

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7264143号  
(P7264143)

(45)発行日 令和5年4月25日(2023.4.25)

(24)登録日 令和5年4月17日(2023.4.17)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 1 L	23/473 (2006.01)	H 0 1 L	23/46	Z
H 0 1 L	25/07 (2006.01)	H 0 1 L	25/04	C
H 0 1 L	25/18 (2023.01)	H 0 2 M	7/48	Z
H 0 2 M	7/48 (2007.01)			

請求項の数 18 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-188867(P2020-188867)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	令和2年11月12日(2020.11.12)	(74)代理人	100106149 弁理士 矢作 和行
(65)公開番号	特開2022-77833(P2022-77833A)	(74)代理人	100121991 弁理士 野々部 泰平
(43)公開日	令和4年5月24日(2022.5.24)	(74)代理人	100145595 弁理士 久保 貴則
審査請求日	令和4年9月12日(2022.9.12)	(72)発明者	山平 優 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
		(72)発明者	増本 将士 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体モジュール、および、それを含むパワーモジュール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷却器(700)に設けられる第1半導体部品(610)と第2半導体部品(620)を有し、

前記第1半導体部品は、第1スイッチ素子(521)の形成された第1半導体チップ(520)と、前記第1半導体チップの設けられる第1放熱板(551, 552)と、を備え、

前記第2半導体部品は、第2スイッチ素子(531)の形成された第2半導体チップ(530)と、前記第2半導体チップの設けられる第2放熱板(553, 554)と、を備え、

前記第1半導体チップは前記第2半導体チップよりも体格が小さく、

前記第1半導体チップにおける前記第1放熱板との間の熱伝導に寄与する第1熱伝導面(520a, 520b)は、前記第2半導体チップにおける前記第2放熱板との間の熱伝導に寄与する第2熱伝導面(530a, 530b)よりも面積が狭く、

前記冷却器における前記第1半導体部品の設けられる第1領域(700a)は、前記冷却器における前記第2半導体部品の設けられる第2領域(700b)よりも冷却性能が高くなっている半導体モジュール。

【請求項2】

前記第1スイッチ素子は、電源(200)の備える正極と負極のうち的一方に電氣的に接続され、

前記第 2 スイッチ素子は、前記正極と前記負極のうちの他方に電氣的に接続される請求項 1 に記載の半導体モジュール。

【請求項 3】

前記第 1 スイッチ素子と前記第 2 スイッチ素子とは前記正極と前記負極との間で電氣的に直列接続されている請求項 2 に記載の半導体モジュール。

【請求項 4】

前記第 1 半導体部品と前記第 2 半導体部品それぞれは前記第 1 半導体チップと前記第 2 半導体チップそれぞれを被覆保護する被覆樹脂 ( 5 4 0 ) を共有している請求項 2 または請求項 3 に記載の半導体モジュール。

【請求項 5】

前記第 1 半導体部品は、前記第 1 スイッチ素子と並列接続されるとともに、前記第 1 スイッチ素子とともに前記第 1 半導体チップに形成される第 1 還流ダイオード ( 5 2 1 a ) を有し、

前記第 2 半導体部品は、前記第 2 スイッチ素子と並列接続されるとともに、前記第 2 スイッチ素子とともに前記第 2 半導体チップに形成される第 2 還流ダイオード ( 5 3 1 a ) を有する請求項 2 ~ 4 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 6】

前記第 1 半導体チップと前記第 2 半導体チップそれぞれとは別体の半導体チップに形成されたダイオードが前記第 1 スイッチ素子と前記第 2 スイッチ素子のいずれにも接続されていない請求項 5 に記載の半導体モジュール。

【請求項 7】

前記第 1 スイッチ素子と前記第 2 スイッチ素子は同一種類のトランジスタである請求項 1 ~ 6 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 8】

前記第 1 スイッチ素子と前記第 2 スイッチ素子それぞれの形成材料は、S i C 若しくは G a N である請求項 1 ~ 7 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 9】

通電によって前記第 1 スイッチ素子で生じる発熱量は、通電によって前記第 2 スイッチ素子で生じる発熱量以下である請求項 1 ~ 8 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 10】

通電状態の前記第 1 スイッチ素子の電気抵抗は、通電状態の前記第 2 スイッチ素子の電気抵抗以下である請求項 9 に記載の半導体モジュール。

【請求項 11】

前記第 1 スイッチ素子のスイッチング速度は、前記第 2 スイッチ素子のスイッチング速度以下である請求項 9 または請求項 10 に記載の半導体モジュール。

【請求項 12】

前記冷却器は冷媒の供給される供給口 ( 7 1 0 a ) と、前記冷媒の排出される排出口 ( 7 2 0 a ) と、前記供給口と前記排出口とを結ぶ流通経路 ( 7 0 1 ) と、を備え、

前記流通経路において前記第 1 領域は前記第 2 領域よりも前記供給口側に位置している請求項 1 ~ 11 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 13】

前記第 1 熱伝導面と前記第 2 熱伝導面それぞれは複数に分かれている請求項 12 に記載の半導体モジュール。

【請求項 14】

前記冷却器は、前記供給口を備える供給管 ( 7 1 0 ) と、前記排出口を備える排出管 ( 7 2 0 ) と、前記供給管と前記排出管とを連結する複数の中継管 ( 7 3 0 ) と、を備え、複数の前記中継管に前記第 1 領域と前記第 2 領域それぞれが含まれている請求項 13 に記載の半導体モジュール。

【請求項 15】

複数の前記中継管は、前記供給口から遠ざかる離間方向に離間して並んでおり、

10

20

30

40

50

前記第 1 半導体部品と前記第 2 半導体部品それぞれは、前記離間方向で隣り合って並ぶ 2 つの前記中継管の間隙に設けられている請求項 1 4 に記載の半導体モジュール。

【請求項 1 6】

複数の前記中継管は、前記供給口から遠ざかる離間方向に離間して並んでおり、前記第 1 半導体部品の設けられる隙間は、前記第 2 半導体部品の設けられる隙間よりも、前記流通経路において前記供給口側に位置している請求項 1 4 に記載の半導体モジュール。

【請求項 1 7】

前記冷却器は、冷媒の供給される供給口 ( 7 1 0 a ) を備える供給管 ( 7 1 0 ) と、前記冷媒の排出される排出口 ( 7 2 0 a ) を備える排出管 ( 7 2 0 ) と、前記供給管と前記排出管とを連結するとともに前記供給口から遠ざかる離間方向に離間して並ぶ複数の中継管 ( 7 3 0 ) と、を備え、

10

前記離間方向で隣り合って並ぶ 2 つの前記中継管によって区画される隙間が少なくとも 3 つ構成され、

前記第 1 半導体部品は前記離間方向で並ぶ少なくとも 3 つの前記隙間のうちの端に位置する前記隙間に設けられ、前記第 2 半導体部品は前記離間方向で並ぶ少なくとも 3 つの前記隙間のうちの内側に位置する前記隙間に設けられている請求項 1 ~ 1 1 いずれか 1 項に記載の半導体モジュール。

【請求項 1 8】

冷却器 ( 7 0 0 ) と、

20

前記冷却器に設けられる第 1 半導体部品 ( 6 1 0 ) と第 2 半導体部品 ( 6 2 0 ) を有する半導体モジュール ( 5 1 1 ~ 5 1 3 ) と、を備え、

前記第 1 半導体部品は、第 1 スイッチ素子 ( 5 2 1 ) の形成された第 1 半導体チップ ( 5 2 0 ) と、前記第 1 半導体チップの設けられる第 1 放熱板 ( 5 5 1 , 5 5 2 ) と、を備え、

前記第 2 半導体部品は、第 2 スイッチ素子 ( 5 3 1 ) の形成された第 2 半導体チップ ( 5 3 0 ) と、前記第 2 半導体チップの設けられる第 2 放熱板 ( 5 5 3 , 5 5 4 ) と、を備え、

前記第 1 半導体チップは前記第 2 半導体チップよりも体格が小さく、

前記第 1 半導体チップにおける前記第 1 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 1 熱伝導面 ( 5 2 0 a , 5 2 0 b ) は、前記第 2 半導体チップにおける前記第 2 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 2 熱伝導面 ( 5 3 0 a , 5 3 0 b ) よりも面積が狭く、

30

前記冷却器における前記第 1 半導体部品の設けられる第 1 領域 ( 7 0 0 a ) は、前記冷却器における前記第 2 半導体部品の設けられる第 2 領域 ( 7 0 0 b ) よりも冷却性能が高くなっているパワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本明細書に記載の開示は、半導体モジュール、および、それを含むパワーモジュールに関するものである。

40

【背景技術】

【0 0 0 2】

特許文献 1 に示されるように、電力変換回路が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 3】

【文献】特開 2 0 0 7 - 3 0 5 8 3 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

50

電力変換回路には複数の半導体部品が含まれている。複数の半導体部品それぞれは通電によって昇温する。複数の半導体部品それぞれの例えば冷却器などとの熱交換量にばらつきがあると、複数の半導体部品の温度差が高まる虞がある。

【 0 0 0 5 】

そこで本明細書に記載の開示は、複数の半導体部品の温度差が高まることの抑制された半導体モジュール、および、それを含むパワーモジュール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】

【 0 0 0 6 】

本開示の一態様による半導体モジュールは、冷却器（ 7 0 0 ）に設けられる第 1 半導体部品（ 6 1 0 ）と第 2 半導体部品（ 6 2 0 ）を有し、

第 1 半導体部品は、第 1 スイッチ素子（ 5 2 1 ）の形成された第 1 半導体チップ（ 5 2 0 ）と、第 1 半導体チップの設けられる第 1 放熱板（ 5 5 1 , 5 5 2 ）と、を備え、

第 2 半導体部品は、第 2 スイッチ素子（ 5 3 1 ）の形成された第 2 半導体チップ（ 5 3 0 ）と、第 2 半導体チップの設けられる第 2 放熱板（ 5 5 3 , 5 5 4 ）と、を備え、

第 1 半導体チップは第 2 半導体チップよりも体格が小さく、

第 1 半導体チップにおける第 1 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 1 熱伝導面（ 5 2 0 a , 5 2 0 b ）は、第 2 半導体チップにおける第 2 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 2 熱伝導面（ 5 3 0 a , 5 3 0 b ）よりも面積が狭く、

冷却器における第 1 半導体部品の設けられる第 1 領域（ 7 0 0 a ）は、冷却器における第 2 半導体部品の設けられる第 2 領域（ 7 0 0 b ）よりも冷却性能が高くなっている。

【 0 0 0 7 】

本開示の一態様によるパワーモジュールは、冷却器（ 7 0 0 ）と、

冷却器に設けられる第 1 半導体部品（ 6 1 0 ）と第 2 半導体部品（ 6 2 0 ）を有する半導体モジュール（ 5 1 1 ~ 5 1 3 ）と、を備え、

第 1 半導体部品は、第 1 スイッチ素子（ 5 2 1 ）の形成された第 1 半導体チップ（ 5 2 0 ）と、第 1 半導体チップの設けられる第 1 放熱板（ 5 5 1 , 5 5 2 ）と、を備え、

第 2 半導体部品は、第 2 スイッチ素子（ 5 3 1 ）の形成された第 2 半導体チップ（ 5 3 0 ）と、第 2 半導体チップの設けられる第 2 放熱板（ 5 5 3 , 5 5 4 ）と、を備え、

第 1 半導体チップは第 2 半導体チップよりも体格が小さく、

第 1 半導体チップにおける第 1 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 1 熱伝導面（ 5 2 0 a , 5 2 0 b ）は、第 2 半導体チップにおける第 2 放熱板との間の熱伝導に寄与する第 2 熱伝導面（ 5 3 0 a , 5 3 0 b ）よりも面積が狭く、

冷却器における第 1 半導体部品の設けられる第 1 領域（ 7 0 0 a ）は、冷却器における第 2 半導体部品の設けられる第 2 領域（ 7 0 0 b ）よりも冷却性能が高くなっている。

【 0 0 0 8 】

これによれば、第 1 半導体部品（ 6 1 0 ）と冷却器（ 7 0 0 ）との間の熱交換量と、第 2 半導体部品（ 6 2 0 ）と冷却器（ 7 0 0 ）との間の熱交換量とに差が生じることが抑制される。第 1 半導体部品（ 6 1 0 ）と第 2 半導体部品（ 6 2 0 ）の温度差が高まることが抑制される。

【 0 0 0 9 】

なお、上記の括弧内の参照番号は、後述の実施形態に記載の構成との対応関係を示すものに過ぎず、技術的範囲を何ら制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】 車載システムを示す回路図である。

【図 2】 半導体モジュールの上面図である。

【図 3】 図 2 に示す I I I - I I I 線に沿う断面図である。

【図 4】 パワーモジュールを示す上面図である。

【図 5】 冷媒の流量を説明するための上面図である。

【図 6】 第 1 半導体部品と第 2 半導体部品を示す上面図である。

【図 7】パワーモジュールを示す上面図である。

【図 8】パワーモジュールを示す上面図である。

【図 9】パワーモジュールを示す上面図である。

【図 10】パワーモジュールを示す上面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照しながら本開示を実施するための複数の形態を説明する。各形態において先行する形態で説明した事項に対応する部分には同一の参照符号を付して重複する説明を省略する場合がある。各形態において構成の一部のみを説明している場合は、構成の他の部分については先行して説明した他の形態を適用することができる。

10

【0012】

各実施形態で具体的に組み合わせが可能であることを明示している部分同士の組み合わせが可能である。また、特に組み合わせに支障が生じなければ、組み合わせが可能であることを明示していなくても、実施形態同士、実施形態と変形例、および、変形例同士を部分的に組み合わせることも可能である。

【0013】

(第1実施形態)

<車載システム>

まず、図1に基づいて電力変換ユニット300の設けられる車載システム100を説明する。この車載システム100は電気自動車用のシステムを構成している。車載システム100は、バッテリー200、電力変換ユニット300、および、モータ400を有する。

20

【0014】

また車載システム100は図示しない複数のECUを有する。これら複数のECUはバス配線を介して相互に信号を送受信している。複数のECUは協調して電気自動車を制御している。複数のECUの制御により、バッテリー200のSOCに応じたモータ400の力行と回生が制御される。SOCはstate of chargeの略である。ECUはelectronic control unitの略である。

【0015】

バッテリー200は複数の二次電池を有する。これら複数の二次電池は直列接続された電池スタックを構成している。この電池スタックのSOCがバッテリー200のSOCに相当する。二次電池としてはリチウムイオン二次電池、ニッケル水素二次電池、および、有機ラジカル電池などを採用することができる。バッテリー200が電源に相当する。

30

【0016】

電力変換ユニット300の備える電力変換装置500はバッテリー200とモータ400との間の電力変換を行う。電力変換装置500はバッテリー200の直流電力を交流電力に変換する。電力変換装置500はモータ400の発電(回生)によって生成された交流電力を直流電力に変換する。

【0017】

モータ400は図示しない電気自動車の車軸に連結されている。モータ400の回転エネルギーは車軸を介して電気自動車の走行輪に伝達される。逆に、走行輪の回転エネルギーは車軸を介してモータ400に伝達される。図面においてモータ400をMGと表記している。

40

【0018】

モータ400は電力変換装置500から供給される交流電力によって力行する。これにより推進力が走行輪に付与される。またモータ400は走行輪から伝達される回転エネルギーによって回生する。この回生で発生した交流電力は、電力変換装置500によって直流電力に変換される。この直流電力がバッテリー200に供給される。この直流電力は電気自動車に搭載された各種電気負荷にも供給される。

【0019】

<電力変換装置>

50

次に電力変換装置 500 を説明する。電力変換装置 500 はインバータを含んでいる。インバータはバッテリー 200 の直流電力を交流電力に変換する。この交流電力がモータ 400 に供給される。またインバータはモータ 400 で生成された交流電力を直流電力に変換する。この直流電力がバッテリー 200 と各種電気負荷に供給される。

【0020】

図 1 に示すように電力変換装置 500 には P バスバ 501 と N バスバ 502 が含まれている。これら P バスバ 501 と N バスバ 502 にバッテリー 200 が接続される。P バスバ 501 はバッテリー 200 の正極に接続される。N バスバ 502 はバッテリー 200 の負極に接続される。

【0021】

また、電力変換装置 500 には U 相バスバ 503、V 相バスバ 504、および、W 相バスバ 505 が含まれている。これら U 相バスバ 503、V 相バスバ 504、および、W 相バスバ 505 にモータ 400 が接続される。図 1 では各種バスバの接続部位を白丸で示している。これら接続部位は例えばボルトや溶接などによって電氣的に接続されている。

【0022】

電力変換装置 500 は、平滑コンデンサ 570 と、U 相半導体モジュール 511 ~ W 相半導体モジュール 513 と、を有する。平滑コンデンサ 570 は 2 つの電極を有する。これら 2 つの電極のうち的一方に P バスバ 501 が接続されている。2 つの電極のうちの他方に N バスバ 502 が接続されている。

【0023】

U 相半導体モジュール 511 ~ W 相半導体モジュール 513 それぞれは、ハイサイドスイッチ 521 とローサイドスイッチ 531 を有する。また U 相半導体モジュール 511 ~ W 相半導体モジュール 513 それぞれは、ハイサイドダイオード 521 a とローサイドダイオード 531 a を有する。

【0024】

本実施形態では、ハイサイドスイッチ 521 とローサイドスイッチ 531 として n チャネル型の MOSFET を採用している。図 1 に示すようにハイサイドスイッチ 521 のソース電極とローサイドスイッチ 531 のドレイン電極とが接続されている。これによりハイサイドスイッチ 521 とローサイドスイッチ 531 とが直列接続されている。

【0025】

また、ハイサイドスイッチ 521 のドレイン電極にハイサイドダイオード 521 a のカソード電極が接続されている。ハイサイドスイッチ 521 のソース電極にハイサイドダイオード 521 a のアノード電極が接続されている。これによりハイサイドスイッチ 521 にハイサイドダイオード 521 a が逆並列接続されている。

【0026】

同様にして、ローサイドスイッチ 531 のドレイン電極にローサイドダイオード 531 a のカソード電極が接続されている。ローサイドスイッチ 531 のソース電極にローサイドダイオード 531 a のアノード電極が接続されている。これによりローサイドスイッチ 531 にローサイドダイオード 531 a が逆並列接続されている。

【0027】

本実施形態では、ハイサイドスイッチ 521 とハイサイドダイオード 521 a それぞれが第 1 半導体チップ 520 に形成されている。ハイサイドスイッチ 521 とハイサイドダイオード 521 a はこの第 1 半導体チップ 520 で電氣的に並列接続されている。ハイサイドダイオード 521 a はハイサイドスイッチ 521 の寄生ダイオードとは別のダイオードである。第 1 半導体チップ 520 の形成材料は、例えば SiC などのワイドギャップ半導体である。

【0028】

同様にして、ローサイドスイッチ 531 とローサイドダイオード 531 a それぞれが第 2 半導体チップ 530 に形成されている。ローサイドスイッチ 531 とローサイドダイオード 531 a とはこの第 2 半導体チップ 530 で電氣的に並列接続されている。ローサイ

10

20

30

40

50

ドダイオード 5 3 1 a はローサイドスイッチ 5 3 1 の寄生ダイオードとは別のダイオードである。第 2 半導体チップ 5 3 0 の形成材料は第 1 半導体チップ 5 2 0 の形成材料と同一である。

【 0 0 2 9 】

第 1 半導体チップ 5 2 0 と第 2 半導体チップ 5 3 0 それぞれは被覆樹脂 5 4 0 によって被覆保護されている。この被覆樹脂 5 4 0 から、ハイサイドスイッチ 5 2 1 のドレイン電極、ハイサイドスイッチ 5 2 1 とローサイドスイッチ 5 3 1 との間の中点、および、ローサイドスイッチ 5 3 1 のソース電極それぞれに電氣的に接続された端子の先端が露出されている。ハイサイドスイッチ 5 2 1 とローサイドスイッチ 5 3 1 それぞれのゲート電極に接続された端子の先端が被覆樹脂 5 4 0 から露出されている。以下においてはこれら端子を、ドレイン端子 5 5 0 a、ソース端子 5 5 0 b、中点端子 5 5 0 c、および、ゲート端子 5 5 0 d と示す。

10

【 0 0 3 0 】

このドレイン端子 5 5 0 a が P バスバ 5 0 1 に接続される。ソース端子 5 5 0 b が N バスバ 5 0 2 に接続される。これによりハイサイドスイッチ 5 2 1 とローサイドスイッチ 5 3 1 とが P バスバ 5 0 1 から N バスバ 5 0 2 へ向かって順に直列接続されている。

【 0 0 3 1 】

U 相半導体モジュール 5 1 1 の中点端子 5 5 0 c が U 相バスバ 5 0 3 を介してモータ 4 0 0 の U 相ステータコイルに接続されている。V 相半導体モジュール 5 1 2 の中点端子 5 5 0 c が V 相バスバ 5 0 4 を介して V 相ステータコイルに接続されている。W 相半導体モジュール 5 1 3 の中点端子 5 5 0 c が W 相バスバ 5 0 5 を介して W 相ステータコイルに接続されている。

20

【 0 0 3 2 】

そして U 相半導体モジュール 5 1 1 ~ W 相半導体モジュール 5 1 3 に含まれるハイサイドスイッチ 5 2 1 のゲート端子 5 5 0 d が第 1 ゲート配線 5 5 0 e を介して制御基板 5 8 0 のゲートドライバに接続されている。同様にして、U 相半導体モジュール 5 1 1 ~ W 相半導体モジュール 5 1 3 に含まれるローサイドスイッチ 5 3 1 のゲート端子 5 5 0 d が第 2 ゲート配線 5 5 0 f を介して制御基板 5 8 0 のゲートドライバに接続されている。なお、第 1 ゲート配線 5 5 0 e と第 2 ゲート配線 5 5 0 f は制御基板 5 8 0 の配線パターンを含んでいる。

30

【 0 0 3 3 】

この制御基板 5 8 0 にはゲートドライバが含まれている。またこの制御基板 5 8 0 若しくは他の基板には複数の E C U のうちの 1 つが含まれている。図面において制御基板 5 8 0 を C B と表記している。

【 0 0 3 4 】

E C U は制御信号を生成する。この制御信号がゲートドライバに入力される。ゲートドライバは制御信号を増幅し、それを第 1 ゲート配線 5 5 0 e と第 2 ゲート配線 5 5 0 f それぞれに出力する。これによりハイサイドスイッチ 5 2 1 とローサイドスイッチ 5 3 1 は開閉制御される。

【 0 0 3 5 】

E C U は制御信号としてパルス信号を生成している。E C U はこのパルス信号のオンデューティ比と周波数を調整している。このオンデューティ比と周波数は図示しない電流センサや回転角センサの出力、および、モータ 4 0 0 の目標トルクやバッテリー 2 0 0 の S O C などに基づいて決定される。

40

【 0 0 3 6 】

モータ 4 0 0 を力行する場合、E C U からの制御信号の出力によって 3 相の半導体モジュールの備えるハイサイドスイッチ 5 2 1 とローサイドスイッチ 5 3 1 それぞれが P W M 制御される。これにより電力変換装置 5 0 0 で 3 相交流が生成される。

【 0 0 3 7 】

モータ 4 0 0 が発電 ( 回生 ) する場合、E C U は例えば制御信号の出力を停止する。こ

50

れにより発電によって生成された交流電力が3相の半導体モジュールの備えるダイオードを通る。この結果、交流電力が直流電力に変換される。

【0038】

なお、U相半導体モジュール511～W相半導体モジュール513それぞれの備えるスイッチ素子(トランジスタ)の種類としては特に限定されない。このスイッチ素子としては、MOSFETに代わって、例えばIGBTを採用することができる。また、U相半導体モジュール511～W相半導体モジュール513それぞれの備えるスイッチ素子の種類は同一でも不同でもよい。

【0039】

第1半導体チップ520と第2半導体チップ530それぞれの形成材料は特に限定されない。これら半導体チップの形成材料としては、SiCに代わって、例えばGaNやSiなどを採用することができる。

10

【0040】

また、第1半導体チップ520と第2半導体チップ530に流れる電流量を減らすために、以下に示す構成を採用することができる。第1半導体チップ520とは別体の半導体チップに形成されたダイオードがハイサイドスイッチ521に逆並列接続された構成を採用することができる。第2半導体チップ530とは別体の半導体チップに形成されたダイオードがローサイドスイッチ531に逆並列接続された構成を採用することができる。この変形例においては、第1半導体チップ520と第2半導体チップ530それぞれにスイッチの寄生ダイオードとは別のダイオードが形成されていなくともよい。

20

【0041】

<デッドタイム>

ECUはスイッチをPWM制御する際、同一相のハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531とが同一時刻でオン状態になることを避けるために、2つのスイッチを同時にオフ状態にするデッドタイムを設けている。ECUはこのデッドタイムを2つのスイッチの温度のうちの高いほうの温度に基づいて決定している。ECUはこの温度が高いほどにデッドタイムを長く設定する。

【0042】

係る制御を実施しているため、2つのスイッチのうち的一方が他方よりも昇温すると、デッドタイムが長くなる。デッドタイムの間、これらスイッチに逆並列接続されたダイオードに電流が流れる。デッドタイムの延長によってダイオードに流れる電流量が増大すると、消費電力が増大する。また、ダイオードの劣化が促進される。

30

【0043】

<電力変換ユニットの構成>

次に、電力変換ユニット300の構成を説明する。それに当たって、以下においては互いに直交の関係にある3方向をx方向、y方向、z方向とする。

【0044】

<半導体モジュール>

U相半導体モジュール511～W相半導体モジュール513それぞれは、これまでに説明した構成要素の他に、図3に示す主導電部550とターミナル560を有する。これら主導電部550とターミナル560は、第1半導体チップ520と第2半導体チップ530とともに被覆樹脂540に一体的に被覆保護されている。

40

【0045】

図3に示すように主導電部550は第1導電部551、第2導電部552、第3導電部553、および、第4導電部554を有する。ターミナル560は第1ターミナル561と第2ターミナル562を有する。

【0046】

<第1半導体部品>

第1導電部551と第2導電部552はy方向で離間している。第1導電部551と第2導電部552との間に第1ターミナル561と第1半導体チップ520が設けられてい

50

る。第1導電部551と第2導電部552が第1放熱板に相当する。

【0047】

第1半導体チップ520はy方向の厚さの薄い平板形状を成している。第1半導体チップ520はy方向に並ぶ第1表面520aと第1裏面520bを有する。第1表面520aにドレイン電極とゲート電極が形成されている。第1裏面520bにソース電極が形成されている。

【0048】

第1半導体チップ520に含まれるMOSFETとダイオードは、第1表面520aのドレイン電極と第1裏面520bのソース電極との間で電流の流れる縦型構造になっている。MOSFETとダイオードはこれらドレイン電極とソース電極との間で並列接続されている。

10

【0049】

この第1半導体チップ520のドレイン電極が半田と第1ターミナル561を介して第1導電部551と接続されている。第1半導体チップ520のソース電極が半田を介して第2導電部552と接続されている。

【0050】

係る構成によって、第1半導体チップ520は第1導電部551と第2導電部552それぞれと電氣的に接続されている。第1半導体チップ520は第1導電部551と第2導電部552それぞれと熱伝導可能になっている。以下においては、必要に応じて、第1導電部551と第2導電部552、および、これら2つの導電部の間で電氣的および熱的に連結された構成要素をまとめて第1半導体部品610と示す。ハイサイドスイッチ521が第1スイッチ素子に相当する。ハイサイドダイオード521aが第1還流ダイオードに相当する。

20

【0051】

<第2半導体部品>

第3導電部553と第4導電部554とはy方向で離間している。第3導電部553と第4導電部554との間に第2ターミナル562と第2半導体チップ530とが設けられている。第3導電部553と第4導電部554が第2放熱板に相当する。

【0052】

第2半導体チップ530はy方向の厚さの薄い平板形状を成している。第2半導体チップ530はy方向に並ぶ第2表面530aと第2裏面530bを有する。第2表面530aにドレイン電極とゲート電極が形成されている。第2裏面530bにソース電極が形成されている。

30

【0053】

第2半導体チップ530に含まれるMOSFETとダイオードは、第2表面530aのドレイン電極と第2裏面530bのソース電極との間で電流の流れる縦型構造になっている。MOSFETとダイオードはドレイン電極とソース電極との間で並列接続されている。

【0054】

この第2半導体チップ530のドレイン電極が半田と第2ターミナル562を介して第3導電部553と接続されている。第2半導体チップ530のソース電極が半田を介して第4導電部554と接続されている。

40

【0055】

係る構成によって、第2半導体チップ530は第3導電部553と第4導電部554それぞれと電氣的に接続されている。第2半導体チップ530は第3導電部553と第4導電部554それぞれと熱伝導可能になっている。以下においては、必要に応じて、第3導電部553と第4導電部554、および、これら2つの導電部の間で電氣的および熱的に連結された構成要素をまとめて第2半導体部品620と示す。ローサイドスイッチ531が第2スイッチ素子に相当する。ローサイドダイオード531aが第2還流ダイオードに相当する。

【0056】

50

<半導体モジュール>

U相半導体モジュール511~W相半導体モジュール513それぞれはこれまでに説明した第1半導体部品610と第2半導体部品620を備えている。図3に示すように、これら第1半導体部品610と第2半導体部品620はx方向で隣り合って並んでいる。

【0057】

第1半導体部品610の第1導電部551と第2半導体部品620の第3導電部553はx方向で並んでいる。第2導電部552と第4導電部554はx方向で並んでいる。第1導電部551と第3導電部553それぞれは、第2導電部552と第4導電部554それぞれとy方向で離間している。

【0058】

本実施形態では、第2導電部552から第3導電部553に向かって第1中継導電部555が延びている。第3導電部553から第2導電部552に向かって第2中継導電部556が延びている。これら2つの中継導電部が半田などを介して電氣的に接続されている。以上に示した接続構成により、第1半導体部品610と第2半導体部品620が電氣的に接続されている。

【0059】

なお、第1中継導電部555と第2中継導電部556のうち的一方のみを半導体モジュールが備える構成を採用することもできる。この変形例では、y方向で離間する2つの導電部のうち的一方から延びた中継導電部が2つの導電部のうちの他方に連結される。

【0060】

連結個所は図示しないが、第1導電部551にドレイン端子550aが一体的に連結されている。第2導電部552と第3導電部553のうち的一方に中点端子550cが一体的に連結されている。第4導電部554にソース端子550bが一体的に連結されている。これら導電部と端子との連結個所は被覆樹脂540によって被覆されている。

【0061】

図示しないが、第1半導体チップ520と第2半導体チップ530それぞれのゲート電極はワイヤを介してゲート端子550dと電氣的に接続されている。このワイヤとゲート端子550dにおけるワイヤとの接続部位それぞれが被覆樹脂540によって被覆されている。

【0062】

<被覆樹脂>

被覆樹脂540は例えばエポキシ系樹脂からなる。被覆樹脂540は例えばトランスファームールド法により成形されている。第1半導体部品610と第2半導体部品620それぞれはこの被覆樹脂540を共有している。

【0063】

図2と図3に示すように被覆樹脂540はy方向の厚さの薄い扁平形状を成している。被覆樹脂540は6面を有する直方体形状を成している。被覆樹脂540は、z方向に離間して並ぶ上面540aと下面540b、x方向に離間して並ぶ左面540cと右面540d、および、y方向に離間して並ぶ第1主面540eと第2主面540fを有する。

【0064】

図2に示すように上面540aからドレイン端子550a、ソース端子550b、および、中点端子550cそれぞれの先端がz方向に突出している。ドレイン端子550a、ソース端子550b、および、中点端子550cは左面540cから右面540dに向かって順に並んでいる。また、下面540bからゲート端子550dの先端がz方向に突出している。

【0065】

図3に示すように、第1導電部551における第1ターミナル561の接続される第1接続面551a側は被覆樹脂540によって被覆されている。第3導電部553における第2ターミナル562の接続される第3接続面553a側は被覆樹脂540によって被覆されている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

しかしながら、第 1 導電部 5 5 1 における第 1 接続面 5 5 1 a の裏側の第 1 露出面 5 5 1 b は被覆樹脂 5 4 0 から露出されている。第 3 導電部 5 5 3 における第 3 接続面 5 5 3 a の裏側の第 3 露出面 5 5 3 b は被覆樹脂 5 4 0 から露出されている。これら第 1 露出面 5 5 1 b と第 3 露出面 5 5 3 b は被覆樹脂 5 4 0 の第 1 主面 5 4 0 e と連なっている。若しくは、第 1 露出面 5 5 1 b と第 3 露出面 5 5 3 b は第 1 主面 5 4 0 e から僅かに y 方向に突出している。

## 【 0 0 6 7 】

同様に、第 2 導電部 5 5 2 における第 1 半導体チップ 5 2 0 の接続される第 2 接続面 5 5 2 a 側は被覆樹脂 5 4 0 によって被覆されている。第 4 導電部 5 5 4 における第 2 半導体チップ 5 3 0 の接続される第 4 接続面 5 5 4 a 側は被覆樹脂 5 4 0 によって被覆されている。

10

## 【 0 0 6 8 】

しかしながら、第 2 導電部 5 5 2 における第 2 接続面 5 5 2 a の裏側の第 2 露出面 5 5 2 b は被覆樹脂 5 4 0 から露出されている。第 4 導電部 5 5 4 における第 4 接続面 5 5 4 a の裏側の第 4 露出面 5 5 4 b は被覆樹脂 5 4 0 から露出されている。これら第 2 露出面 5 5 2 b と第 4 露出面 5 5 4 b は被覆樹脂 5 4 0 の第 2 主面 5 4 0 f と連なっている。若しくは、第 2 露出面 5 5 2 b と第 4 露出面 5 5 4 b は第 2 主面 5 4 0 f から僅かに y 方向に突出している。

## 【 0 0 6 9 】

< 体格 >

本実施形態では第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の体格が同等になっている。第 1 導電部 5 5 1 と第 3 導電部 5 5 3 は体格が同等になっている。そのために第 1 露出面 5 5 1 b と第 3 露出面 5 5 3 b は面積が同等になっている。同様に、第 2 導電部 5 5 2 と第 4 導電部 5 5 4 は体格が同等になっている。そのために第 2 露出面 5 5 2 b と第 4 露出面 5 5 4 b は面積が同等になっている。

20

## 【 0 0 7 0 】

しかしながら、第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の内部構造が異なる。図 3 に示すように、第 1 半導体部品 6 1 0 の第 1 半導体チップ 5 2 0 は第 2 半導体部品 6 2 0 の第 2 半導体チップ 5 3 0 よりも体格が小さくなっている。

30

## 【 0 0 7 1 】

係る体格の相違のため、第 1 半導体チップ 5 2 0 の第 1 表面 5 2 0 a と第 1 裏面 5 2 0 b それぞれは第 2 半導体チップ 5 3 0 の第 2 表面 5 3 0 a と第 2 裏面 5 3 0 b それぞれよりも面積が狭くなっている。第 1 表面 5 2 0 a と第 1 裏面 5 2 0 b それぞれの面積を合わせた第 1 熱伝導面積は第 2 表面 5 3 0 a と第 2 裏面 5 3 0 b それぞれの面積を合わせた第 2 熱伝導面積よりも狭くなっている。第 1 表面 5 2 0 a と第 1 裏面 5 2 0 b それぞれにはんだの設けられる総面積は第 2 表面 5 3 0 a と第 2 裏面 5 3 0 b それぞれにはんだの設けられる総面積よりも狭くなっている。第 1 表面 5 2 0 a と第 1 裏面 5 2 0 b が複数に分かれた第 1 熱伝導面に相当する。第 2 表面 5 3 0 a と第 2 裏面 5 3 0 b が複数に分かれた第 2 熱伝導面に相当する。

40

## 【 0 0 7 2 】

係る熱伝導面積の相違のため、第 1 半導体チップ 5 2 0 と第 1 導電部 5 5 1 および第 2 導電部 5 5 2 それぞれとの間の熱抵抗が、第 2 半導体チップ 5 3 0 と第 3 導電部 5 5 3 および第 4 導電部 5 5 4 それぞれとの間の熱抵抗よりも高くなっている。第 1 半導体チップ 5 2 0 で発生した熱は、第 2 半導体チップ 5 3 0 で発生した熱よりも、導電部に熱伝導しがたくなっている。簡単に言えば、第 1 半導体部品 6 1 0 は第 2 半導体部品 6 2 0 よりも放熱性能が低まっている。換言すれば、第 2 半導体部品 6 2 0 は第 1 半導体部品 6 1 0 よりも放熱性能が高まっている。

## 【 0 0 7 3 】

上記したように第 1 半導体チップ 5 2 0 は第 2 半導体チップ 5 3 0 よりも体格が小さく

50

なっている。そのために第1半導体チップ520は第2半導体チップ530よりも耐熱性能が低めになっている。

【0074】

また、本実施形態においては、通電状態のハイサイドスイッチ521の電気抵抗は、通電状態のローサイドスイッチ531の電気抵抗以下になっている。通電によって第1半導体チップ520で生じる発熱量は第2半導体チップ530で生じる発熱量以下になっている。

【0075】

<スイッチング速度の相違>

上記したように第1半導体チップ520と第2半導体チップ530は同一の半導体材料で形成される。そして第1半導体チップ520に形成されるハイサイドスイッチ521と第2半導体チップ530に形成されるローサイドスイッチ531は同一種類のトランジスタ(MOSFET)である。そのためにこれらハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531それぞれの性質が同等になっている。

【0076】

しかしながら、ハイサイドスイッチ521のゲート電極と制御基板580との間の第1通電経路は、ローサイドスイッチ531のゲート電極と制御基板580との間の第2通電経路よりも電気抵抗が大きくなっている。そのためにハイサイドスイッチ521はローサイドスイッチ531よりもスイッチング速度が遅くなっている。詳しく言えば、ハイサイドスイッチ521はローサイドスイッチ531よりも通電状態から遮断状態に遷移する際のスイッチング速度が遅くなっている。それとともに、ハイサイドスイッチ521はローサイドスイッチ531よりも遮断状態から通電状態に遷移する際のスイッチング速度が遅くなっている。なお、通電状態から遮断状態に遷移する際のスイッチング速度と、遮断状態から通電状態に遷移する際のスイッチング速度のうち的一方が遅くともよい。

【0077】

なお、第1通電経路の電気抵抗は、第1半導体部品610の備えるゲート端子550dと、このゲート端子550dと制御基板580とを接続する第1ゲート配線550eそれぞれの電気抵抗の総和である。第2通電経路の電気抵抗は、第2半導体部品620の備えるゲート端子550dと、このゲート端子550dと制御基板580とを接続する第2ゲート配線550fそれぞれの電気抵抗の総和である。

【0078】

本実施形態では、第1半導体部品610の備えるゲート端子550dは、第2半導体部品620の備えるゲート端子550dよりも電気抵抗が高くなっている。そして、第1ゲート配線550eと第2ゲート配線550fそれぞれの電気抵抗が同等になっている。

【0079】

なお、ハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531のスイッチング速度が同等の構成を採用することもできる。ローサイドスイッチ531がハイサイドスイッチ521よりも、通電状態から遮断状態に遷移する際のスイッチング速度と、遮断状態から通電状態に遷移する際のスイッチング速度のうち少なくとも一方が遅い構成を採用することもできる。

【0080】

<冷却器>

電力変換ユニット300は、電力変換装置500の他に、図4に示す冷却器700を有する。冷却器700はこれまでに説明したU相半導体モジュール511~W相半導体モジュール513それぞれを収納しつつ、これらを冷却する機能を果たす。

【0081】

図4に示すように冷却器700は供給管710、排出管720、および、複数の中継管730を有する。供給管710と排出管720は複数の中継管730を介して連結されている。供給管710に冷媒が供給される。この冷媒は複数の中継管730を介して供給管710から排出管720へと流れる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 2 】

供給管 7 1 0 と排出管 7 2 0 はそれぞれ y 方向に延びている。供給管 7 1 0 と排出管 7 2 0 は x 方向で離間している。複数の中継管 7 3 0 それぞれは供給管 7 1 0 から排出管 7 2 0 へと向かって x 方向に延びている。供給管 7 1 0 における外部から冷媒の供給される供給口 7 1 0 a と、排出管 7 2 0 における中継管 7 3 0 から供給された冷媒を外部に排出する排出口 7 2 0 a とは x 方向で離間して並んでいる。

## 【 0 0 8 3 】

複数の中継管 7 3 0 は y 方向で離間して並んでいる。複数の中継管 7 3 0 それぞれは y 方向で離間して並ぶ 2 つの冷却面 7 3 0 a を有する。y 方向で隣り合う 2 つの中継管 7 3 0 それぞれの冷却面 7 3 0 a の間に空隙が構成（区画）されている。y 方向が離間方向に相当する。

10

## 【 0 0 8 4 】

< 空隙 >

図 4 に示すように、本実施形態の冷却器 7 0 0 は 4 つの中継管 7 3 0 を有する。以下においては説明を簡便するため、これら 4 つの中継管 7 3 0 を、y 方向において供給口 7 1 0 a から離間するほどに増大する番数を付与して、第 1 中継管 7 3 1 ~ 第 4 中継管 7 3 4 と表記する。

## 【 0 0 8 5 】

これら 4 つの中継管 7 3 0 を介した供給口 7 1 0 a から排出口 7 2 0 a に至る冷媒の流通経路 7 0 1 の長さは、中継管 7 3 0 に付与した番数が大きくなるほどに長くなっている。換言すれば、4 つの中継管 7 3 0 を介した供給口 7 1 0 a から排出口 7 2 0 a に至る冷媒の流通経路 7 0 1 の抵抗は、中継管 7 3 0 に付与した番数が大きくなるほどに大きくなっている。

20

## 【 0 0 8 6 】

そのため、図 5 において矢印の太さで示すように、第 1 中継管 7 3 1 を介した流通経路 7 0 1 を冷媒が最も流れやすくなっている。その次に第 2 中継管 7 3 2 を介した流通経路 7 0 1 を冷媒が流れやすくなっている。その次に第 3 中継管 7 3 3 を介した流通経路 7 0 1 を冷媒が流れやすくなっている。その次に第 4 中継管 7 3 4 を介した流通経路 7 0 1 を冷媒が流れやすくなっている。なお図 4 と図 5 では冷却器 7 0 0 の備える流通経路 7 0 1 のうち供給管 7 1 0 によって構成される一部分だけを破線で示している。

30

## 【 0 0 8 7 】

以上に示した冷媒の流動しやすさのため、冷却器 7 0 0 単体で考えた場合、y 方向で隣り合う第 1 中継管 7 3 1 と第 2 中継管 7 3 2 との間で構成される第 1 空隙が最も供給口 7 1 0 a に供給された冷媒の温度と近くなりやすくなっている。その次に、y 方向で隣り合う第 2 中継管 7 3 2 と第 3 中継管 7 3 3 との間で構成される第 2 空隙が供給口 7 1 0 a に供給された冷媒の温度に近くなりやすくなっている。その次に、y 方向で隣り合う第 3 中継管 7 3 3 と第 4 中継管 7 3 4 との間で構成される第 3 空隙が供給口 7 1 0 a に供給された冷媒の温度に近くなりやすくなっている。

## 【 0 0 8 8 】

< パワーモジュール >

本実施形態では、第 1 空隙に U 相半導体モジュール 5 1 1 が設けられている。第 2 空隙に V 相半導体モジュール 5 1 2 が設けられている。第 3 空隙に W 相半導体モジュール 5 1 3 が設けられている。これら複数の半導体モジュールと冷却器 7 0 0 とによってパワーモジュールが構成されている。

40

## 【 0 0 8 9 】

< 冷却性能 >

これら 3 相の半導体モジュールそれぞれは空隙を構成する 2 つの中継管 7 3 0 それぞれと y 方向で対向している。冷却器 7 0 0 には図示しないパネ体から y 方向に沿う付勢力が付与される。この付勢力によって複数の中継管 7 3 0 が y 方向に圧縮される。これより複数の空隙それぞれの y 方向の幅が狭められている。半導体モジュールと中継管 7 3 0 との

50

接触面積が増大されている。

【0090】

係る構成のため、半導体モジュールと冷却器700とが積極的に熱伝導可能になっている。半導体モジュールで発生した熱が、y方向で隣り合って並ぶ2つの中継管730を介して、中継管730の内部を流動する冷媒に伝熱される。

【0091】

個別に言えば、U相半導体モジュール511で発生した熱が、第1中継管731と第2中継管732それぞれを流れる冷媒に伝熱される。V相半導体モジュール512で発生した熱が、第2中継管732と第3中継管733それぞれを流れる冷媒に伝熱される。W相半導体モジュール513で発生した熱が、第3中継管733と第4中継管734それぞれ

10

【0092】

このように、y方向で並ぶ4つの中継管730のうち、端側に位置する第1中継管731と第4中継管734を流れる冷媒には、1つの半導体モジュールで発生した熱が伝熱される。これに対して、内側に位置する第2中継管732と第3中継管733を流れる冷媒には、2つの半導体モジュールで発生した熱が伝熱される。

【0093】

係る伝熱量の差のため、第2中継管732と第3中継管733を流れる冷媒は、第1中継管731と第4中継管734を流れる冷媒よりも昇温しやすくなっている。第2中継管732と第3中継管733は、第1中継管731と第4中継管734よりも冷却性能が低くなりやすくなっている。

20

【0094】

以上に示した第1中継管731～第4中継管734それぞれの冷媒の流動しやすさと、これら4つの中継管730を流れる冷媒への半導体モジュールで発生した熱の伝熱とを加味すると、第1隙間は第2隙間と第3隙間それぞれよりも冷却性能が高くなっている。第2隙間と第3隙間の冷却性能に差が生じがなくなっている。

【0095】

なお、厳密に言えば、半導体モジュールと中継管730との間には図示しないグリースなどの伝熱部材が設けられている。そのために半導体モジュールと中継管730とは直に接触していない。半導体モジュールと中継管730とは伝熱部材を介して熱伝導可能にな

30

【0096】

また、これまでに説明したように冷却器700はいわゆる両面冷却の構成になっている。しかしながら、冷却器700の構成としては上記例に限定されない。冷却器700の構成としては、例えば片面冷却の構成を採用することもできる。

【0097】

<第1領域と第2領域>

ところで、上記したように半導体モジュールは第1半導体部品610と第2半導体部品620を有する。これら2つの半導体部品は被覆樹脂540を共有している。

【0098】

被覆樹脂540の第1主面540eから第1半導体部品610の第1露出面551bと第2半導体部品620の第3露出面553bが露出されている。これら第1露出面551bと第3露出面553bはx方向で並んでいる。

40

【0099】

同様に、被覆樹脂540の第2主面540fから第1半導体部品610の第2露出面552bと第2半導体部品620の第4露出面554bが露出されている。これら第2露出面552bと第4露出面554bはx方向で並んでいる。

【0100】

半導体モジュールが2つの中継管730の間の空隙に設けられた状態で、第1露出面551bは第3露出面553bよりもx方向において供給管710側に配置される。換言す

50

れば、第1露出面551bは第3露出面553bよりも流通経路701において供給口710a側に配置される。第1露出面551bは第3露出面553bよりも流通経路701の上流側に配置される。

【0101】

同様に、半導体モジュールが2つの中継管730の間の空隙に設けられた状態で、第2露出面552bは第4露出面554bよりもx方向において供給管710側に配置される。換言すれば、第2露出面552bは第4露出面554bよりも流通経路701において供給口710a側に配置される。第2露出面552bは第4露出面554bよりも流通経路701の上流側に配置される。

【0102】

以上に示した配置構成のため、第1半導体部品610は第2半導体部品620よりも流通経路701の上流側に配置される。そのために第1半導体部品610は供給管710から中継管730に供給された冷媒と熱交換する。第2半導体部品620は第1半導体部品610との熱交換によって昇温した冷媒と熱交換する。

【0103】

このように、冷却器700における第1半導体部品610と熱交換を行う第1領域700aは、第2半導体部品620と熱交換を行う第2領域700bよりも冷却性能が高くなっている。流通経路701において第2領域700bよりも上流に位置する第1領域700aは、第2領域700bよりも冷却性能が高くなっている。換言すれば、流通経路701において第1領域700aよりも下流に位置する第2領域700bは、第1領域700aよりも冷却性能が低くなっている。

【0104】

なお、第1領域700aは中継管730における第1半導体部品610とのy方向での対向領域に相当する。第2領域700bは中継管730における第2半導体部品620とのy方向での対向領域に相当する。

【0105】

図面においては、4つの中継管730それぞれに含まれる第1領域700aと第2領域700bのうち、第1中継管731に含まれる第1領域700aと第2領域700bのみを破線で囲って示している。そしてこれら2つの領域の境を通りつつy方向に延びる境界線BLを一点鎖線で示している。

【0106】

<露出面>

ところで、半導体モジュールの備える被覆樹脂540の第1主面540eと第2主面540fそれぞれが中継管730の冷却面730aとグリースを介して熱伝導可能になっている。そのために被覆樹脂540と中継管730との間で熱交換が行われる。

【0107】

しかしながら、上記したように第1主面540eから第1露出面551bと第3露出面553bが露出されている。第2主面540fから第2露出面552bと第4露出面554bが露出されている。

【0108】

半導体モジュールに含まれる第1半導体部品610で発生した熱は、主として、第1露出面551bと第2露出面552bを介して中継管730に熱伝導される。第2半導体部品620で発生した熱は、主として、第3露出面553bと第4露出面554bを介して中継管730に熱伝導される。

【0109】

これら第1露出面551bと第2露出面552bそれぞれの面積を総和した第1総和面積は、第3露出面553bと第4露出面554bそれぞれの面積を総和した第2総和面積と同等になっている。そのために第1半導体部品610と冷却器700との間の第1熱抵抗と、第2半導体部品620と冷却器700との間の第2熱抵抗は同等になっている。

【0110】

10

20

30

40

50

なお、第1露出面551bと第2露出面552bそれぞれの面積は相等しくなっている。第3露出面553bと第4露出面554bそれぞれの面積は相等しくなっている。

【0111】

<作用効果>

以上に示したように、第1半導体部品610の設けられる第1領域700aは第2半導体部品620の設けられる第2領域700bよりも冷却性能が高くなっている。しかしながら第1半導体部品610は第2半導体部品620よりも放熱性能が低くなっている。そのため第1半導体部品610と冷却器700との間の熱交換量と、第2半導体部品620と冷却器700との間の熱交換量とに差が生じることが抑制される。第1半導体部品610と第2半導体部品620の温度差が高まることが抑制される。

10

【0112】

上記作用効果により、第1半導体部品610に含まれるハイサイドスイッチ521と第2半導体部品620に含まれるローサイドスイッチ531との温度差が高まることが抑制される。ハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531のうち的一方が他方よりも温度が高くなることが抑制される。

【0113】

この結果、PWM制御時において、ハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531それぞれが同時にオフ状態になる時間(デッドタイム)が長くなることが抑制される。デッドタイムの間、これら2つのスイッチに逆並列接続されたダイオードに電流が流れる時間が短くなる。これにより消費電力の増大が抑制される。それとともにダイオードの劣化が抑制される。

20

【0114】

(第2実施形態)

第1実施形態ではハイサイドスイッチ521とローサイドスイッチ531、および、ハイサイドダイオード521aとローサイドダイオード531aそれぞれが1つの被覆樹脂540に被覆されて1つの半導体モジュールが構成される例を示した。すなわち、1つの被覆樹脂540に1相の半導体モジュールに含まれる2つのスイッチと2つのダイオードが被覆された例を示した。

【0115】

これに対して本実施形態では、1つの被覆樹脂540に1つのスイッチと1つのダイオードが被覆されている。すなわち、1つの被覆樹脂540にハイサイドスイッチ521とハイサイドダイオード521aが被覆されている。1つの被覆樹脂540にローサイドスイッチ531とローサイドダイオード531aが被覆されている。

30

【0116】

図6に示すように、第1半導体部品610と第2半導体部品620が分離している。これら2つの半導体部品それぞれはドレイン端子550aとソース端子550bを備えている。これら2つの半導体部品それぞれは第1実施形態で示した中点端子550cを備えていない。第1半導体部品610のソース端子550bと第2半導体部品620のドレイン端子550aとが図示しない導電部材を介して電氣的に連結される。

【0117】

本実施形態においても、第1半導体チップ520は第2半導体チップ530よりも体格が小さくなっている。第1半導体チップ520の第1表面520aと第1裏面520bそれぞれの面積を合わせた第1熱伝導面積が第2半導体チップ530の第2表面530aと第2裏面530bそれぞれの面積を合わせた第2熱伝導面積よりも狭くなっている。そのため第1半導体チップ520と第1導電部551および第2導電部552それぞれとの間の熱抵抗が、第2半導体チップ530と第3導電部553および第4導電部554それぞれとの間の熱抵抗よりも高くなっている。第1半導体部品610は第2半導体部品620よりも放熱性能が低まっている。

40

【0118】

以下においては表記を簡便とするため、U相半導体モジュール511に含まれる第1半

50

導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 を、U 相ハイサイド部品 6 1 1 と U 相ローサイド部品 6 2 1 と示す。V 相半導体モジュール 5 1 2 に含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 を、V 相ハイサイド部品 6 1 2 と V 相ローサイド部品 6 2 2 と示す。W 相半導体モジュール 5 1 3 に含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 を、W 相ハイサイド部品 6 1 3 と W 相ローサイド部品 6 2 3 と示す。

【 0 1 1 9 】

また、第 1 隙間における供給管 7 1 0 側を第 1 上流領域、排出管 7 2 0 側を第 1 下流領域と示す。第 2 隙間における供給管 7 1 0 側を第 2 上流領域、排出管 7 2 0 側を第 2 下流領域と示す。第 3 隙間における供給管 7 1 0 側を第 3 上流領域、排出管 7 2 0 側を第 3 下流領域と示す。

10

【 0 1 2 0 】

図 7 に示す一例では、第 1 上流領域に U 相ハイサイド部品 6 1 1 が設けられ、第 1 下流領域に U 相ローサイド部品 6 2 1 が設けられている。第 2 上流領域に V 相ハイサイド部品 6 1 2 が設けられ、第 2 下流領域に V 相ローサイド部品 6 2 2 が設けられている。第 3 上流領域に W 相ハイサイド部品 6 1 3 が設けられ、第 3 下流領域に W 相ローサイド部品 6 2 3 が設けられている。これにより、1 相の半導体モジュールに含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の温度差が高まることが抑制される。

【 0 1 2 1 】

図 8 に示す一例では、第 1 上流領域に U 相ハイサイド部品 6 1 1 が設けられ、第 1 下流領域に W 相ローサイド部品 6 2 3 が設けられている。第 2 上流領域に V 相ハイサイド部品 6 1 2 が設けられ、第 2 下流領域に U 相ローサイド部品 6 2 1 が設けられている。第 3 上流領域に W 相ハイサイド部品 6 1 3 が設けられ、第 3 下流領域に V 相ローサイド部品 6 2 2 が設けられている。これにより、1 相の半導体モジュールに含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の温度差が高まることが抑制されるとともに、3 相の半導体モジュールの温度差が高まることが抑制される。

20

【 0 1 2 2 】

本実施形態に記載の電力変換ユニット 3 0 0 には、第 1 実施形態に記載の電力変換ユニット 3 0 0 と同等の構成要素が含まれている。そのため本実施形態の電力変換ユニット 3 0 0 が第 1 実施形態に記載の電力変換ユニット 3 0 0 と同等の作用効果を奏することは言うまでもない。そのためその記載を省略する。以下に示す他の実施形態でも重複する作用効果の記載を省略する。

30

【 0 1 2 3 】

( 第 3 実施形態 )

第 1 実施形態では冷却器 7 0 0 が 3 つの空隙を備える例を示した。これに対して本実施形態では冷却器 7 0 0 が 6 つの空隙を備えている。冷却器 7 0 0 は中継管 7 3 0 を 7 つ有している。

【 0 1 2 4 】

以下においては表記を簡便するため、これら 7 つの中継管 7 3 0 に、y 方向において供給口 7 1 0 a から離間するほどに増大する番数を付与する。これら 7 つの中継管 7 3 0 を、第 1 中継管 7 3 1、第 2 中継管 7 3 2、第 3 中継管 7 3 3、第 4 中継管 7 3 4、第 5 中継管 7 3 5、第 6 中継管 7 3 6、第 7 中継管 7 3 7 と表記する。また、これら 7 つの第 1 中継管 7 3 1 ~ 第 7 中継管 7 3 7 で構成される 6 つの空隙を、y 方向において供給口 7 1 0 a から離間するほどに増大する番数を付与して、第 1 空隙 ~ 第 6 空隙と表記する。

40

【 0 1 2 5 】

これら第 1 中継管 7 3 1 ~ 第 7 中継管 7 3 7 それぞれの冷媒の流動しやすさと、この冷媒と半導体モジュールとの熱交換を加味すると、第 1 隙間が他の隙間よりも冷却性能が高くなっている。以下、第 6 隙間、第 2 隙間、第 5 隙間、第 3 隙間、第 4 隙間の順に冷却性能が高くなっている。なお、第 2 隙間 ~ 第 4 隙間の冷却性能の差は、これら隙間と第 1 隙間 ( 第 6 隙間 ) との冷却性能の差と比べると小さくなっている。

【 0 1 2 6 】

50

図 9 に示す一例では、第 1 隙間に U 相ハイサイド部品 6 1 1 が設けられ、第 2 隙間に U 相ローサイド部品 6 2 1 が設けられている。第 3 隙間に V 相ハイサイド部品 6 1 2 が設けられ、第 4 隙間に V 相ローサイド部品 6 2 2 が設けられている。第 6 隙間に W 相ハイサイド部品 6 1 3 が設けられ、第 5 隙間に W 相ローサイド部品 6 2 3 が設けられている。これによっても、1 相の半導体モジュールに含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の温度差が高まることが抑制される。

【 0 1 2 7 】

なお図 9 では表記が煩雑となることを避けるために、3 相の半導体モジュールそれぞれに対応する第 1 領域 7 0 0 a と第 2 領域 7 0 0 b のうち、U 相半導体モジュール 5 1 1 に対応する領域のみを破線で囲って図示している。また、U 相半導体モジュール 5 1 1 の備える U 相ハイサイド部品 6 1 1 と U 相ローサイド部品 6 2 1 それぞれと熱交換する領域を第 3 領域 7 0 0 c として破線で囲って示している。

10

【 0 1 2 8 】

図 1 0 に示す一例では、第 1 隙間に U 相ハイサイド部品 6 1 1 が設けられ、第 4 隙間に U 相ローサイド部品 6 2 1 が設けられている。第 2 隙間に V 相ハイサイド部品 6 1 2 が設けられ、第 5 隙間に V 相ローサイド部品 6 2 2 が設けられている。第 6 隙間に W 相ハイサイド部品 6 1 3 が設けられ、第 3 隙間に V 相ローサイド部品 6 2 2 が設けられている。係る構成によって、1 相の半導体モジュールに含まれる第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の温度差が高まることが抑制されるとともに、3 相の半導体モジュールの温度差が高まることが抑制される。

20

【 0 1 2 9 】

図 1 0 では表記が煩雑となることを避けるために、3 相の半導体モジュールそれぞれに対応する第 1 領域 7 0 0 a と第 2 領域 7 0 0 b のうち、U 相半導体モジュール 5 1 1 に対応する領域のみを破線で囲って図示している。

【 0 1 3 0 】

以上に示した図 9 と図 1 0 に示す構成においては、1 相の半導体モジュールに含まれるハイサイド部品とローサイド部品との間の連結を容易とするために、ハイサイド部品のソース端子 5 5 0 b とローサイド部品のドレイン端子 5 5 0 a とが y 方向で並んでもよい。すなわち、ハイサイド部品のソース端子 5 5 0 b の y 方向への投影領域と、ローサイド部品のドレイン端子 5 5 0 a の y 方向への投影領域とが重なってもよい。

30

【 0 1 3 1 】

( 第 1 の変形例 )

各実施形態では、第 1 半導体部品 6 1 0 が第 2 半導体部品 6 2 0 よりも冷却器 7 0 0 における冷却性能の高い場所に設けられる例を示した。すなわち、ハイサイドスイッチ 5 2 1 とハイサイドダイオード 5 2 1 a が、ローサイドスイッチ 5 3 1 とローサイドダイオード 5 3 1 a よりも冷却器 7 0 0 における冷却性能の高い場所に設けられる例を示した。

【 0 1 3 2 】

しかしながら、ローサイドスイッチ 5 3 1 とローサイドダイオード 5 3 1 a が、ハイサイドスイッチ 5 2 1 とハイサイドダイオード 5 2 1 a よりも冷却器 7 0 0 における冷却性能の高い場所に設けられる構成を採用することもできる。係る構成では、第 2 熱伝導面積が第 1 熱伝導面積よりも狭くなる。

40

【 0 1 3 3 】

( 第 2 の変形例 )

本実施形態では第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 の体格が同等になっている例を示した。すなわち、第 1 導電部 5 5 1 と第 3 導電部 5 5 3 の体格が同等であり、第 2 導電部 5 5 2 と第 4 導電部 5 5 4 の体格が同等である例を示した。しかしながら、第 1 半導体部品 6 1 0 と第 2 半導体部品 6 2 0 との放熱性能に差が生じる限りにおいて、第 1 導電部 5 5 1 と第 3 導電部 5 5 3 の体格は異なってもよい。第 2 導電部 5 5 2 と第 4 導電部 5 5 4 の体格は異なってもよい。

【 0 1 3 4 】

50

## (第3の変形例)

第1実施形態では第2導電部552と第3導電部553が電氣的に接続された構成を示した。しかしながら、第2導電部552と第4導電部554が電氣的に接続された構成を採用することもできる。

## 【0135】

係る構成においては、第1導電部551にドレイン端子550aが一体的に連結される。第2導電部552と第4導電部554の少なくとも一方に中点端子550cが一体的に連結される。第3導電部553にソース端子550bが一体的に連結される。また、第2半導体チップ530の第2表面530aにソース電極が形成され、第2裏面530bにドレイン電極が形成される。

10

## 【0136】

## (その他の変形例)

本実施形態では電力変換装置500にインバータが含まれる例を示した。しかしながら電力変換装置500にはインバータのほかにコンバータが含まれてもよい。

## 【0137】

本実施形態では電力変換ユニット300が電気自動車用の車載システム100に含まれる例を示した。しかしながら電力変換ユニット300の適用としては特に上記例に限定されない。例えばモータと内燃機関を備えるハイブリッドシステムに電力変換ユニット300が含まれる構成を採用することもできる。

## 【0138】

本実施形態では電力変換ユニット300に1つのモータ400が接続される例を示した。しかしながら電力変換ユニット300に複数のモータ400が接続される構成を採用することもできる。この場合、電力変換ユニット300はインバータを構成するための3相の半導体モジュールを複数有する。

20

## 【0139】

本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態が本開示に示されているが、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

30

## 【符号の説明】

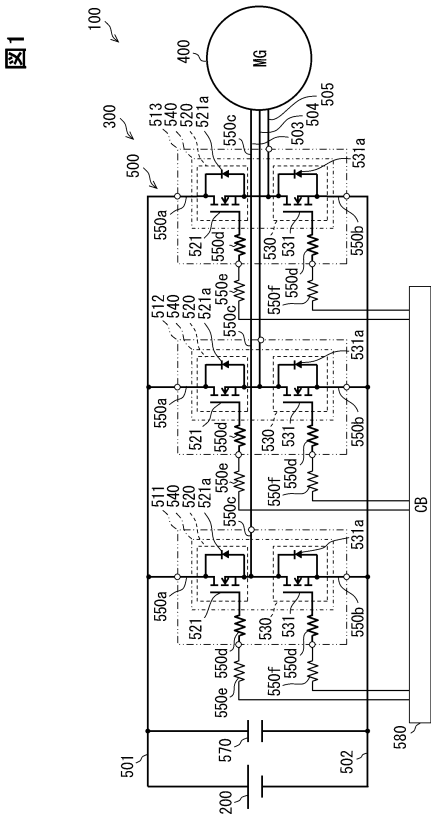
## 【0140】

100...車載システム、200...バッテリー、300...電力変換ユニット、400...モータ、500...電力変換装置、511...U相半導体モジュール、512...V相半導体モジュール、513...W相半導体モジュール、520...第1半導体チップ、520a...第1表面、520b...第1裏面、521...ハイサイドスイッチ、521a...ハイサイドダイオード、530...第2半導体チップ、530a...第2表面、530b...第2裏面、531...ローサイドスイッチ、531a...ローサイドダイオード、551...第1導電部、552...第2導電部、553...第3導電部、554...第4導電部、540...被覆樹脂、610...第1半導体部品、620...第2半導体部品、700...冷却器、701...流通経路、700a...第1領域、700b...第2領域、710...供給管、710a...供給口、720...排出管、720a...排出口、730...中継管

40

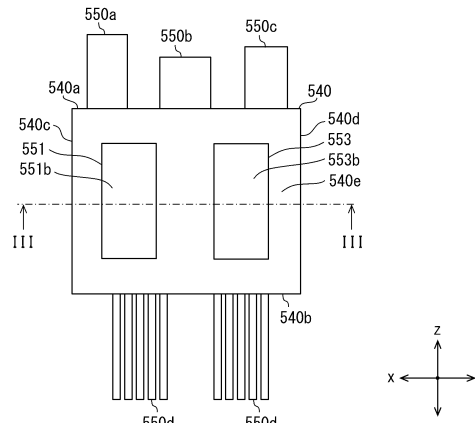
【図面】

【図 1】



【図 2】

図 2

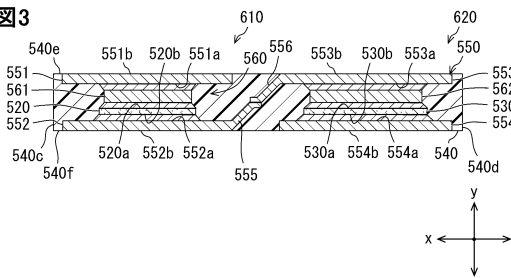


10

20

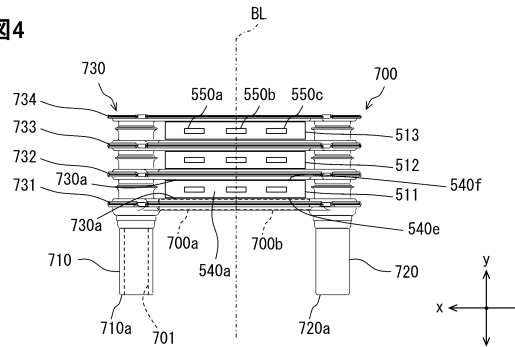
【図 3】

図 3



【図 4】

図 4



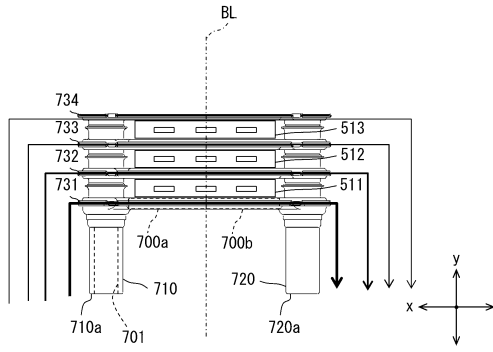
30

40

50

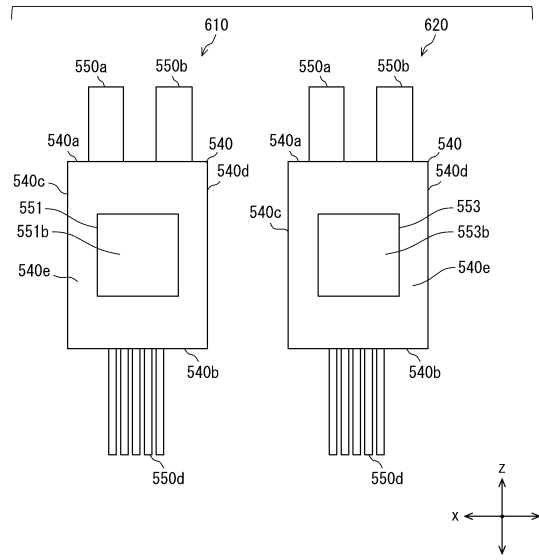
【 図 5 】

図5



【 図 6 】

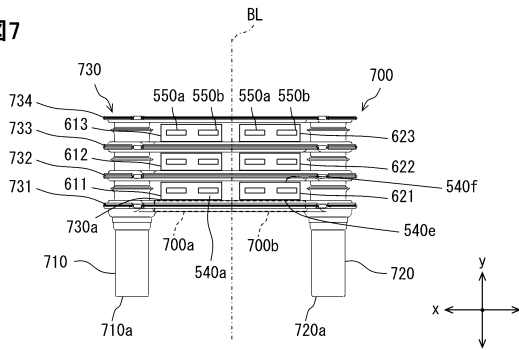
図6



10

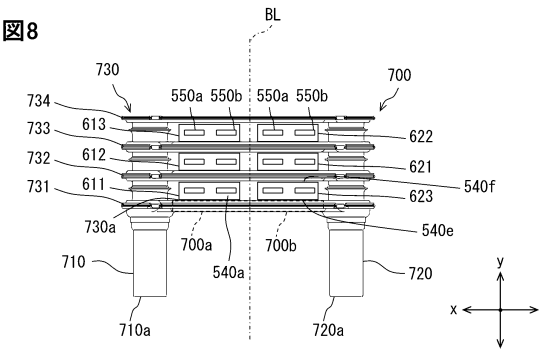
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



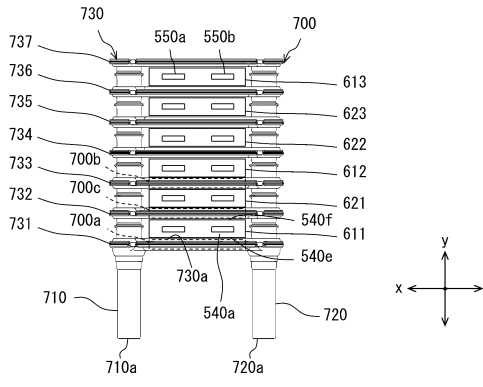
20

30

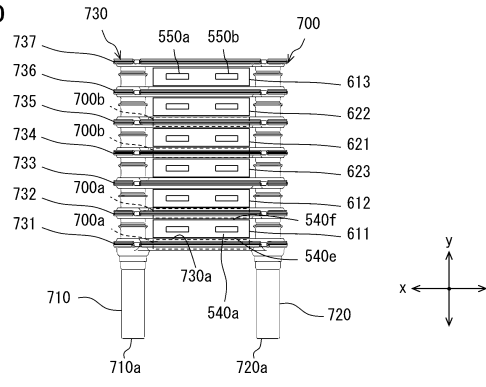
40

50

【図9】  
図9



【図10】  
図10



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

審査官 正山 旭

- (56)参考文献 特開 2011 - 228638 (JP, A)  
特開 2005 - 310907 (JP, A)  
国際公開第 2015 / 093169 (WO, A1)  
国際公開第 2014 / 045435 (WO, A1)  
特開 2020 - 114137 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 23 / 473  
H01L 25 / 07  
H02M 7 / 48