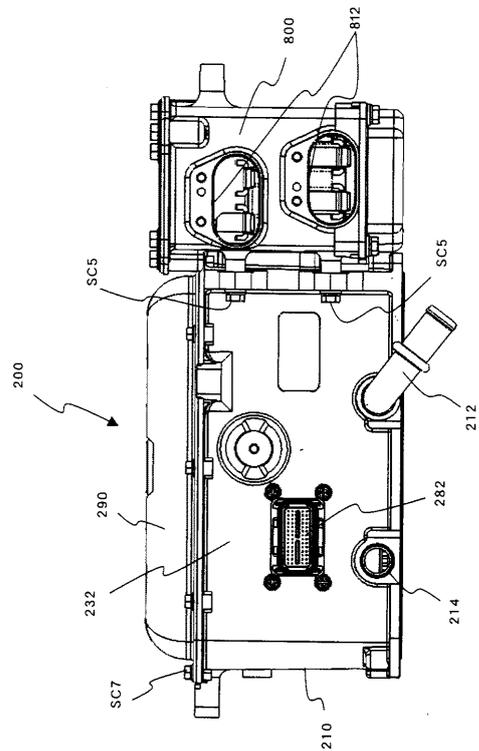
【図5】

図 5

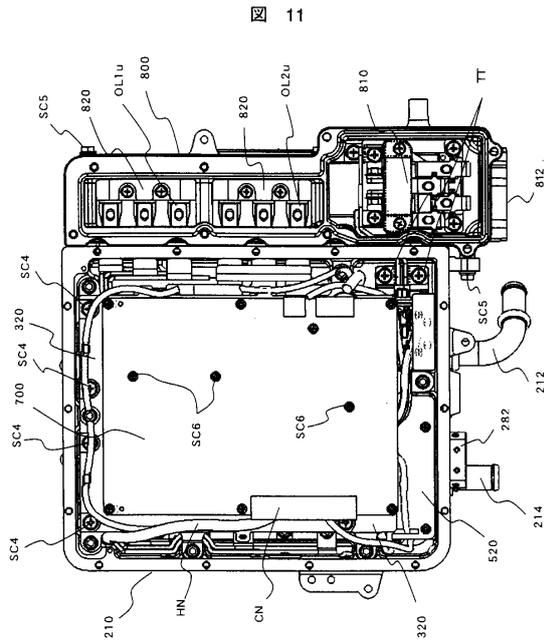


【図6】

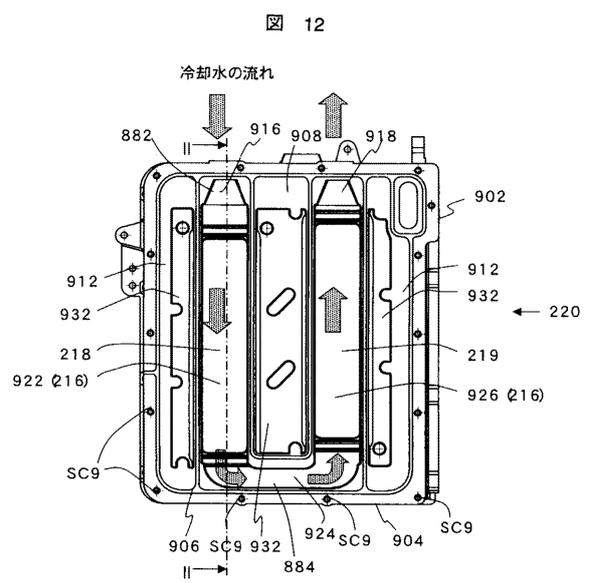
図 6



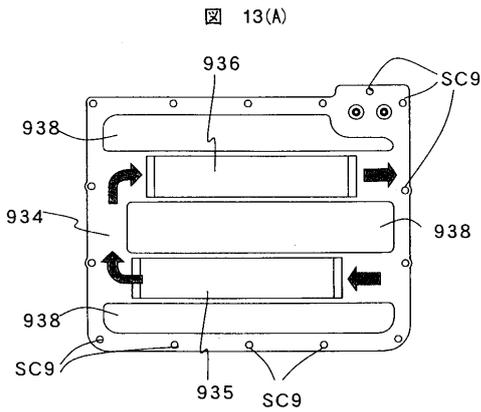
【 図 1 1 】



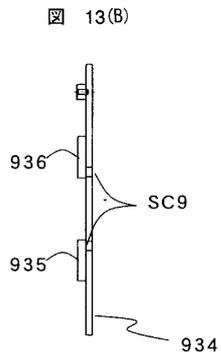
【 図 1 2 】



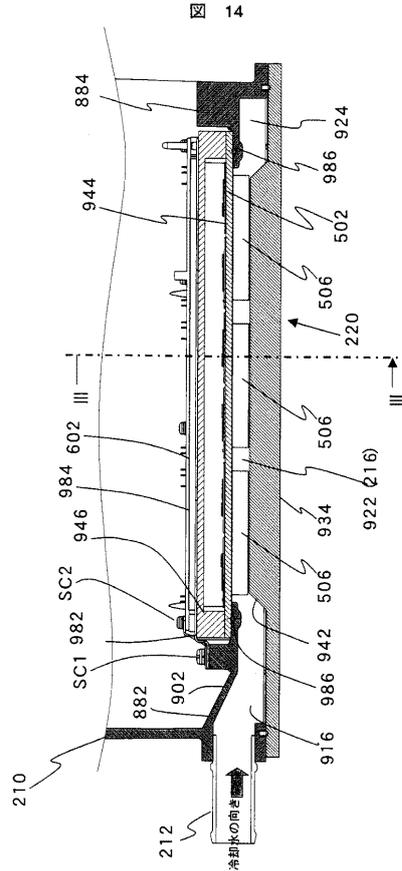
【 図 1 3 (A) 】



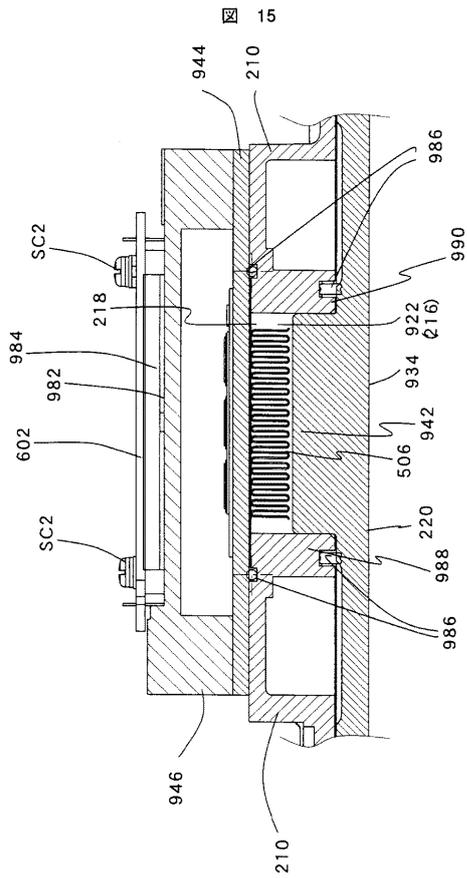
【 図 1 3 (B) 】



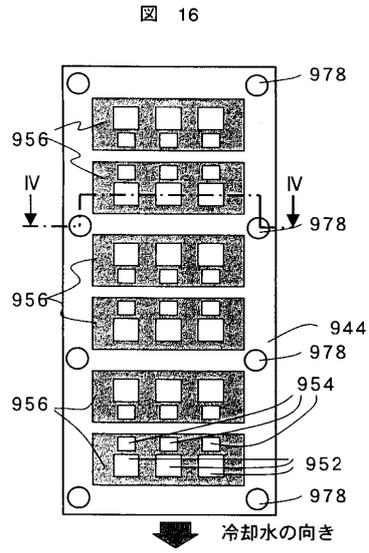
【 図 1 4 】



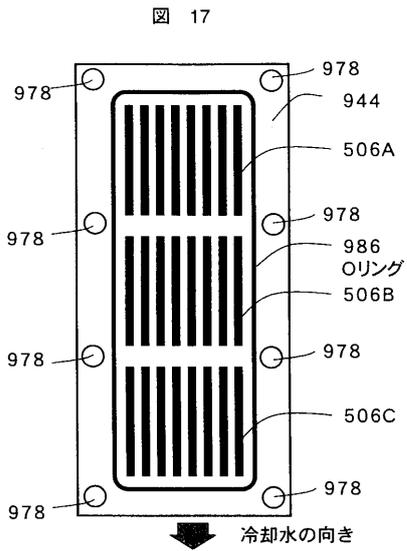
【図15】



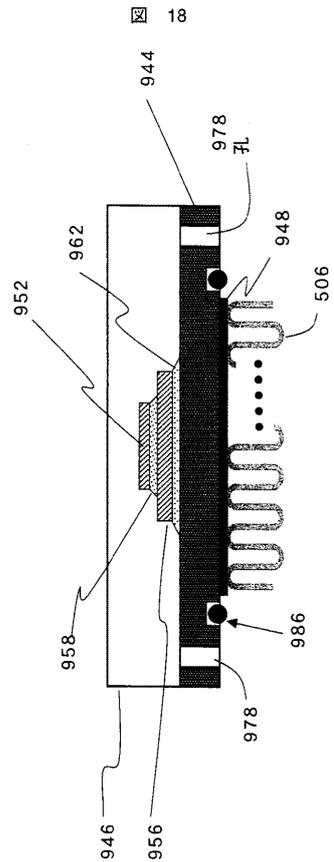
【図16】



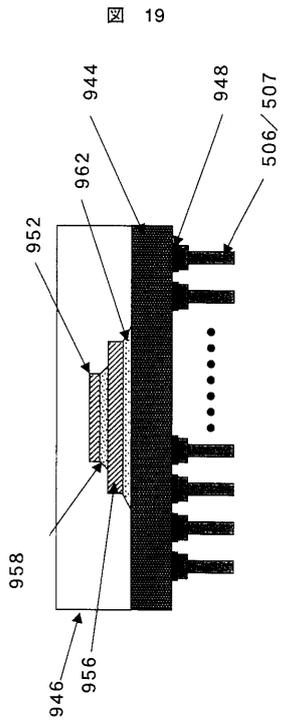
【図17】



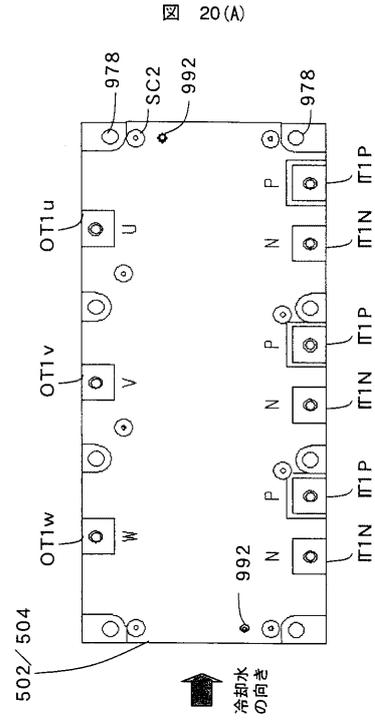
【図18】



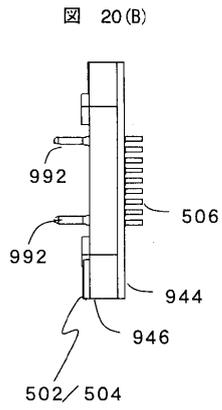
【図19】



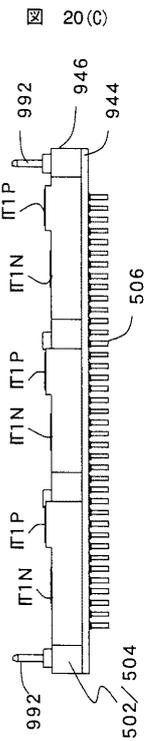
【図20(A)】



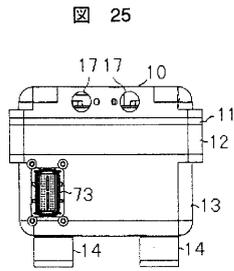
【図20(B)】



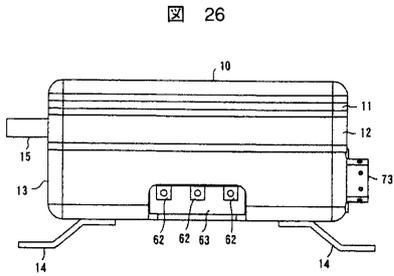
【図20(C)】



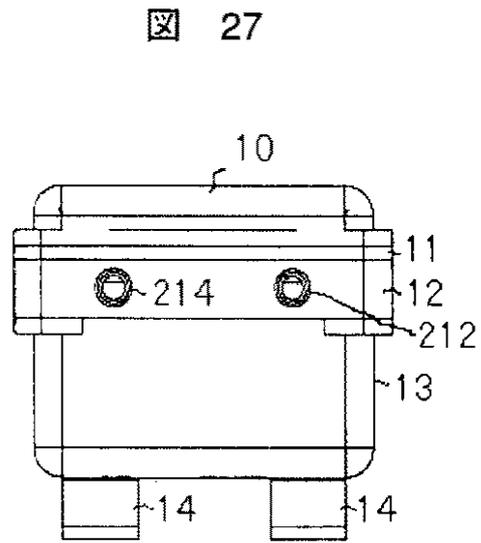
【図 25】



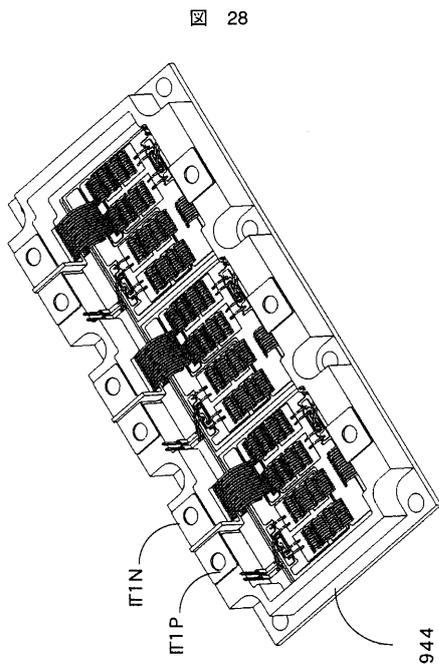
【図 26】



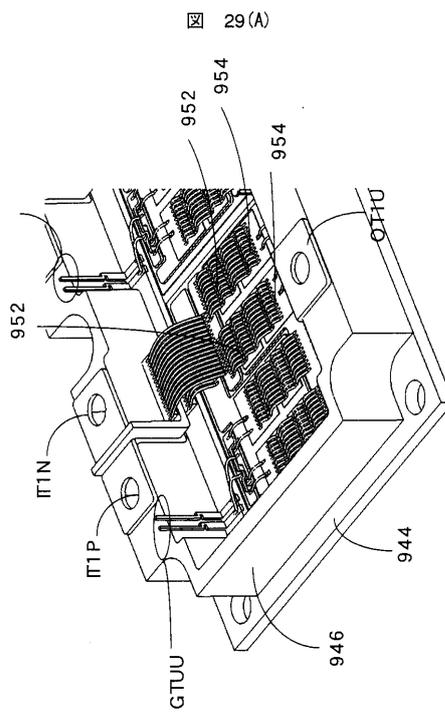
【図 27】



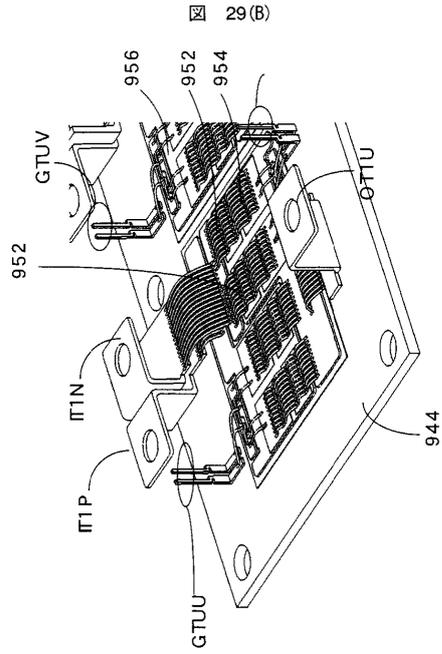
【図 28】



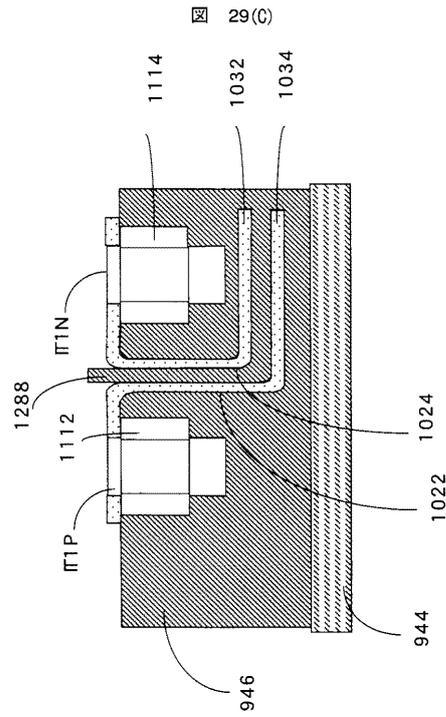
【図 29 (A)】



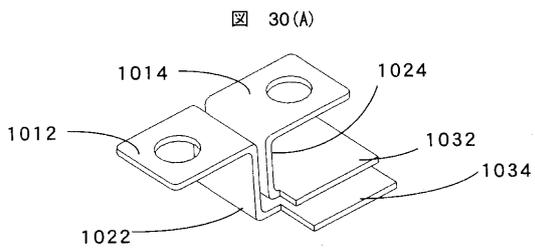
【図 29 (B)】



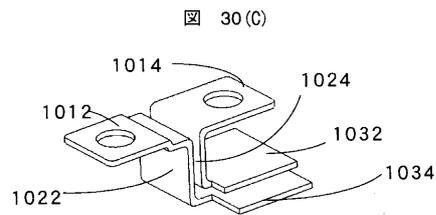
【図 29 (C)】



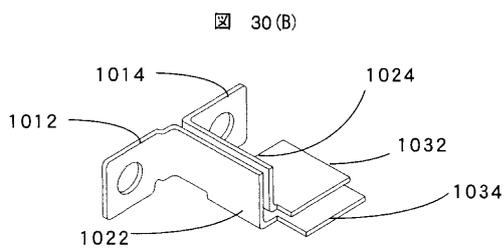
【図 30 (A)】



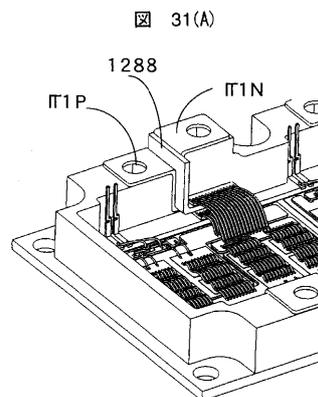
【図 30 (C)】



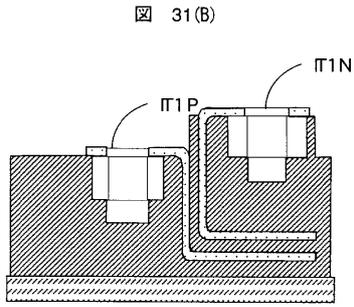
【図 30 (B)】



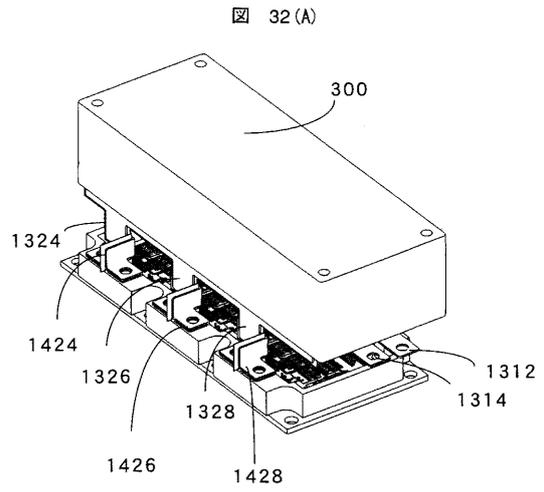
【図 31 (A)】



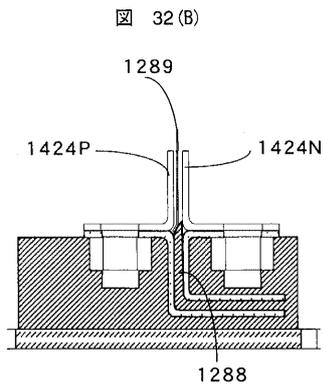
【図 3 1 (B)】



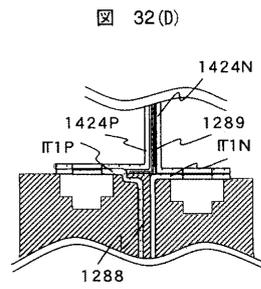
【図 3 2 (A)】



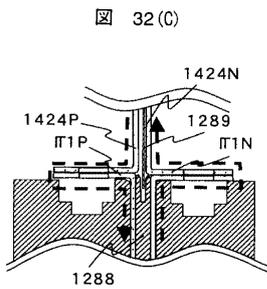
【図 3 2 (B)】



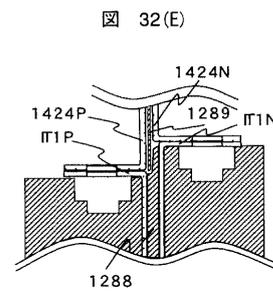
【図 3 2 (D)】



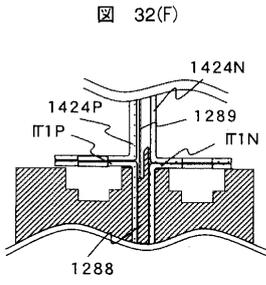
【図 3 2 (C)】



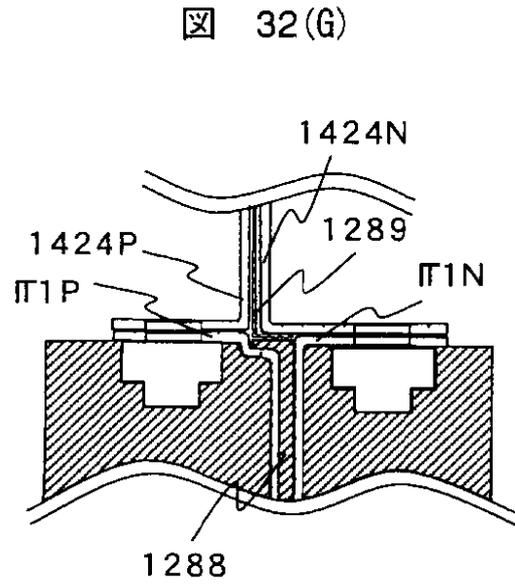
【図 3 2 (E)】



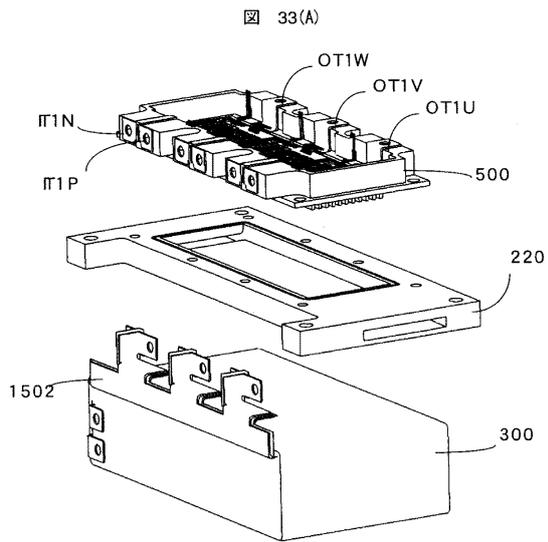
【図32(F)】



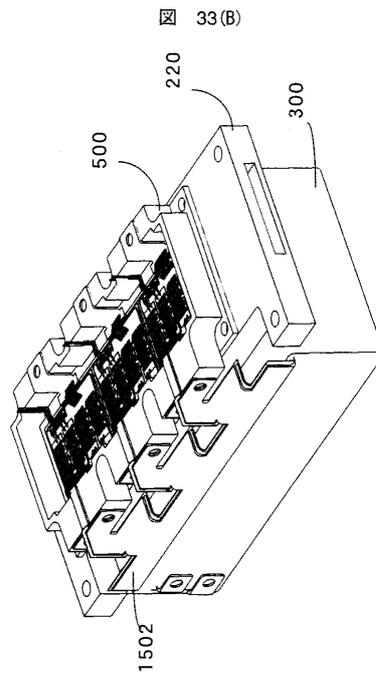
【図32(G)】



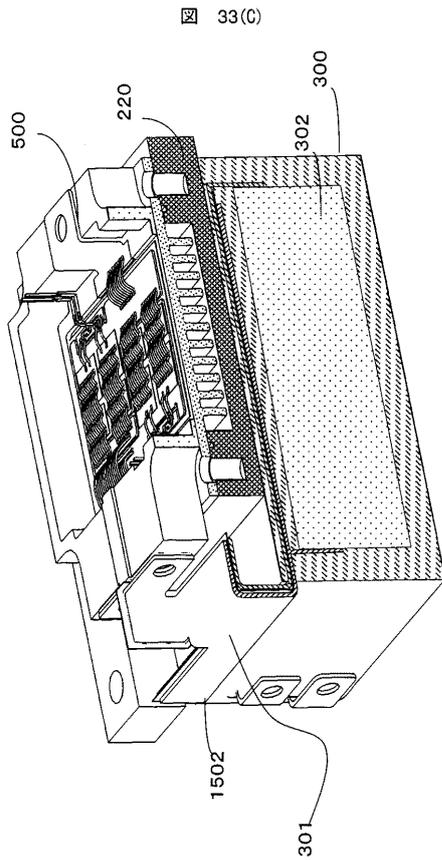
【図33(A)】



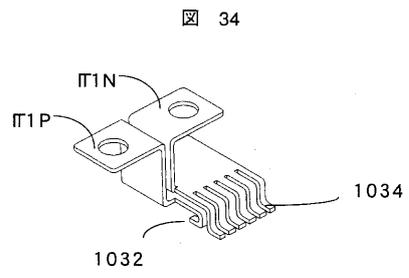
【図33(B)】



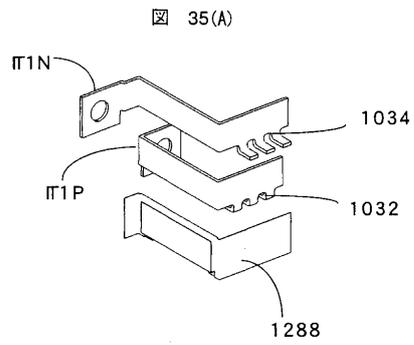
【図 33 (C)】



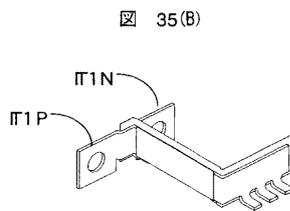
【図 34】



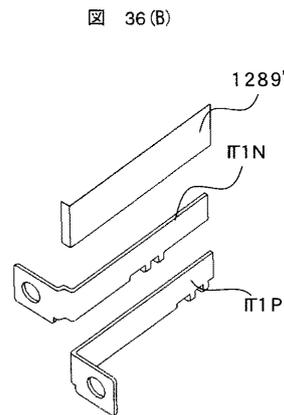
【図 35 (A)】



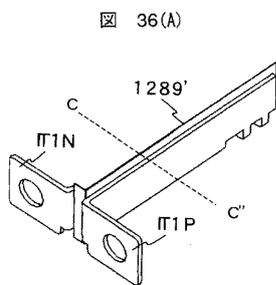
【図 35 (B)】



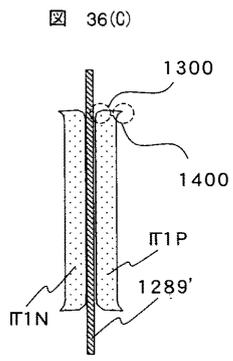
【図 36 (B)】



【図 36 (A)】



【 36 (C)】



フロントページの続き

(72)発明者 中津 欣也

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内

株式会社 日立製作所 日立研究

審査官 松本 泰典

(56)参考文献 特開2005-347561(JP,A)

特開2002-044964(JP,A)

特開平10-303349(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02M 7/48

H01L 23/427

H02M 7/5387