

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2012 年 9 月 7 日(07.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/117894 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 25/07 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)  
H01L 23/34 (2006.01) H02M 3/155 (2006.01)  
H01L 25/18 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/054129
- (22) 国際出願日: 2012 年 2 月 21 日(21.02.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-041112 2011 年 2 月 28 日(28.02.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 平光 真二(HIRAMITSU, Shinji) [JP/JP]; 〒3191292 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 日立研究所内 Ibaraki (JP). 越坂 敦(KOSHIZAKA, Atsushi) [JP/JP]; 〒3120062 茨城県ひたちなか市高場 2 4 7 7 番地 株式会社日立カーエン

ジニアリング内 Ibaraki (JP). 樋熊 真人(HIGUMA, Masato) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 徳田 浩司(TOKUDA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 河原 敬二(KAWAHARA, Keiji) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 永井 冬紀(NAGAI, Fuyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町 2 丁目 2 番 2 号 富国生命ビル 永井特許事務所 Tokyo (JP).

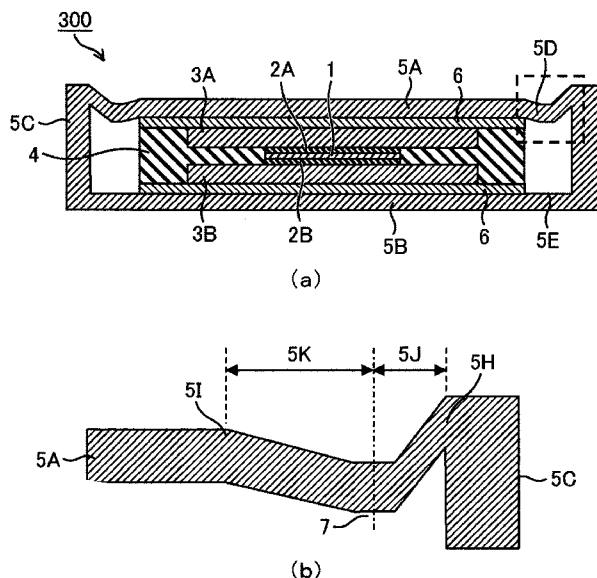
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: POWER SEMICONDUCTOR MODULE, POWER SEMICONDUCTOR MODULE MANUFACTURING METHOD, AND POWER CONVERSION APPARATUS

(54) 発明の名称: パワー半導体モジュール、パワー半導体モジュールの製造方法及び電力変換装置

図 3



(57) Abstract: A power semiconductor module comprises: a circuit comprising a power semiconductor device and a conductive member connected to the power semiconductor device; a case for accommodating the circuit; and a connection member for connecting the circuit and the case, wherein the case comprises first and second heat dissipating members facing each other with the circuit being disposed therebetween; a sidewall connected to the first and second heat dissipating members; and an intermediate member disposed around the first heat dissipating member and connected to the sidewall, wherein the intermediate member comprises a curved portion which is convex toward an accommodation space of an accommodation member.

(57) 要約: パワー半導体モジュールは、パワー半導体素子と当該パワー半導体素子と接続される導体部材とを有する回路体と、前記回路体を収納するケースと、前記回路体と前記ケースとを接続する接続部材とを備え、前記ケースは、前記回路体を挟むように対向して配置された第1放熱部材及び第2放熱部材と、当該第1放熱部材と当該第2放熱部材と繋ぐ側壁と、当該第1放熱部材の周囲に形成されかつ当該側壁に接続される中間部材とを備え、前記中間部材は、前記収納部材の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成される。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：

パワー半導体モジュール、パワー半導体モジュールの製造方法及び電力変換装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、直流電力を交流電力に、または交流電力を直流電力に変換するためのスイッチング動作を行うパワー半導体素子を有するパワー半導体モジュール、パワー半導体モジュールの製造方法及び電力変換装置に関する。

### 背景技術

[0002] 電力変換装置は、直流電源から供給された直流電力を回転電機などの交流電気負荷に供給するための交流電力に変換する機能、あるいは回転電機により発電された交流電力を直流電源に供給するための直流電力に変換する機能を備えている。この変換機能を果たすため、電力変換装置はスイッチング動作を行うパワー半導体素子を有するパワー半導体装置を有している。パワー半導体素子が導通動作や遮断動作を繰り返すことにより、直流電力から交流電力へ、あるいは交流電力から直流電力への電力変換が行われる。

[0003] 上記のようなパワー半導体装置には、パワー半導体素子へ直流電力を供給するための正極側端子および負極側端子が設けられている。特許文献1には、正極側端子と負極側端子とが積層された状態でパワー半導体素子を樹脂材料で封止し、CAN状のケース内に収納したパワー半導体装置が記載されている。

[0004] パワー半導体装置においては、導通動作時にパワー半導体素子で発生する熱を、放熱部材を介して外部へ逃がす必要がある。そのため、パワー半導体素子とパワー半導体素子と接続される導体部材とを有する回路体を放熱部材と一体となった収納部材に実装する場合、両部材が接続部材を介して確実に接続され、放熱経路が確保されている必要がある。しかし、回路体を収納部材に収納し接続する際に、その接続部材に過大な残留応力が発生すると、接

続部材内でのクラック発生や、接続界面ではく離発生の恐れがある。接続部のクラックやはく離は、パワー半導体装置の放熱性能を低下させ、パワー半導体素子の破損につながる。つまり、パワー半導体装置の信頼性を大きく損ねるおそれがある。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2010-110143号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の課題は、パワー半導体装置すなわちパワー半導体モジュール及びそれを用いた電力変換装置の信頼性を向上させることである。

## 課題を解決するための手段

[0007] 本発明の第1の態様によると、パワー半導体モジュールは、パワー半導体素子と当該パワー半導体素子と接続される導体部材とを有する回路体と、前記回路体を収納するケースと、前記回路体と前記ケースとを接続する接続部材とを備え、前記ケースは、前記回路体を挟むように対向して配置された第1放熱部材及び第2放熱部材と、当該第1放熱部材と当該第2放熱部材と繋ぐ側壁と、当該第1放熱部材の周囲に形成されかつ当該側壁に接続される中間部材とを備え、前記中間部材は、前記収納部材の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成される。

本発明の第2の態様によると、第1の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記側壁と前記中間部材との接続部を第1接続部と定義するとともに前記第1放熱部材と前記中間部材との接続部を第2接続部と定義した場合、前記中間部材に形成される凸部は、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の位置よりも前記回路体が配置された側に凸形状を為すのが好ましい。

本発明の第3の態様によると、第2の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中

間部に形成されるのが好ましい。

本発明の第4の態様によると、第2の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中間部よりも前記第1接続部に近い側に形成されるのが好ましい。

本発明の第5の態様によると、第2の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中間部よりも前記第2接続部に近い側に形成されるのが好ましい。

本発明の第6の態様によると、第2の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記第2接続部は、前記第1放熱部材の角部であり、前記第1接続部は、前記中間部材の角部であるのが好ましい。

本発明の第7の態様によると、第6の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記第1放熱部材の放熱面から投影した場合において、前記中間部材に形成された凸部の投影部は、前記第2接続部の角部を形成するための前記第1放熱部材の隣り合う2つの辺に沿って屈曲する形状を為すのが好ましい。

本発明の第8の態様によると、第1の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記中間部材の湾曲した部分は、塑性変形されているのが好ましい。

本発明の第9の態様によると、半導体素子と、前記半導体素子の電極面とはんだを介して接続される導体板とを有する回路体と、前記回路体の一方の面と対向する第1放熱板と、前記回路体の一方の面とは反対側の他方の面と対向する第2放熱板と、前記第1放熱板と前記第2放熱板を接続しかつ前記回路体を挿入するための開口を形成する中間部材とを有する金属製のケースと、を備えるパワー半導体モジュールの製造方法は、前記ケースの開口から前記回路体を挿入する第1工程と、前記第1放熱板と前記第2放熱板によって前記回路体を挟むように、前記ケースの前記中間部材の一部を変形させる第2工程と、前記ケースの前記中間部材の一部を更に変形する第3工程と、前記ケース及び前記回路体に高温処理を施す第4工程と、を有する。

本発明の第10の態様によると、第9の態様のパワー半導体モジュールの

製造方法において、前記パワー半導体モジュールは、前記第 1 放熱板と前記第 2 放熱板の少なくとも一方と前記回路体とを接合する絶縁性のシートを有し、前記シートは、前記第 4 工程の前記高温処理によって接着力が増加するのが好ましい。

本発明の第 1 1 の態様によると、電力変換装置は、直流電流を交流電流に変換するパワー半導体素子を備えるパワー半導体モジュールと、前記パワー半導体素子を冷却するための冷媒を流す流路を形成する流路形成体とを備え、前記パワー半導体モジュールは、前記パワー半導体素子と接続される導体部材を有する回路体と、前記回路体を収納するケースと、前記回路体と前記ケースとを接続する接続部材と、を有し、前記ケースは、前記回路体を挟むように対向して配置された第 1 放熱部材及び第 2 放熱部材と、当該第 1 放熱部材と当該第 2 放熱部材と繋ぐ側壁と、当該第 1 放熱部材の周囲に形成されかつ当該側壁に接続される中間部材と、を備え、前記中間部材は、前記収納部材の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成され、さらに前記ケースは、前記第 1 放熱部材及び第 2 放熱部材が前記冷媒と直接接触するように前記流路形成体に固定される。

本発明の第 1 2 の態様によると、第 1 の態様のパワー半導体モジュールにおいて、前記第 1 放熱部材と前記中間部材は、前記ケースの 1 つの平らな平面部材の前記第 1 放熱部材に対応する部位が前記収納部材の収納空間に向かって押圧されることにより形成されるのが好ましい。

## 発明の効果

[0008] 本発明により、パワー半導体モジュール及びそれを用いた電力変換装置の信頼性を向上させることができる。

## 図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第一の実施形態に係るパワー半導体モジュールを示す図であり、（a）及び（b）は斜視図、（c）は断面図である。

[図2]本発明の第一の実施形態に係るパワー半導体モジュールの組立工程を示す図である。

[図3]本発明の第一の実施形態におけるパワー半導体モジュールの、ケース5の第一の変形例を示す断面図であり、(a)は全体図、(b)はケース5の中間部材5Dの拡大図である。

[図4]中間部材5Dの幅方向の中心位置から凸頂点部7までの距離と、第三の組立工程で発生する接合部材6の応力の関係を示した図である。

[図5]本発明の他の実施形態におけるパワー半導体モジュールの、ケース5の第二の変形例を示す断面図であり、(a)は全体図、(b)はケース5の中間部材5Dの拡大図である。

[図6]中間部材5Dの幅方向の中心位置から凸頂点部7までの距離と、図2において示した第三工程で発生する側壁5Cの応力の関係を示した図である。

[図7]本発明の他の実施形態におけるパワー半導体モジュールの、ケース5の第三の変形例を示す断面図であり、(a)は全体図、(b)はケース5の中間部材5Dの拡大図である。

[図8]接合部材6への残留応力低減効果を得るための、ケース5の中間部材5Dにおける凸変形領域5Fの配置を示したものである。

[図9]第二の組立工程を模擬した有限要素解析の結果であり、接合面に垂直な方向に発生する接合部材6の引張力の分布を示した図である。

[図10]本発明の第二の実施形態に係るパワー半導体モジュールの断面図である。

[図11]本発明の第三の実施形態に係るパワー半導体モジュールの断面図である。

[図12]本発明の第四の実施形態に係るパワー半導体モジュール300の組立工程を示す図である。

[図13]図13は、一般的なはんだ材の融点を示した図である。

[図14]回路体100を模擬した部材をケース5に挿入し、押圧変形を与えた後、押圧を解除した際の収納部材の5の戻り量（スプリングバック量）と、その際の温度の関係を示した図である。

[図15]ハイブリッド自動車のシステムを示すシステム図である。

[図16]図 1 5 に示す電気回路の構成を示す回路図である。

[図17]本発明に係る実施の形態としての電力変換装置 2 0 0 の外観斜視図である。

[図18]本発明に係る実施の形態としての電力変換装置 2 0 0 の外観斜視図である。

[図19]図 1 8 に示す電力変換装置 2 0 0 から蓋 8，直流インターフェイス 1 3 7 および交流インターフェイス 1 8 5 を外した状態を示す図である。

[図20]図 1 9 において流路形成体 1 2 からハウジング 1 0 を外した状態を示す図である。

[図21]電力変換装置 2 0 0 の分解斜視図である。

[図22]流路形成体 1 2 にパワーモジュール 3 0 0 U～3 0 0 W，コンデンサモジュール 5 0 0，バスバーアッセンブリ 8 0 0 を組み付けた外観斜視図である。

[図23]流路形成体 1 2 からバスバーアッセンブリ 8 0 0 を外した状態を示す。

[図24]流路形成体 1 2 の斜視図である。

[図25]流路形成体 1 2 を裏面側から見た分解斜視図である。

[図26]図 2 6 (a) は、本実施形態のパワーモジュール 3 0 0 U の斜視図である。図 2 6 (b) は、本実施形態のパワーモジュール 3 0 0 U を断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。

[図27]図 2 7 (a) は斜視図であり、図 2 7 (b) は図 2 6 (b) と同様に断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。また、図 2 7 (c) はフィン 3 0 5 が加圧されて湾曲部 3 0 4 A が変形される前の断面図を示している。

[図28]図 2 8 (a) は斜視図であり、図 2 8 (b) は図 2 6 (b)，図 2 7 (b) と同様に断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。

[図29]図 2 8 に示す状態からさらに第一封止樹脂 3 4 8 および配線絶縁部 6 0 8 を取り除いたパワーモジュール 3 0 0 U の斜視図である。

[図30]モジュール一次封止体302の組立工程を説明するための図である。

[図31]コンデンサモジュール500の外観斜視図である。

[図32]バスバーアッセンブリ800の斜視図である。

[図33]開口部402a～402cにパワーモジュール300U～300Wが固定され、収納空間405にコンデンサモジュール500が収納された流路形成体12を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施形態について図面を用いて説明する。

[0011] ー第一の実施形態ー

図1(a)は本発明の第一の実施形態に係るパワー半導体モジュール(パワー半導体装置)300の一方側の斜視図であり、図1(b)はパワー半導体モジュール300の他方側の斜視図であり、図1(c)はパワー半導体モジュール300を図1(a)及び(b)に示された断面Aで切断して方向Bから見たときの断面図である。

[0012] 図1(a)及び(b)に示されるように、パワー半導体モジュール300は、後述する半導体素子1を内蔵する回路体100を収納するケース5を有する。ケース5は、直方体形状を為しており、最も大きい面を形成する第1放熱部材5A及び第2放熱部材5Bと、側面を形成する側壁5Cにより構成される。またケース5は、複数の側面のうちの一面に、回路体100を挿入するための開口5Gを形成する。第1放熱部材5A及び第2放熱部材5Bは、回路体100を介して、互いに対向して形成される。中間部材5Dは、第1放熱部材5Aを囲んで配置され、かつ当該第1放熱部材5Aと側壁5Cを接続する。同様に、中間部材5Eは、第2放熱部材5Bを囲んで配置され、かつ当該第2放熱部材5Bと側壁5Cを接続する。ケース5は、例えば熱伝導率の高いAl、Al合金、Cu、Cu合金等を用いる。

[0013] なお、ケース5の内壁と回路体100の間には、接合部材6が配置される。接合部材6は、例えば接着性と絶縁性の高い樹脂部材を用いる。具体的には、接合部材6は、接着性と絶縁性の高い絶縁シートであるのが好ましい。

このとき、接合部材 6 に、はんだ材、微細金属粒子を含んだ低温焼結接合材、微細金属粒子を含んだ導電性接着剤等を用いることも可能である。しかし、接合部材 6 が導電性の場合、回路体 100 とケース 5 の間には絶縁性の部材、例えば窒化アルミ、アルミナ、窒化珪素などのセラミック部材やセラミックと金属の積層材を挿入し、接合することが必要となる。

[0014] 図 1 (c) に示されるように、回路体 100 は、半導体素子 1 と、半導体素子 1 の一方の電極面と接合部材 2 A を介して接続される導体板 3 A と、半導体素子 1 の他方の電極面と接合部材 2 B と接続される導体板 3 B と、半導体素子 1 と導体板 3 A と導体板 3 B を封止する封止材 4 を有する。封止材 4 は、半導体素子 1 が配置された側とは反対側の導体板 3 A 及び導体板 3 B の面が露出するように形成される。半導体素子 1 は、例えば Si, SiC, GaN などである。接合部材 2 A 及び 2 B は、例えばはんだ材、微細金属粒子を含んだ低温焼結接合材、微細金属粒子を含んだ導電性接着剤等である。導体板 3 A 及び導体板 3 B は、例えば電気伝導率や熱伝導率の高い Cu, Cu 合金や Al, Al 合金等を用いる。

[0015] ケース 5 の中間部材 5 D は、ケース 5 の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成される。つまり、側壁 5 C と中間部材 5 D の接続部分を第 1 接続部 5 H と定義し、かつ第 1 放熱部材 5 A と中間部材 5 D の接続部分を第 2 接続部 5 I と定義した場合、中間部材 5 D に形成される凸部は、第 1 接続部 5 H と第 2 接続部 5 I を結ぶ線分の位置よりも回路体 100 が配置された側に凸形状を為している。

[0016] 図 2 (a) 乃至 (e) は、本実施形態に関するパワー半導体モジュール 300 の組立工程を示す図である。

[0017] 図 2 (a) に示される第一の組立工程にて、接合部材 6 が取り付けられた回路体 100 を、開口 5 G からケース 5 内へ挿入する。なお接合部材 6 は、回路体 100 の一面の全てないしは一部の領域において、例えば金属接合や接着、塗布などにより固定されており、双方位置ずれしない状態が好ましい。

[0018] 次に、図2（b）に示される第二の組立工程にて、第1放熱部材5Aの面に対して略垂直方向に押圧力が加えられる。これにより中間部材5Dが変形させられ、接合部材6とケース5の内壁が密着する。すなわち、ケース5の1つの平らな平面部材の第1放熱部材5Aに対応する部位を押圧することにより第1放熱部材5Aと中間部材5Dが形成される。また、第1放熱部材5Aへの押圧力により、接合部材6と回路体100との接着力も向上させる。このとき、中間部材5Dを変形させたことによる反力が発生してしまう。この反力は、第1放熱部材5Aを回路体100が配置された側とは反対側へ引っ張る方向に作用する。この状態では、接合部材6に、第1放熱部材5Aを回路体100が配置された側とは反対側へ引っ張っている残留応力が付加されてしまうことになる。図2（c）は、第二の組立工程の終了後のパワー半導体モジュール300の断面図である。

[0019] そこで、図2（d）に示される第三の組立工程にて、ケース5の中間部材5Dを、ケース5の収納空間に向かって凸となるように変形させ、湾曲した部分を形成する。これにより、第二の組立工程で中間部材5Dに発生した反力が低減する。これは、中間部材5Dを収納空間に向かって凸となるように湾曲させると、その変形の反力が、第1放熱部材5Aを回路体100側へ押しつける方向に作用するためである。なお、中間部材5Dの凸部分は塑性変形させることにより、前記反力を十分に低減することができる。図2（e）は、第三の組立工程の終了後のパワー半導体モジュール300の断面図である。

[0020] 図3（a）は本実施形態のパワー半導体モジュール300の断面図であり、図3（b）は図3（a）の点線囲み部の拡大図である。ここで、中間部材5Dに形成される凸部の頂点を凸頂点部7と定義する。さらに、第1放熱部材5Aの放熱面と平行な方向における第1接続部5Hと凸頂点部7との距離を5Jと定義し、第1放熱部材5Aと平行な面に投影した場合における第2接続部5Iと凸部頂点7との距離を5Kと定義する。図3（b）に示される実施形態においては、距離5Kが距離5Jよりも大きくなるように、中間部

材 5 D の凸部が形成されている。

[0021] 図 4 は、中間部材 5 D の幅方向（第 1 接続部 5 H と第 2 接続部 5 I との間）の中心位置から凸頂点部 7 までの距離と、第三の組立工程終了後における接合部材 6 の応力の関係を示した図である。

[0022] ここで、中間部材 5 D の幅方向の中心位置から凸頂点部 7 までの距離がゼロの場合は、凸頂点部 7 は中間部材 5 D の中央に形成されることになる。また中間部材 5 D の幅方向の中心位置から凸頂点部 7 までの距離がマイナス側であれば、凸頂点部 7 は第 1 放熱部材 5 A に近い側に形成されることになる。また中間部材 5 D の幅方向の中心位置から凸頂点部 7 までの距離がプラス側であれば、凸頂点部 7 は側壁 5 C に近い側に形成されることになる。

[0023] なお、接合部材 6 の応力の値は、第三の組立工程を模擬した有限要素解析の結果であり、中間部材 5 D の幅方向の中心位置から凸頂点部 7 までの距離がゼロの時の応力値を基準に正規化した値である。

[0024] これによれば、凸頂点部 7 が側壁 5 C に近い側に形成されればされるほど、第三工程で接合部材 6 に発生する応力が小さくなっている。したがって、図 3 に示す実施形態のように、距離 5 J に比べて距離 5 K の方が長くなるように、中間材 5 D の凸部が形成されることで、接合部材 6 や回路体 100 の損傷を抑制することができる。

[0025] 図 5（a）は他の実施形態のパワー半導体モジュール 300 の断面図であり、図 5（b）は図 5（a）の点線囲み部の拡大図である。図 5（b）に示される実施形態においては、距離 5 J が距離 5 K よりも大きくなるように、中間部材 5 D の凸部が形成されている。

[0026] 図 6 は、中間部材 5 D の幅方向の中心位置から凸頂点部 7 までの距離と、図 2 において示した第三工程で発生する側壁 5 C の応力の関係を示した図である。ここも図 4 同様、図 6 は、中間部材 5 D の幅方向（第 1 接続部 5 H と第 2 接続部 5 I との間）の中心位置から凸頂点部 7 までの距離と、第三の組立工程終了後における接合部材 6 の応力の関係を示した図である。図 6 の縦軸、横軸及び解析方法は図 4 と同様である。

[0027] これによれば、凸頂点部 7 が第 1 放熱部材 5 A に近い側に形成されればされるほど、第三工程で側壁 5 C に発生する応力が小さくなっている。したがって、図 5 に示す実施形態のように、距離 5 K に比べて距離 5 J の方が長くなるように、中間部材 5 D の凸部が形成されることで、側壁 5 C の損傷を防ぐことが可能となる。

[0028] 図 7 (a) は他の実施形態のパワー半導体モジュール 300 の断面図であり、図 7 (b) は図 7 (a) の点線囲み部の拡大図である。図 7 (b) に示される実施形態においては、凸頂点部 7 は中間部材 5 D の中央に形成されており、距離 5 J と距離 5 K は等しい。これにより第三の組立工程終了後に発生する接合部材 6 の応力と側壁 5 C の応力の両者をバランスよく低減することが可能である。

[0029] なお、図 3、図 5 及び図 7 に示されたそれぞれの実施形態は、応力を低減すべき箇所やケース 5 の形状に応じて適宜選択されることによりパワー半導体モジュール 300 の損傷を抑制することができる。

[0030] 図 8 は、接合部材 6 への残留応力を低減するための、ケース 5 の中間部材 5 D における凸変形領域 5 F の配置を示す。図 9 は、第二の組立工程後における接合部材 6 の引張応力を模擬した有限要素解析の結果を示した図である。

[0031] 図 9 に示されるように、第二の組立工程の終了後において、接合部材 6 に発生する最大の引張応力は、接合部材 6 の角部 6 A に発生することが分かる。また、接合部材 6 の面内での引張応力の分布を見てみると、接合部材 6 の面の中央部よりも端部、つまり接合部材 6 の辺に近い方に大きな引張力は分布していることが分かる。また、接合部材 6 の辺上における引張応力の分布を見てみると、接合部材 6 の角部 6 A に近い場所ほど、大きな引張力が発生していることが分かる。

[0032] そこで図 8 (a) に示されるパワー半導体モジュール 300 においては、接合部材 6 と対向する第 1 放熱部材 5 A を囲むように、凸変形領域 5 F が形成される。これにより、凸変形領域 5 F が比較的高い引張応力が発生してい

る接合部材 6 の辺部近傍を全て囲うことになるので、残留応力の低減効果を最大限に得ることができる。

[0033] 一方、図 8 (b) 及び (c) に示されるパワー半導体モジュール 300 においては、凸変形領域 5 F を部分的に形成する場合について説明する。

[0034] 図 8 (b) に示されるように第 1 放熱部材 5 A の角部を角部 9 A と定義し、ケース 5 の角部を角部 9 B と定義する。図 8 (b) では凸変形領域 5 F は、角部 9 A と角部 9 B を結ぶ線分と重なるように形成される。つまり、第 1 放熱部材 5 A の放熱面と垂直方向から投影した場合に、凸変形領域 5 F の投影部は、角部 9 A と角部 9 B を結ぶ線分と重なることになる。なお、第 1 放熱部材 5 A の形状は、接合部材 6 の形状とほぼ同一又は相似な形状を為すので、第 1 放熱部材 5 A の角部 9 A と接合部材 6 の角部 6 A とは重なるか又は近い位置に配置されることとなる。これにより、図 9 に説示した引張応力が大きい接合部材 6 の角部 6 A の領域を、中間部材 5 D の変形を最小限に抑えながら、残留応力低減効果を得ることができる。したがって、ケース 5 の歪みや破壊を抑制することできる。なお、角部 9 B は、中間部材 5 D の角部ともいえる。

[0035] また、図 8 (c) に示されるように、凸変形領域 5 F は、第 1 放熱部材 5 A の角部 9 A の周辺において、略 L 字形状を為すように形成される。つまり、第 1 放熱部材 5 A の放熱面から投影した場合において、凸変形領域 5 F の投影部は、第 1 放熱部材 5 A の角部 9 A を形成するための第 1 放熱部材 5 A の隣り合う 2 つの辺に沿って屈曲する形状を為している。なお、図 8 (b) と同様に、第 1 放熱部材 5 A の形状は、接合部材 6 の形状とほぼ同一又は相似な形状を為すので、第 1 放熱部材 5 A の角部 9 A と接合部材 6 の角部 6 A とは重なるか又は近い位置に配置されることとなる。これにより、中間部材 5 D の変形量と残留応力低減効果のバランスをとることができる。

[0036] ー第二の実施形態ー

図 10 は、本発明の第二の実施形態に係るパワー半導体モジュールの断面図である。本実施形態においては、中間部材 5 D に加えて、中間部材 5 D と

対向する中間部材 5 E にも、中間部材 5 D と同様にケース 5 の収納空間に向かって凸となるように変形させた湾曲した部分を形成している。これにより、中間部材 5 D による第 1 放熱部材 5 A を回路体 1 0 0 側へ押しつける力に加え、中間部材 5 E による第 2 放熱部材 5 B を回路体 1 0 0 側へ押しつける力が発生し、回路体 1 0 0 及び接合部材 6 を第 1 放熱部材 5 A と第 2 放熱部材 5 B によって挟み込む力が増大する。このような場合であっても、中間部材 5 D と中間部材 5 E の双方に実施形態 1 にて説示した凸部が形成されるので、接合部材 6 の残留応力を低減することができる。なお、中間部材 5 E 側においても、図 3、図 5、図 7 及び図 8 にて説示した凸部の形成位置や形成領域を適宜組み合わせ、実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。

[0037] ー第三の実施形態ー

図 1 1 は、本発明の第三の実施形態に係るパワー半導体モジュールの断面図である。この形態においては、中間部材 5 D は第 1 放熱部材 5 A よりも薄く形成されている。これにより、第二の組立工程（図 2（b））での中間部材 5 D の反力が低減できるとともに、第三の組立工程（図 2（d））での加工性を向上させることが可能である。さらに、第三の組立工程では、第 1 放熱部材 5 A と回路体 1 0 0 は接合部材 6 を介して密着しており、その状態で中間部材 5 D を変形させる荷重を加えると、その荷重のおよそ半分は接合部材 6 と回路体 1 0 0 に伝わり、他の半分は側壁 5 C に伝わる。このとき、中間部材 5 D を変形させる荷重が大き過ぎると、回路体 1 0 0 や接合部材 6 に損傷を与えてしまうことが懸念される。そのため、第 1 放熱部材 5 A に比べて中間部材 5 D の厚みが薄く形成することで、中間部材 5 D を変形させる荷重を低減し、回路体 1 0 0 や接合部材 6 の損傷を防ぐことも可能となる。

[0038] なお、図 1 0 にて説示した中間部材 5 E 側の厚さを第 1 放熱部材 5 A よりも小さくすることにより、上記と同様の効果を得ることができる。

[0039] ー第四の実施形態ー

図 1 2 は、本発明の第四の実施形態に係るパワー半導体モジュール 3 0 0 の組立工程を示す図である。本実施形態のパワー半導体モジュール 3 0 0 に

においては、図 2（d）に示した第三の組立工程と同時ないしは後に、図 1 2（d）に示す高温熱処理を施す点が異なる。この高温処理工程により、接合部材 6 には接続保持力を発現すると同時に、金属製のケース 5 の中間部材 5 D の反力を低減させ、接続後に接合部材 6 に発生する残留応力を低減することができる。

[0040] 図 1 3 及び図 1 4 を用いて、高温処理条件とその効果について説明する。

[0041] 図 1 3 は、一般的なはんだ材の融点を示した図である。例えば、接合部材 6 にはんだを用いた場合、一般的なはんだ材の融点は 1 3 5℃以上であるため、それら一度溶融させ接続し、接続保持力を発現させるには 1 3 5℃以上の熱処理を施す必要がある。また、その他の接着性シートや微細金属粒子を含んだ導電性接着剤など樹脂成分を含む接続部材については、高温下で材料内の架橋反応が進むため、製造段階で、一般的なパワー半導体モジュールの使用温度範囲である 1 2 0℃以上の熱処理を行い、使用環境下で材料変化を起こりにくくするのが一般的である。よって、第三の工程において、接合部材 6 を高温熱処理する際には、1 2 0℃以上であることが必要である。

[0042] 図 1 4 は、回路体 1 0 0 を模擬した部材をケース 5 に挿入し、押圧変形を与えた後、押圧を解除した際の収納部材の 5 の戻り量（スプリングバック量）と、その際の温度の関係を示した図である。温度を上げることによりケース 5 の戻り量が低減していることが分かる。この結果より、金属製ケース 5 の変形に対する反力を低減するには、高温処理の温度が高い方が好ましいことが分かる。

[0043] よって、変形させた状態の金属製のケース 5 と回路体 1 0 0 に対して同時に高温処理を施し、接合部材 6 に接続保持力を発現させるとともに、金属製のケース 5 の中間部材 5 D の押圧変形に対する反力を低減するためには、高温処理温度を 1 2 0℃以上にとすることが必要であることが分かる。

[0044] 一第五の実施形態一

本実施形態においては、実施形態 1 乃至 4 のいずれかのパワー半導体モジュールを用いた電力変換装置について説明する。

[0045] 本発明の実施形態に係る電力変換装置は、ハイブリッド用の自動車や純粋な電気自動車に適用可能であるが、代表例として、本発明の実施形態に係る電力変換装置をハイブリッド自動車に適用した場合の制御構成と電力変換装置の回路構成について、図15と図16を用いて説明する。

[0046] 図15は、ハイブリッド自動車（以下「HEV」と記述する）の制御ブロックを示す図である。エンジンEGNおよびモータジェネレータMG1は車両の走行用トルクを発生する。また、モータジェネレータMG1は回転トルクを発生するだけでなく、モータジェネレータMG1に外部から加えられる機械エネルギーを電力に変換する機能を有する。

[0047] モータジェネレータMG1は、例えば同期機あるいは誘導機であり、上述のごとく、運転方法によりモータとしても発電機としても動作する。モータジェネレータMG1を自動車に搭載する場合には、小型で高出力を得ることが望ましく、ネオジウムなどの磁石を使用した永久磁石型の同期電動機が適している。また、永久磁石型の同期電動機は誘導電動機に比べて回転子の発熱が少なく、この観点でも自動車用として優れている。

[0048] エンジンEGNの出力側の出力トルクは動力分配機構TSMを介してモータジェネレータMG1に伝達され、動力分配機構TSMからの回転トルクあるいはモータジェネレータMG1が発生する回転トルクは、ミッションTMおよびデファレンシャルギアDEFを介して車輪に伝達される。一方、回生制動の運転時には、車輪から回転トルクがモータジェネレータMG1に伝達され、供給されてきた回転トルクに基づいて交流電力を発生する。発生した交流電力は後述するように電力変換装置200により直流電力に変換され、高電圧用のバッテリー136を充電し、充電された電力は再び走行エネルギーとして使用される。

[0049] 次に電力変換装置200について説明する。インバータ回路140は、バッテリー136と直流コネクタ138を介して電氣的に接続されており、バッテリー136とインバータ回路140との相互において電力の授受が行われる。モータジェネレータMG1をモータとして動作させる場合には、インバー

タ回路１４０は直流コネクタ１３８を介してバッテリー１３６から供給された直流電力に基づき交流電力を発生し、交流端子１８８を介してモータジェネレータMG１に供給する。モータジェネレータMG１とインバータ回路１４０からなる構成は第１電動発電ユニットとして動作する。

[0050] なお、本実施形態では、バッテリー１３６の電力によって第１電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させることにより、モータジェネレータMG１の動力のみによって車両の駆動ができる。さらに、本実施形態では、第１電動発電ユニットを発電ユニットとしてエンジン１２０の動力或いは車輪からの動力によって作動させて発電させることにより、バッテリー１３６の充電ができる。

[0051] また、図１５では省略したが、バッテリー１３６はさらに補機用のモータを駆動するための電源としても使用される。補機用のモータとしては例えば、エアコンディショナーのコンプレッサを駆動するモータ、あるいは制御用の油圧ポンプを駆動するモータである。バッテリー１３６から直流電力が補機用パワー半導体モジュールに供給され、補機用パワー半導体モジュールは交流電力を発生して補機用のモータに供給する。補機用パワー半導体モジュールはインバータ回路１４０と基本的には同様の回路構成および機能を持ち、補機用のモータに供給する交流の位相や周波数、電力を制御する。なお、電力変換装置２００は、インバータ回路１４０に供給される直流電力を平滑化するためのコンデンサモジュール５００を備えている。

[0052] 電力変換装置２００は、上位の制御装置から指令を受けたりあるいは上位の制御装置に状態を表すデータを送信したりするための通信用のコネクタ２１を備えている。電力変換装置２００は、コネクタ２１から入力される指令に基づいて制御回路１７２でモータジェネレータMG１の制御量を演算し、さらにモータとして運転するか発電機として運転するかを演算し、演算結果に基づいて制御パルスが発生し、その制御パルスをドライバ回路１７４へ供給する。ドライバ回路１７４は、供給された制御パルスに基づいて、インバータ回路１４０を制御するための駆動パルスが発生する。

- [0053] 次に、図 16 を用いてインバータ回路 140 の電気回路の構成を説明する。なお、以下で半導体素子として絶縁ゲート型バイポーラトランジスタを使用しており、以下略して IGBT と記す。上アームとして動作する IGBT 328 及びダイオード 156 と、下アームとして動作する IGBT 330 及びダイオード 166 とで、上下アームの直列回路 150 が構成される。インバータ回路 140 は、この直列回路 150 を、出力しようとする交流電力の U 相、V 相、W 相の 3 相に対応して備えている。
- [0054] これらの 3 相は、この実施の形態ではモータジェネレータ MG1 の電機子巻線の 3 相の各相巻線に対応している。3 相のそれぞれの上下アームの直列回路 150 は、直列回路の midpoint 部分である中間電極 169 から交流電流を出力する。この中間電極 169 は、交流端子 159 及び交流端子 188 を通して、モータジェネレータ MG1 への交流電力線である以下に説明の交流バスバー 802 や 804 と接続される。
- [0055] 上アームの IGBT 328 のコレクタ電極 153 は、正極端子 157 を介してコンデンサモジュール 500 の正極側のコンデンサ端子 506 に電氣的に接続されている。また、下アームの IGBT 330 のエミッタ電極は、負極端子 158 を介してコンデンサモジュール 500 の負極側のコンデンサ端子 504 に電氣的に接続されている。
- [0056] 上述のように、制御回路 172 は上位の制御装置からコネクタ 21 を介して制御指令を受け、これに基づいてインバータ回路 140 を構成する各相の直列回路 150 の上アームあるいは下アームを構成する IGBT 328 や IGBT 330 を制御するための制御信号である制御パルスが発生し、ドライバ回路 174 に供給する。
- [0057] ドライバ回路 174 は、上記制御パルスに基づき、各相の直列回路 150 の上アームあるいは下アームを構成する IGBT 328 や IGBT 330 を制御するための駆動パルスを各相の IGBT 328 や IGBT 330 に供給する。IGBT 328 や IGBT 330 は、ドライバ回路 174 からの駆動パルスに基づき、導通あるいは遮断動作を行い、バッテリー 136 から供給さ

れた直流電力を三相交流電力に変換し、この変換された電力はモータジェネレータMG1に供給される。

[0058] IGBT328は、コレクタ電極153と、信号用エミッタ電極155と、ゲート電極154を備えている。また、IGBT330は、コレクタ電極163と、信号用のエミッタ電極165と、ゲート電極164を備えている。ダイオード156が、コレクタ電極153とエミッタ電極155との間に電氣的に接続されている。また、ダイオード166が、コレクタ電極163とエミッタ電極165との間に電氣的に接続されている。

[0059] スイッチング用パワー半導体素子としては金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ（以下略してMOSFETと記す）を用いてもよい、この場合はダイオード156やダイオード166は不要となる。スイッチング用パワー半導体素子としては、IGBTは直流電圧が比較的高い場合に適していて、MOSFETは直流電圧が比較的低い場合に適している。

[0060] コンデンサモジュール500は、正極側のコンデンサ端子506と負極側のコンデンサ端子504と正極側の電源端子509と負極側の電源端子508とを備えている。バッテリー136からの高電圧の直流電力は、直流コネクタ138を介して、正極側の電源端子509や負極側の電源端子508に供給され、コンデンサモジュール500の正極側のコンデンサ端子506および負極側のコンデンサ端子504から、インバータ回路140へ供給される。

[0061] 一方、交流電力からインバータ回路140によって変換された直流電力は、正極側のコンデンサ端子506や負極側のコンデンサ端子504からコンデンサモジュール500に供給され、正極側の電源端子509や負極側の電源端子508から直流コネクタ138を介してバッテリー136に供給され、バッテリー136に蓄積される。

[0062] 制御回路172は、IGBT328及びIGBT330のスイッチングタイミングを演算処理するためのマイクロコンピュータ（以下、「マイコン」と記述する）を備えている。マイコンへの入力情報としては、モータジェネ

レータMG1に対して要求される目標トルク値、直列回路150からモータジェネレータMG1に供給される電流値、及びモータジェネレータMG1の回転子の磁極位置がある。

[0063] 目標トルク値は、不図示の上位の制御装置から出力された指令信号に基づくものである。電流値は、電流センサ180による検出信号に基づいて検出されたものである。磁極位置は、モータジェネレータMG1に設けられたレゾルバなどの回転磁極センサ（不図示）から出力された検出信号に基づいて検出されたものである。本実施形態では、電流センサ180は3相の電流値を検出する場合を例に挙げているが、2相分の電流値を検出するようにし、演算により3相分の電流を求めても良い。

[0064] 制御回路172内のマイコンは、目標トルク値に基づいてモータジェネレータMG1のd軸、q軸の電流指令値を演算し、この演算されたd軸、q軸の電流指令値と、検出されたd軸、q軸の電流値との差分に基づいてd軸、q軸の電圧指令値を演算し、この演算されたd軸、q軸の電圧指令値を、検出された磁極位置に基づいてU相、V相、W相の電圧指令値に変換する。そして、マイコンは、U相、V相、W相の電圧指令値に基づく基本波（正弦波）と搬送波（三角波）との比較に基づいてパルス状の変調波を生成し、この生成された変調波をPWM（パルス幅変調）信号としてドライバ回路174に出力する。

[0065] ドライバ回路174は、下アームを駆動する場合、PWM信号を増幅したドライブ信号を、対応する下アームのIGBT330のゲート電極に出力する。また、ドライバ回路174は、上アームを駆動する場合、PWM信号の基準電位のレベルを上アームの基準電位のレベルにシフトしてからPWM信号を増幅し、これをドライブ信号として、対応する上アームのIGBT328のゲート電極にそれぞれ出力する。

[0066] また、制御回路172内のマイコンは、異常検知（過電流、過電圧、過温度など）を行い、直列回路150を保護している。このため、制御回路172にはセンシング情報が入力されている。例えば、各アームの信号用のエミ

ツタ電極１５５及び信号用のエミッタ電極１６５からは各ＩＧＢＴ３２８とＩＧＢＴ３３０のエミッタ電極に流れる電流の情報が、対応する駆動部（ＩＣ）に入力されている。これにより、各駆動部（ＩＣ）は過電流検知を行い、過電流が検知された場合には対応するＩＧＢＴ３２８、ＩＧＢＴ３３０のスイッチング動作を停止させ、対応するＩＧＢＴ３２８、ＩＧＢＴ３３０を過電流から保護する。

[0067] 直列回路１５０に設けられた温度センサ（不図示）からは直列回路１５０の温度の情報がマイコンに入力されている。また、マイコンには直列回路１５０の直流正極側の電圧の情報が入力されている。マイコンは、それらの情報に基づいて過温度検知及び過電圧検知を行い、過温度或いは過電圧が検知された場合には全てのＩＧＢＴ３２８、ＩＧＢＴ３３０のスイッチング動作を停止させる。

[0068] 図１７、図１８は本発明に係る実施の形態としての電力変換装置２００の外観斜視図であり、図１８は交流コネクタ１８７および直流コネクタ１３８を外した状態を示す。本実施の形態の電力変換装置２００は、平面形状がほぼ正方形の直方体形状としたことにより小型化が図れ、また、車両への取り付けが容易となるという効果を有している。８は蓋、１０はハウジング、１２は流路形成体、１３は冷却媒体の入口配管、１４は出口配管、４２０は下カバーである。コネクタ２１は、外部との接続のために設けられた信号用のコネクタである。

[0069] 蓋８は、電力変換装置２００を構成する回路部品が収納されるハウジング１０の上部開口部に固定される。ハウジング１０の下部に固定される流路形成体１２は、後述するパワー半導体モジュール３００及びコンデンサモジュール５００を保持するとともに、冷却媒体によってこれらを冷却する。冷却媒体としては、例えば水が用いられる場合が多く、以下では冷媒として説明する。入口配管１３および出口配管１４は流路形成体１２の一側面に設けられ、入口配管１３から供給された冷媒は流路形成体１２内の後述する流路１９に流入し、出口配管１４から排出される。なお、冷媒の流入及び流出する

方向を変更しても、冷却効率や圧力損失に対して大きな影響を与えない。つまり冷媒が出口配管 14 側から流入し、入口配管 13 から流出しても、冷却効率や圧力損失はほぼ変化はない。つまり、本実施形態に係る電力変換装置 200 は、当該電力変換装置 200 の中央部に対して入口配管 13 と出口配管 14 の配置が対称性を有しているので、車両の冷媒配管の配線の状況に応じて変更できるという利点を有している。

[0070] 交流コネクタ 187 が装着される交流インターフェイス 185 および直流コネクタ 138 が装着される直流インターフェイス 137 は、ハウジング 10 の側面に設けられている。交流インターフェイス 185 は配管 13, 14 が設けられている側面に設けられており、交流インターフェイス 185 に装着された交流コネクタ 187 の交流配線 187a は配管 13, 14 の間を通過して下方に延びている。直流インターフェイス 137 は交流インターフェイス 185 が設けられた側面に隣接する側面に設けられており、直流インターフェイス 137 に装着された直流コネクタ 138 の直流配線 135J も電力変換装置 200 の下方に延びている。

[0071] このように、交流インターフェイス 185 と配管 13, 14 とが同一側面 12d の側に配置され、交流配線 187a が配管 13, 14 の間を通過するように下方に引き出されているので、配管 13, 14、交流コネクタ 187 および交流配線 187a の占める空間を小さくでき、装置全体の大型化を低減できる。また、配管 13, 14 に対して交流配線 187a を下方に引き出しているため、交流配線 187a の取り回しが容易になり生産性が向上する。図 19 は、図 18 に示す電力変換装置 200 から蓋 8、直流インターフェイス 137 および交流インターフェイス 185 を外した状態を示す図である。ハウジング 10 の一側面には交流インターフェイス 185 が固定される開口 10a が形成され、隣接する他の側面には直流インターフェイス 137 が固定される開口 10b が形成されている。開口 10a からは 3 本の交流バスバー 802、すなわち、U 相交流バスバー 802U、V 相交流バスバー 802V および W 相交流バスバー 802W が突出し、開口 10b からは直流側の電源

端子 508, 509 が突出している。図 20 は、図 19 において流路形成体 12 からハウジング 10 を外した状態を示す図である。ハウジング 10 は 2 つの収納空間を有しており、隔壁 10c によって上部収納空間と下部収納空間とに区画されている。上部収納空間にはコネクタ 21 が固定された制御回路基板 20 が収納され、下部収納空間にはドライバ回路基板 22 および後述するバスバーアセンブリ 800 が収納される。制御回路基板 20 には図 16 に示した制御回路 172 が実装され、ドライバ回路基板 22 にはドライバ回路基板 174 が実装されている。制御回路基板 20 とドライバ回路基板 22 とは不図示のフラットケーブル（後述する図 21 参照）によって接続されるが、そのフラットケーブルは隔壁 10c に形成されたスリット状の開口 10d を通って下部収納空間から上部収納空間へと引き出される。図 21 は電力変換装置 200 の分解斜視図である。蓋 8 の内側の、すなわちハウジング 10 の上部収納空間には、上述したように制御回路 172 を実装した制御回路基板 20 が配置されている。蓋 8 には、コネクタ 21 用の開口 5J が形成されている。電力変換装置 200 内の制御回路を動作させる低電圧の直流電力は、コネクタ 21 から供給される。

[0072] 詳細は後述するが、流路形成体 12 には、入口配管 13 から流入した冷媒が流れる流路が形成されている。流路は、流路形成体 12 の 3 つの側面に沿って流れるようなコの字形状の流路を形成している。入口配管 13 から流入した冷媒はコの字形状流路の一端から流路内に流入し、流路内を流れた後に、流路の他端に接続されている出口配管 14 から流出される。

[0073] 流路の上面には 3 つの開口部 402a ~ 402c が形成されており、直列回路 150（図 15 参照）を内蔵したパワー半導体モジュール 300U, 300V, 300W がそれらの開口部 402a ~ 402c から流路内に挿入される。パワー半導体モジュール 300U には U 相の直列回路 150 が内蔵され、パワー半導体モジュール 300V には V 相の直列回路 150 が内蔵され、パワー半導体モジュール 300W には W 相の直列回路 150 が内蔵されている。これらパワー半導体モジュール 300U ~ 300W は同一構成になっ

ており、外観形状も同一形状である。開口部402a～402cは、挿入されたパワー半導体モジュール300U～300Wのフランジ部によって塞がれる。

[0074] 流路形成体12には、コの字形状の流路によって囲まれるように、電装部品を収納するための収納空間405が形成されている。本実施形態では、この収納空間405にコンデンサモジュール500が収納されている。収納空間405に収納されたコンデンサモジュール500は、流路内を流れる冷媒によって冷却される。コンデンサモジュール500の上方には、交流バスバー802U～802Wが装着されたバスバーアッセンブリ800が配置される。バスバーアッセンブリ800は、流路形成体12の上面に固定される。バスバーアッセンブリ800には、電流センサ180が固定されている。

[0075] ドライバ回路基板22は、バスバーアッセンブリ800に設けられた支持部材807aに固定されることにより、バスバーアッセンブリ800の上方に配置される。上述したように、制御回路基板20とドライバ回路基板22とはフラットケーブル23によって接続される。フラットケーブル23は隔壁10cに形成されたスリット状の開口10dを通して下部収納空間から上部収納空間へと引き出される。

[0076] このように、パワー半導体モジュール300U～300Wとドライバ回路基板22と制御回路基板20とが高さ方向に階層的に配置され、制御回路基板20が強電系のパワー半導体モジュール300U～300Wから最も遠い場所に配置されるので、制御回路基板20側にスイッチングノイズ等が混入するのを低減することができる。さらに、ドライバ回路基板22と制御回路基板20とは隔壁10cによって区画された別の収納空間に配置されるため、隔壁10cが電磁シールドとして機能し、ドライバ回路基板22から制御回路基板20に混入するノイズを低減することができる。なお、ハウジング10はアルミ等の金属材で形成されている。

[0077] さらに、ハウジング10に一体に形成された隔壁10cに制御回路基板20が固定されるため、外部からの振動に対して制御回路基板20の機械的な

共振周波数が高くなる。そのため、車両側からの振動の影響を受け難く、信頼性が向上する。

[0078] 以下では、流路形成体 12 と、流路形成体 12 に固定されるパワー半導体モジュール 300U～300W、コンデンサモジュール 500 およびバスバーアッセンブリ 800 についてより詳しく説明する。図 22 は、流路形成体 12 にパワー半導体モジュール 300U～300W、コンデンサモジュール 500、バスバーアッセンブリ 800 を組み付けた外観斜視図である。また、図 23 は、流路形成体 12 からバスバーアッセンブリ 800 を外した状態を示す。バスバーアッセンブリ 800 は、流路形成体 12 にボルト固定される。

[0079] まず、図 24、図 25 を参照しながら流路形成体 12 について説明する。図 24 は流路形成体 12 の斜視図であり、図 25 は流路形成体 12 を裏面側から見た分解斜視図である。図 24 に示すように、流路形成体 12 は平面形状が略正方形の直方体を成し、その側面 12d に入口配管 13 および出口配管 14 が設けられている。なお、側面 12d は、配管 13、14 が設けられている部分が段差状に形成されている。図 25 に示すように、流路 19 は、残りの 3 つの側面 12a～12c に沿うようにコの字形状に形成されている。そして、流路形成体 12 の裏面側には、流路 19 の横断面形状とほぼ同一形状を有する、1 つに繋がったコの字形状の開口部 404 が形成されている。この開口部 404 は、コの字形状の下カバー 420 によって塞がれる。下カバー 420 と流路形成体 12 との間にはシール部材 409a が設けられ、気密性が保たれている。

[0080] コの字形状を成す流路 19 は、冷媒の流れる方向によって 3 つの流路区間 19a、19b、19c に分けられる。詳細は後述するが、第 1 の流路区間 19a は、配管 13、14 が設けられた側面 12d と対向する位置の側面 12a に沿って設けられ、第 2 の流路区間 19b は側面 12a の一方の側に隣接する側面 12b に沿って設けられ、第 3 の流路区間 19c は側面 12a の他方の側に隣接する側面 12c に沿って設けられている。冷媒は入口配管 1

3から流路区間19bに流入し、破線矢印で示すように流路区間19b、流路区間19a、流路区間19cの順に流れ、出口配管14から流出される。

[0081] 図24に示すように、流路形成体12の上面側には、流路区間19aに対向する位置に側面12aに平行な長方形の開口部402aが形成され、流路区間19bに対向する位置に側面12bに平行な長方形の開口部402bが形成され、流路区間19cに対向する位置に側面12cに平行な長方形の開口部402cが形成されている。これらの開口部402a～402cを通して、パワー半導体モジュール300U～300Wが流路19内に挿入される。図25に示すように、下カバー420には、上述した開口部402a～402cと対向する位置に、流路19の下側に向かって突出する凸部406がそれぞれ形成されている。これらの凸部406は流路19側から見ると窪みとなっており、開口部402a～402cから挿入されたパワー半導体モジュール300U～300Wの下端部分が、これらの窪みに入り込む。流路形成体12は、開口部404と開口部402a～402cとが対向するように形成されているので、アルミ鋳造により製造し易い構成になっている。

[0082] 図24に示すように、流路形成体12には、3辺を流路19で囲まれるように形成され矩形状の収納空間405が設けられている。この収納空間405にコンデンサモジュール500が収納される。流路19で囲まれた収納空間405は直方体形状であるため、コンデンサモジュール500を直方体形状にすることができ、コンデンサモジュール500の生産性が良くなる。

[0083] 図26乃至図30を用いてインバータ回路140およびインバータ回路142に使用されるパワー半導体モジュール300U～300Wおよびパワー半導体モジュール301a～301cの詳細構成を説明する。上記パワー半導体モジュール300U～300Wおよびパワー半導体モジュール301a～301cはいずれも同じ構造であり、代表してパワー半導体モジュール300Uの構造を説明する。尚、図26乃至図30において信号端子325Uは、図2に開示したゲート電極154および信号用エミッタ電極155に対応し、信号端子325Lは、図16に開示したゲート電極164およびエミ

ツタ電極 1 6 5 に対応する。また直流正極端子 3 1 5 B は、図 1 6 に開示した正極端子 1 5 7 と同一のものであり、直流負極端子 3 1 9 B は、図 1 6 に開示した負極端子 1 5 8 と同一のものである。また交流端子 3 2 0 B は、図 1 6 に開示した交流端子 1 5 9 と同じものである。図 2 6 乃至図 3 0 を用いてインバータ回路 1 4 0 およびインバータ回路 1 4 2 に使用されるパワー半導体モジュール 3 0 0 U ~ 3 0 0 W およびパワー半導体モジュール 3 0 1 a ~ 3 0 1 c の詳細構成を説明する。図 2 6 (a) は、本実施形態のパワー半導体モジュール 3 0 0 U の斜視図である。図 2 6 (b) は、本実施形態のパワー半導体モジュール 3 0 0 U を断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。

[0084] 図 2 7 は、理解を助けるために、図 2 6 に示す状態からネジ 3 0 9 および第二封止樹脂 3 5 1 を取り除いたパワー半導体モジュール 3 0 0 U を示す図である。図 2 7 (a) は斜視図であり、図 2 7 (b) は図 2 6 (b) と同様に断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。また、図 2 7 (c) はフィン 3 0 5 が加圧されて湾曲部 3 0 4 A が変形される前の断面図を示している。

[0085] 図 2 8 は、図 2 7 に示す状態からさらにモジュールケース 3 0 4 を取り除いたパワー半導体モジュール 3 0 0 U を示す図である。図 2 8 (a) は斜視図であり、図 2 8 (b) は図 2 6 (b) , 図 2 7 (b) と同様に断面 D で切断して方向 E から見たときの断面図である。

[0086] 図 2 9 は、図 2 8 に示す状態からさらに第一封止樹脂 3 4 8 および配線絶縁部 6 0 8 を取り除いたパワー半導体モジュール 3 0 0 U の斜視図である。図 3 0 は、モジュール一次封止体 3 0 2 の組立工程を説明するための図である。上下アームの直列回路 1 5 0 を構成するパワー半導体素子 ( I G B T 3 2 8 , I G B T 3 3 0 , ダイオード 1 5 6 , ダイオード 1 6 6 ) が、図 2 8 および図 2 9 に示す如く、導体板 3 1 5 や導体板 3 1 8 によって、あるいは導体板 3 2 0 や導体板 3 1 9 によって、両面から挟んで固着される。導体板 3 1 5 等は、その放熱面が露出した状態で第一封止樹脂 3 4 8 によって封止

され、当該放熱面に絶縁シート 333 が熱圧着される。第一封止樹脂 348 は図 14 に示すように、多面体形状（ここでは略直方体形状）を有している。

[0087] 第一封止樹脂 348 により封止されたモジュール一次封止体 302 は、モジュールケース 304 の中に挿入して絶縁シート 333 を挟んで、CAN 型冷却器であるモジュールケース 304 の内面に熱圧着される。ここで、CAN 型冷却器とは、一面に挿入口 306 と他面に底を有する筒形状をした冷却器である。モジュールケース 304 の内部に残存する空隙には、第二封止樹脂 351 を充填される。

[0088] なお、実施形態 1 乃至 4 にて説示したケース 5 は、本実施形態においてはモジュールケース 304 に対応する。また、実施形態 1 乃至 4 にて説示した回路体 100 は、本実施形態においてはモジュール一次封止体 302 に対応する。

[0089] モジュールケース 304 は、電気伝導性を有する部材、例えばアルミ合金材料（Al, AlSi, AlSiC, Al-C 等）で構成され、かつ、つなぎ目の無い状態で一体に成形される。モジュールケース 304 は、挿入口 306 以外に開口を設けない構造であり、挿入口 306 は、フランジ 304B によって、その外周を囲まれている。また、図 26（a）に示されるように、他の面より広い面を有する第 1 放熱面 307A 及び第 2 放熱面 307B がそれぞれ対向した状態で配置され、これらの放熱面に対向するようにして、各パワー半導体素子（IGBT 328, IGBT 330, ダイオード 156, ダイオード 166）が配置されている。当該対向する第 1 放熱面 307A と第 2 放熱面 307B と繋ぐ 3 つの面は、当該第 1 放熱面 307A 及び第 2 放熱面 307B より狭い幅で密閉された面を構成し、残りの一辺の面に挿入口 306 が形成される。モジュールケース 304 の形状は、正確な直方体である必要が無く、角が図 26（a）に示す如く曲面を成していても良い。

[0090] このような形状の金属製のケースを用いることで、モジュールケース 304 を水や油などの冷媒が流れる流路 19 内に挿入しても、冷媒に対するシー

ルをフランジ３０４Ｂにて確保できるため、冷却媒体がモジュールケース３０４の内部に侵入するのを簡易な構成で防ぐことができる。また、対向した第１放熱面３０７Ａと第２放熱面３０７Ｂに、フィン３０５がそれぞれ均一に形成される。さらに、第１放熱面３０７Ａ及び第２放熱面３０７Ｂの外周には、厚みが極端に薄くなっている湾曲部３０４Ａが形成されている。湾曲部３０４Ａは、フィン３０５を加圧することで簡単に変形する程度まで厚みを極端に薄くしてあるため、モジュール一次封止体３０２が挿入された後の生産性が向上する。

[0091] なお、実施形態１乃至４に説示された凸変形領域を湾曲部３０４Ａに形成することによって、絶縁シート３３３がモジュール一次封止体３０２やモジュールケース３０４から剥れてしまうことを抑制することができる。特に本実施形態のように、モジュールケース３０４の外面が冷却冷媒によって直接冷却される場合には、パワー半導体素子からモジュールケース３０４の外面までの伝熱経路の熱抵抗を低減することによって、モジュールケース３０４の外面からの放熱が促進される。それにより、パワー半導体素子に流す電流の増大や電力変換装置の冷却部の小型化を図ることができ、電力変換装置を体積当たりの出力電流量を大幅に増大することができる。

[0092] 上述のように導体板３１５等を絶縁シート３３３を介してモジュールケース３０４の内壁に熱圧着することにより、導体板３１５等とモジュールケース３０４の内壁の間の空隙を少なくすることができ、パワー半導体素子の発生熱を効率良くフィン３０５へ伝達できる。さらに絶縁シート３３３にある程度の厚みと柔軟性を持たせることにより、熱応力の発生を絶縁シート３３３で吸収することができ、温度変化の激しい車両用の電力変換装置に使用するのに良好となる。

[0093] モジュールケース３０４の外には、コンデンサモジュール５００と電氣的に接続するための金属製の直流正極配線３１５Ａおよび直流負極配線３１９Ａが設けられており、その先端部に直流正極端子３１５Ｂ（１５７）と直流負極端子３１９Ｂ（１５８）がそれぞれ形成されている。また、モータジェ

ネレータMG1に交流電力を供給するための金属製の交流配線320Aが設けられており、その先端に交流端子320B(159)が形成されている。本実施形態では、図29に示す如く、直流正極配線315Aは導体板315と接続され、直流負極配線319Aは導体板319と接続され、交流配線320Aは導体板320と接続される。

[0094] モジュールケース304の外にはさらに、ドライバ回路174と電氣的に接続するための金属製の信号配線324Uおよび324Lが設けられており、その先端部に信号端子325U(154, 155)と信号端子325L(164, 165)がそれぞれ形成されている。本実施形態では、図15に示す如く、信号配線324UはIGBT328と接続され、信号配線324LはIGBT328と接続される。

[0095] 直流正極配線315A、直流負極配線319A、交流配線320A、信号配線324Uおよび信号配線324Lは、樹脂材料で成形された配線絶縁部608によって相互に絶縁された状態で、補助モールド体600として一体に成型される。配線絶縁部608は、各配線を支持するための支持部材としても作用し、これに用いる樹脂材料は、絶縁性を有する熱硬化性樹脂かあるいは熱可塑性樹脂が適している。これにより、直流正極配線315A、直流負極配線319A、交流配線320A、信号配線324Uおよび信号配線324Lの間の絶縁性を確保でき、高密度配線が可能となる。補助モールド体600は、モジュール一次封止体302と接続部370において金属接合された後に、配線絶縁部608に設けられたネジ穴を貫通するネジ309によってモジュールケース304に固定される。接続部370におけるモジュール一次封止体302と補助モールド体600との金属接合には、たとえばTIG溶接などを用いることができる。

[0096] 直流正極配線315Aと直流負極配線319Aは、配線絶縁部608を間に挟んで対向した状態で互いに積層され、略平行に延びる形状を成している。こうした配置および形状とすることで、パワー半導体素子のスイッチング動作時に瞬間的に流れる電流が、対向してかつ逆方向に流れる。これにより

、電流が作る磁界が互いに相殺する作用をなし、この作用により低インダクタンス化が可能となる。なお、交流配線 3 2 0 A や信号端子 3 2 5 U, 3 2 5 L も、直流正極配線 3 1 5 A 及び直流負極配線 3 1 9 A と同様の方向に向かって延びている。

[0097] モジュール一次封止体 3 0 2 と補助モールド体 6 0 0 が金属接合により接続されている接続部 3 7 0 は、第二封止樹脂 3 5 1 によりモジュールケース 3 0 4 内で封止される。これにより、接続部 3 7 0 とモジュールケース 3 0 4 との間に必要な絶縁距離を安定的に確保することができるため、封止しない場合と比較してパワー半導体モジュール 3 0 0 U の小型化が実現できる。

[0098] 図 2 9 に示されるように、接続部 3 7 0 の補助モジュール 6 0 0 側には、補助モジュール側直流正極接続端子 3 1 5 C, 補助モジュール側直流負極接続端子 3 1 9 C, 補助モジュール側交流接続端子 3 2 0 C, 補助モジュール側信号接続端子 3 2 6 U および補助モジュール側信号接続端子 3 2 6 L が一列に並べて配置される。一方、接続部 3 7 0 のモジュール一次封止体 3 0 2 側には、多面体形状を有する第一封止樹脂 3 4 8 の一つの面に沿って、素子側直流正極接続端子 3 1 5 D, 素子側直流負極接続端子 3 1 9 D, 素子側交流接続端子 3 2 0 D, 素子側信号接続端子 3 2 7 U および素子側信号接続端子 3 2 7 L が一列に並べて配置される。こうして接続部 3 7 0 において各端子が一列に並ぶような構造とすることで、トランスファーマールドによるモジュール一次封止体 3 0 2 の製造が容易となる。

[0099] ここで、モジュール一次封止体 3 0 2 の第一封止樹脂 3 4 8 から外側に延出している部分をその種類ごとに一つの端子として見た時の各端子の位置関係について述べる。以下の説明では、直流正極配線 3 1 5 A (直流正極端子 3 1 5 B と補助モジュール側直流正極接続端子 3 1 5 C を含む) および素子側直流正極接続端子 3 1 5 D により構成される端子を正極側端子と称する。直流負極配線 3 1 9 A (直流負極端子 3 1 9 B と補助モジュール側直流負極接続端子 3 1 9 C を含む) および素子側直流負極接続端子 3 1 5 D により構成される端子を負極側端子と称する。交流配線 3 2 0 A (交流端子 3 2 0 B

と補助モジュール側交流接続端子 3 2 0 C を含む) および素子側交流接続端子 3 2 0 D により構成される端子を出力端子と称する。信号配線 3 2 4 U (信号端子 3 2 5 U と補助モジュール側信号接続端子 3 2 6 U を含む) および素子側信号接続端子 3 2 7 U により構成される端子を上アーム用信号端子と称する。信号配線 3 2 4 L (信号端子 3 2 5 L と補助モジュール側信号接続端子 3 2 6 L を含む) および素子側信号接続端子 3 2 7 L により構成される端子を下アーム用信号端子と称する。

[0100] 上記の各端子は、いずれも第一封止樹脂 3 4 8 および第二封止樹脂 3 5 1 から接続部 3 7 0 を通して突出している。その第一封止樹脂 3 4 8 からの各突出部分 (素子側直流正極接続端子 3 1 5 D, 素子側直流負極接続端子 3 1 9 D, 素子側交流接続端子 3 2 0 D, 素子側信号接続端子 3 2 7 U および素子側信号接続端子 3 2 7 L) は、上記のように多面体形状を有する第一封止樹脂 3 4 8 の一つの面に沿って一列に並べられている。また、正極側端子と負極側端子は、第二封止樹脂 3 5 1 から積層状態で突出しており、モジュールケース 3 0 4 の外に延出している。このような構成としたことで、第一封止樹脂 3 4 8 でパワー半導体素子を封止してモジュール一次封止体 3 0 2 を製造する時の型締めの際に、パワー半導体素子と当該端子との接続部分への過大な応力や金型の隙間が生じるのを防ぐことができる。また、積層された正極側端子と負極側端子の各々を流れる反対方向の電流により、互いに打ち消しあう方向の磁束が発生されるため、低インダクタンス化を図ることができる。

[0101] 補助モジュール 6 0 0 側において、補助モジュール側直流正極接続端子 3 1 5 C, 補助モジュール側直流負極接続端子 3 1 9 C は、直流正極端子 3 1 5 B, 直流負極端子 3 1 9 B とは反対側の直流正極配線 3 1 5 A, 直流負極配線 3 1 9 A の先端部にそれぞれ形成されている。また、補助モジュール側交流接続端子 3 2 0 C は、交流配線 3 2 0 A において交流端子 3 2 0 B とは反対側の先端部に形成されている。補助モジュール側信号接続端子 3 2 6 U, 3 2 6 L は、信号配線 3 2 4 U, 3 2 4 L において信号端子 3 2 5 U, 3

25Lとは反対側の先端部にそれぞれ形成されている。

[0102] 一方、モジュール一次封止体302側において、素子側直流正極接続端子315D、素子側直流負極接続端子319D、素子側交流接続端子320Dは、導体板315、319、320にそれぞれ形成されている。また、素子側信号接続端子327U、327Lは、ボンディングワイヤ371によりIGBT328、330とそれぞれ接続されている。図31は、コンデンサモジュール500の外観斜視図である。コンデンサモジュール500内には複数のコンデンサセルが設けられている。コンデンサモジュール500の上面には、コンデンサモジュール500の流路19に対向する面に近接して、コンデンサ端子503a～503cが突出するように設けられている。コンデンサ端子503a～503cは、各パワー半導体モジュール300の正極端子157及び負極端子158に対応して形成される。コンデンサ端子503a～503cは同一形状を成し、コンデンサ端子503a～503cを構成する負極側コンデンサ端子504と正極側コンデンサ端子506との間には絶縁シートが設けられ、端子間の絶縁が確保されている。

[0103] コンデンサモジュール500の側面500dの側の上部には、突出部500e、500fが形成されている。突出部500e内には放電抵抗が実装され、突出部500f内にはコモンモードノイズ対策用のYコンデンサが実装されている。また、突出部500fの上面から突出した端子500g、500hに、図5に示した電源端子508、509が取り付けられる。図24に示すように、開口402b、402cと側面12dとの間には凹部405a、405bが形成されており、コンデンサモジュール500を流路形成体12の収納空間405に収納すると、突出部500eは凹部405aに収納され、突出部500fは凹部405bに収納される。

[0104] 突出部500e内に実装された放電抵抗は、インバータ停止時にコンデンサモジュール500内のコンデンサセルに溜まった電荷を放電するための抵抗である。突出部500eが収納される凹部405aは、入口配管13から流入した冷媒の流路の直上に設けられているので、放電時の放電抵抗の温度

上昇を抑えることができる。

[0105] 図32は、バスバーアッセンブリ800の斜視図である。バスバーアッセンブリ800は、U、V、W相の交流バスバー802U、802V、802Wと、交流バスバー802U～802Wを保持し固定するための保持部材803と、交流バスバー802U～802Wを流れる交流電流を検出するための電流センサ180と、を備えている。交流バスバー802U～802Wは、それぞれ幅広導体で形成されている。樹脂等の絶縁材料で形成された保持部材803には、ドライバ回路基板22を保持するための複数の支持部材807aが、保持部材803から上方に突出するように形成されている。

[0106] 電流センサ180は、図22に示すようにバスバーアッセンブリ800を流路形成体12上に固定したときに、流路形成体12の側面12dに近接した位置で側面12dに平行となるように、バスバーアッセンブリ800に配置されている。電流センサ180の側面には、交流バスバー802U～802Wを貫通させるための貫通孔181がそれぞれ形成されている。電流センサ180の貫通孔181が形成されている部分にはセンサ素子が設けられており、電流センサ180の上面から各センサ素子の信号線182aが突出している。各センサ素子は、電流センサ180の延在方向、すなわち流路形成体12の側面12dの延在方向に並んで配置されている。交流バスバー802U～802Wは各貫通孔181を貫通し、その先端部分が平行に突出している。

[0107] 図32に示されるように、保持部材803には、位置決め用の突起部806a、806bが上方に向かって突出するように形成されている。電流センサ180はネジ止めにより保持部材803に固定されるが、その際に突起部806a、806bと電流センサ180の枠体に形成された位置決め孔とを係合させることで、電流センサ180の位置決めが行われる。さらに、ドライバ回路基板22を支持部材807aに固定する際に、ドライバ回路基板22側に形成された位置決め孔に位置決め用の突起部806a、806bを係合させることで、電流センサ180の信号線182aがドライバ回路基板2

２のスルーホールに位置決めされる。信号線１８２aは、ドライバ回路基板２２の配線パターンと半田によって接合される。

[0108] 本実施形態では、保持部材８０３、支持部材８０７a及び突起部８０６a、８０６bは、樹脂で一体に形成される。このように、保持部材８０３が電流センサ１８０とドライバ回路基板２２との位置決め機能を備えることになるので、信号線１８２aとドライバ回路基板２２との間の組み付け及び半田接続作業が容易になる。また、電流センサ１８０とドライバ回路基板２２を保持する機構を保持部材８０３に設けることで、電力変換装置全体としての部品点数を削減できる。

[0109] 交流バスバー８０２U～８０２Wは幅広面が水平となるように保持部材８０３に固定され、パワー半導体モジュール３００U～３００Wの交流端子１５９に接続される接続部８０５が垂直に立ち上がっている。接続部８０５は先端が凹凸形状をしており、溶接時にこの凹凸部分に熱が集中するような形状となっている。

[0110] 上述したように電流センサ１８０は流路形成体１２の側面１２dに平行に配置されているので、電流センサ１８０の貫通孔１８１から突出した各交流バスバー８０２U～８０２Wは、流路形成体１２の側面１２dに配置されることになる。各パワー半導体モジュール３００U～３００Wは、流路形成体１２の側面１２a、１２b、１２cに沿って形成された流路区間１９a、１９b、１９cに配置されるので、交流バスバー８０２U～８０２Wの接続部８０５は、バスバーアッセンブリ８００の側面１２a～１２cに対応する位置に配置される。その結果、図２２に示すように、U相交流バスバー８０２Uは側面１２bの近傍に配置されたパワー半導体モジュール３００Uから側面１２dまで延接され、V相交流バスバー８０２Vは側面１２aの近傍に配置されたパワー半導体モジュール３００Vから側面１２dまで延接され、W相交流バスバー８０２Wは側面１２cの近傍に配置されたパワー半導体モジュール３００Wから側面１２dまで延設される。

[0111] 図３３は、開口部４０２a～４０２cにパワー半導体モジュール３００U

～300Wが固定され、収納空間405にコンデンサモジュール500が収納された流路形成体12を示す図である。図33に示す例では、開口部402bにU相のパワー半導体モジュール300Uが固定され、開口部402aにV相のパワー半導体モジュール300Vが固定され、開口部402cにW相のパワー半導体モジュール300Wが固定される。その後、コンデンサモジュール500が収納空間405に収納され、コンデンサ側の端子と各パワー半導体モジュールの端子とが溶接等により接続される。各端子は、流路形成体12の上端面から突出しており、上方から溶接機をアプローチして溶接作業が行われる。

[0112] なお、コの字形状に配置された各パワー半導体モジュール300U～300Wの直流正極端子315B及び直流負極端子319Bは、図31に示される、コンデンサモジュール500の上面に突出して設けられたコンデンサ端子503a～503cと接続される。3つのパワー半導体モジュール300U～300Wはコンデンサモジュール500を囲むように設けられているため、コンデンサモジュール500に対する各パワー半導体モジュール300U～300Wの位置的關係が同等となる。また、同一形状のコンデンサ端子503a～503cを用いてバランス良くコンデンサモジュール500に接続することができる。そのため、コンデンサモジュール500とパワー半導体モジュール300U～300Wとの回路定数が3相の各相においてバランスし易くなり、電流の出し入れがし易い構造となっている。

[0113] 以上の説明はあくまで一例であり、本発明は上記実施形態の構成に何ら限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

[0114] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願2011年第041112号（2011年2月28日出願）

## 請求の範囲

- [請求項1]           パワー半導体素子と、当該パワー半導体素子と接続される導体部材とを有する回路体と、  
                    前記回路体を収納するケースと、  
                    前記回路体と前記ケースとを接続する接続部材と、を備えるパワー半導体モジュールであって、  
                    前記ケースは、前記回路体を挟むように対向して配置された第1放熱部材及び第2放熱部材と、当該第1放熱部材と当該第2放熱部材と繋ぐ側壁と、当該第1放熱部材の周囲に形成されかつ当該側壁に接続される中間部材と、を備え、  
                    前記中間部材は、前記収納部材の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成されるパワー半導体モジュール。
- [請求項2]           請求項1に記載されたパワー半導体モジュールにおいて、  
                    前記側壁と前記中間部材との接続部を第1接続部と定義するとともに前記第1放熱部材と前記中間部材との接続部を第2接続部と定義した場合、前記中間部材に形成される凸部は、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の位置よりも前記回路体が配置された側に凸形状を為すパワー半導体モジュール。
- [請求項3]           請求項2に記載のパワー半導体モジュールにおいて、  
                    前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中間部に形成されるパワー半導体モジュール。
- [請求項4]           請求項2に記載のパワー半導体モジュールにおいて、  
                    前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中間部よりも前記第1接続部に近い側に形成されるパワー半導体モジュール。
- [請求項5]           請求項2に記載のパワー半導体モジュールにおいて、  
                    前記凸部の頂点が、前記第1接続部と前記第2接続部を結ぶ線分の中間部よりも前記第2接続部に近い側に形成されるパワー半導体モジュール。

ジュール。

[請求項6] 請求項2に記載のパワー半導体モジュールにおいて、  
前記第2接続部は、前記第1放熱部材の角部であり、  
前記第1接続部は、前記中間部材の角部であるパワー半導体モジュール。

[請求項7] 請求項6に記載のパワー半導体モジュールにおいて、  
前記第1放熱部材の放熱面から投影した場合において、前記中間部材に形成された凸部の投影部は、前記第2接続部の角部を形成するための前記第1放熱部材の隣り合う2つの辺に沿って屈曲する形状を為すパワー半導体モジュール。

[請求項8] 請求項1に記載されたパワー半導体モジュールにおいて、  
前記中間部材の湾曲した部分は、塑性変形されているパワー半導体モジュール。

[請求項9] 半導体素子と、前記半導体素子の電極面とはんだを介して接続される導体板とを有する回路体と、  
前記回路体の一方の面と対向する第1放熱板と、前記回路体の一方の面とは反対側の他方の面と対向する第2放熱板と、前記第1放熱板と前記第2放熱板を接続しかつ前記回路体を挿入するための開口を形成する中間部材とを有する金属製のケースと、を備えるパワー半導体モジュールの製造方法であって、  
前記ケースの開口から前記回路体を挿入する第1工程と、  
前記第1放熱板と前記第2放熱板によって前記回路体を挟むように、前記ケースの前記中間部材の一部を変形させる第2工程と、  
前記ケースの前記中間部材の一部を更に変形する第3工程と、  
前記ケース及び前記回路体に高温処理を施す第4工程と、を有するパワー半導体モジュールの製造方法。

[請求項10] 請求項9に記載のパワー半導体モジュールの製造方法において、  
前記パワー半導体モジュールは、前記第1放熱板と前記第2放熱板

の少なくとも一方と前記回路体とを接合する絶縁性のシートを有し、

前記シートは、前記第4工程の前記高温処理によって接着力が増加するパワー半導体モジュールの製造方法。

[請求項11]

直流電流を交流電流に変換するパワー半導体素子を備えるパワー半導体モジュールと、

前記パワー半導体素子を冷却するための冷媒を流す流路を形成する流路形成体と、を備えた電力変換装置であって、

前記パワー半導体モジュールは、前記パワー半導体素子と接続される導体部材を有する回路体と、前記回路体を収納するケースと、前記回路体と前記ケースとを接続する接続部材と、を有し、

前記ケースは、前記回路体を挟むように対向して配置された第1放熱部材及び第2放熱部材と、当該第1放熱部材と当該第2放熱部材と繋ぐ側壁と、当該第1放熱部材の周囲に形成されかつ当該側壁に接続される中間部材と、を備え、

前記中間部材は、前記収納部材の収納空間に向かって凸となるように湾曲した部分が形成され、

さらに前記ケースは、前記第1放熱部材及び第2放熱部材が前記冷媒と直接接触するように前記流路形成体に固定される電力変換装置。

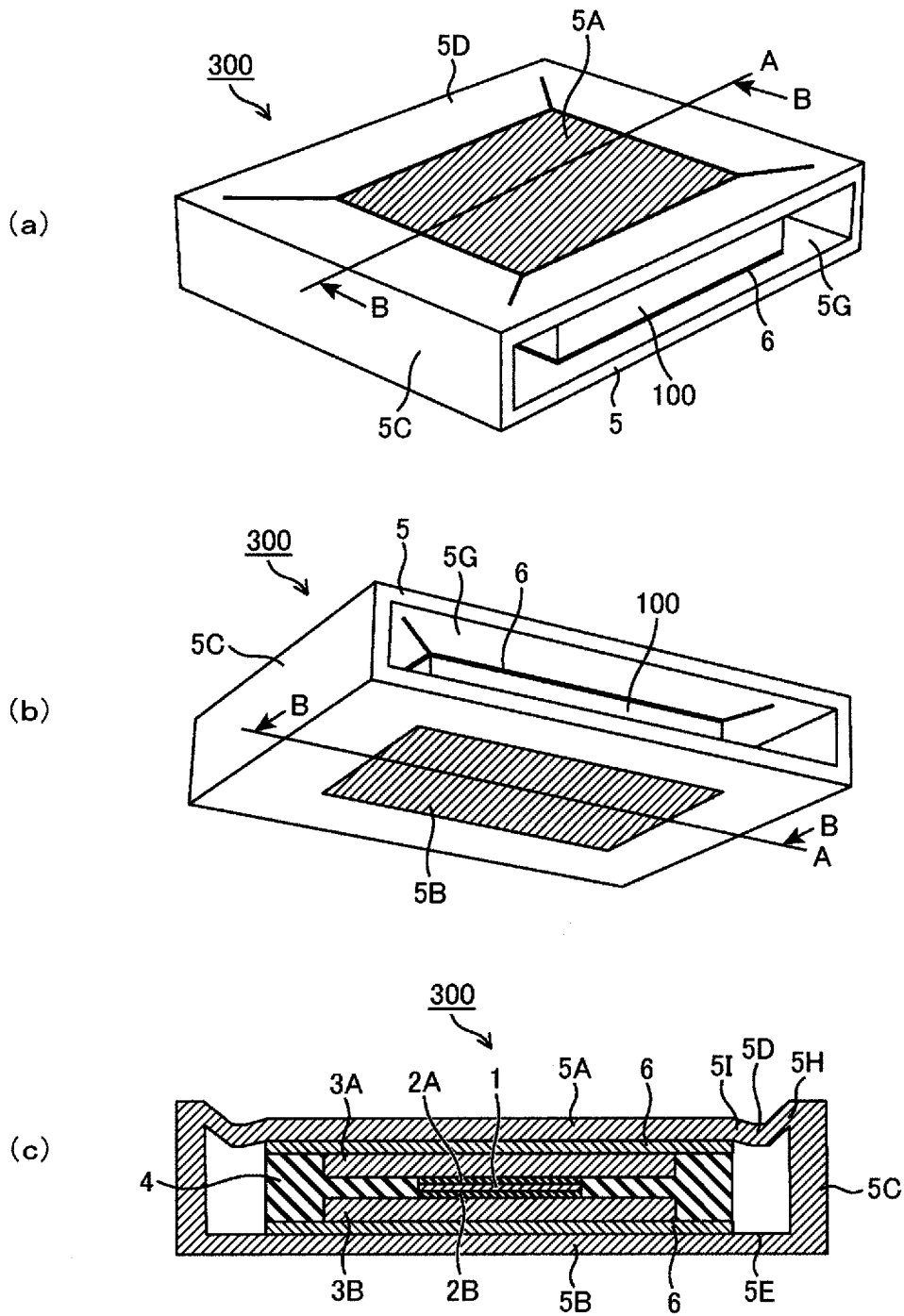
[請求項12]

請求項1に記載されたパワー半導体モジュールにおいて、

前記第1放熱部材と前記中間部材は、前記ケースの1つの平らな平面部材の前記第1放熱部材に対応する部位が前記収納部材の収納空間に向かって押圧されることにより形成されるパワー半導体モジュール。

[図1]

図 1



[図2]

図 2

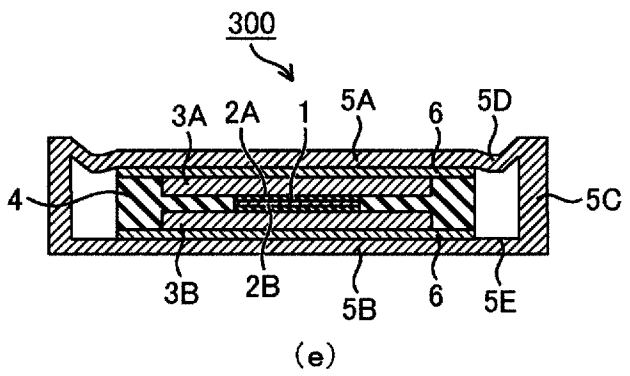
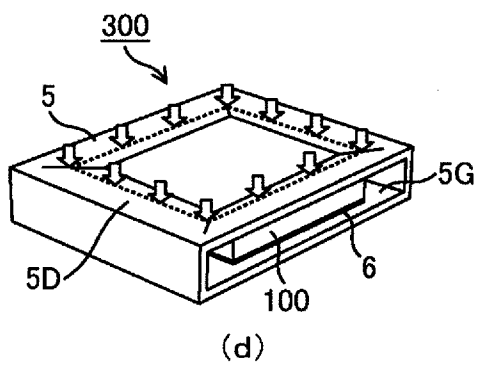
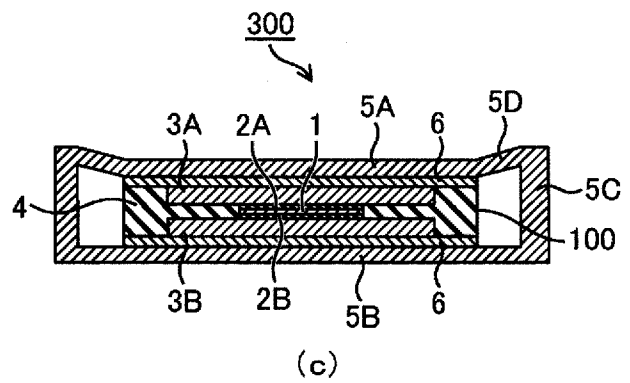
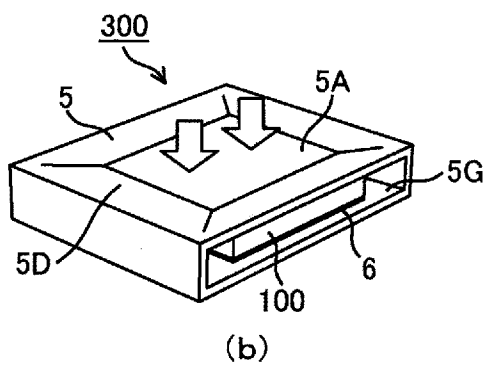
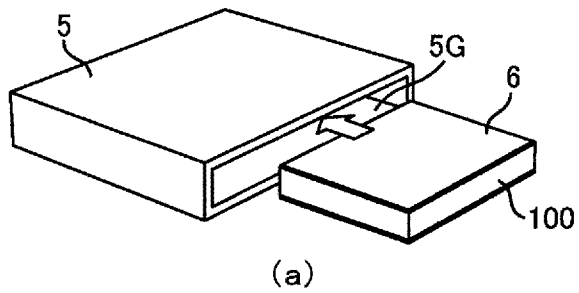
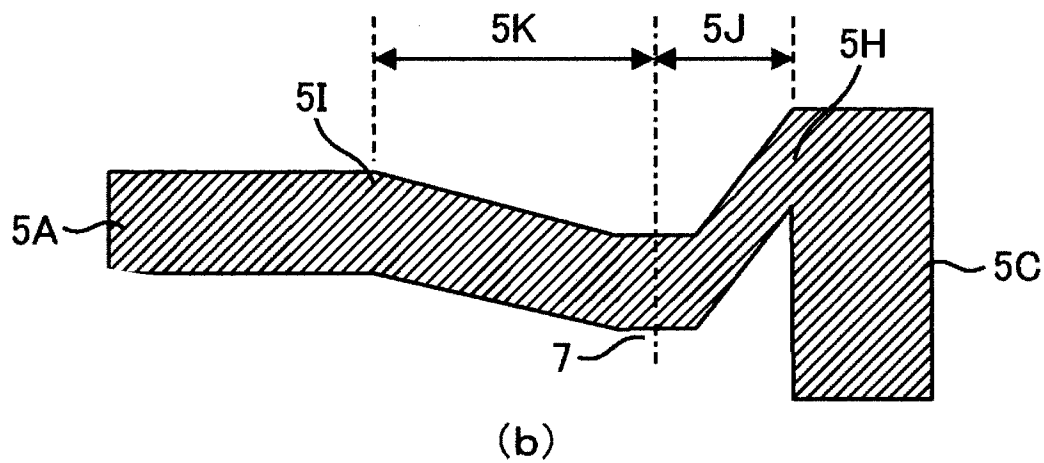


圖 3



[図4]

図 4

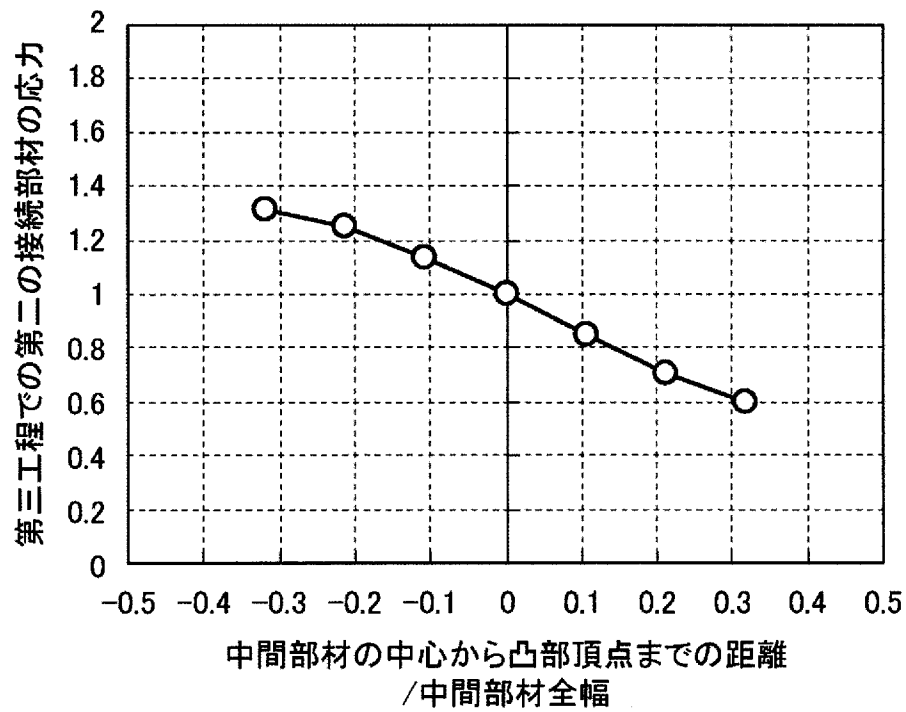
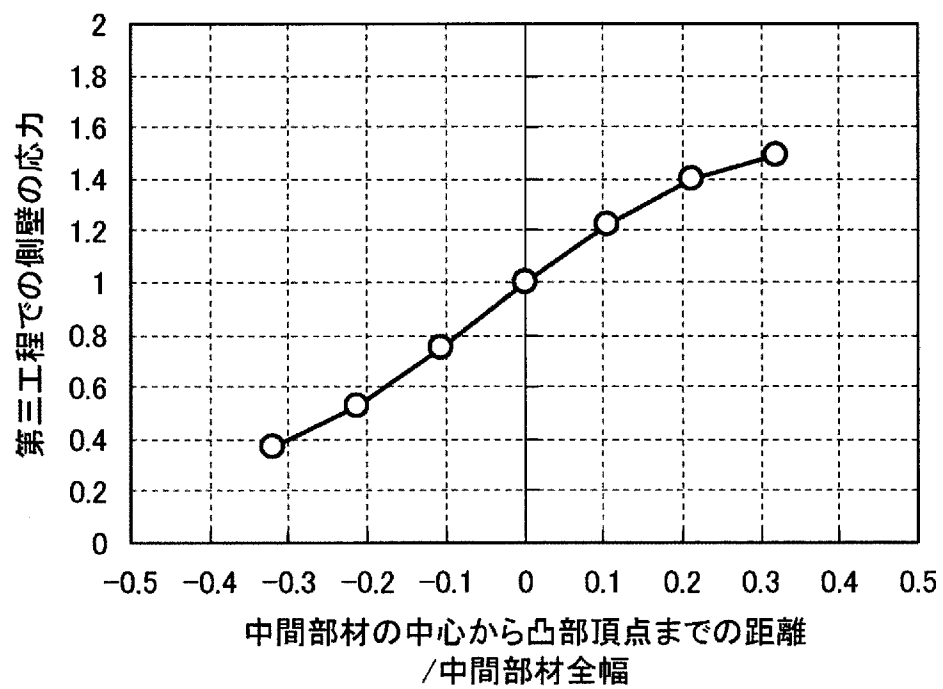


圖 5



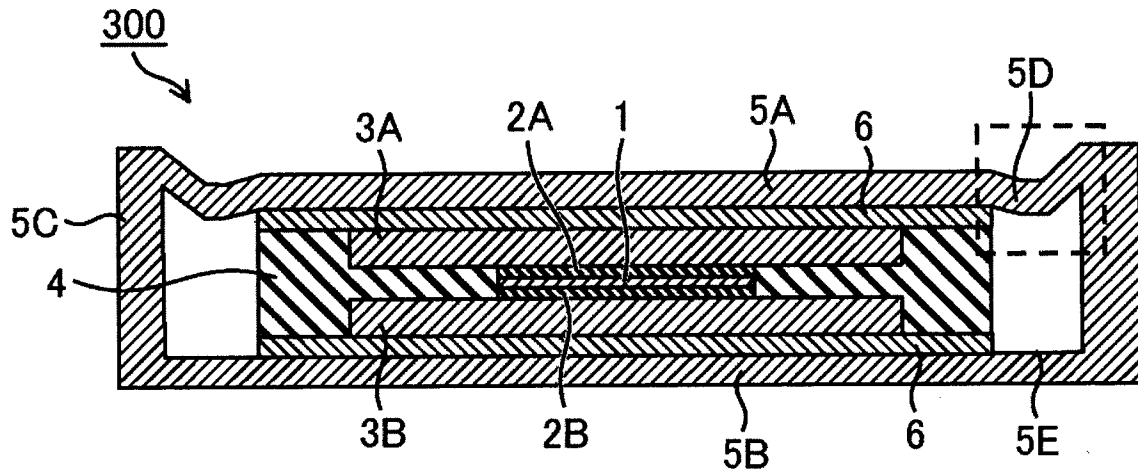
[図6]

図 6

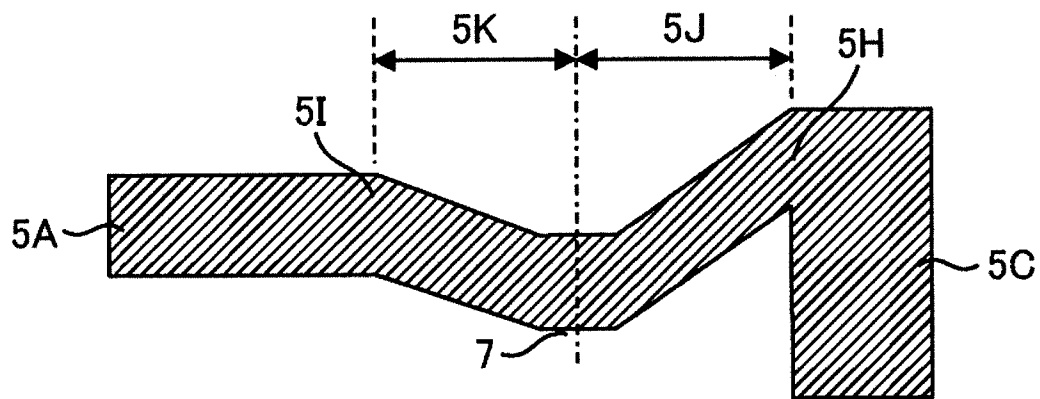


[図7]

図 7



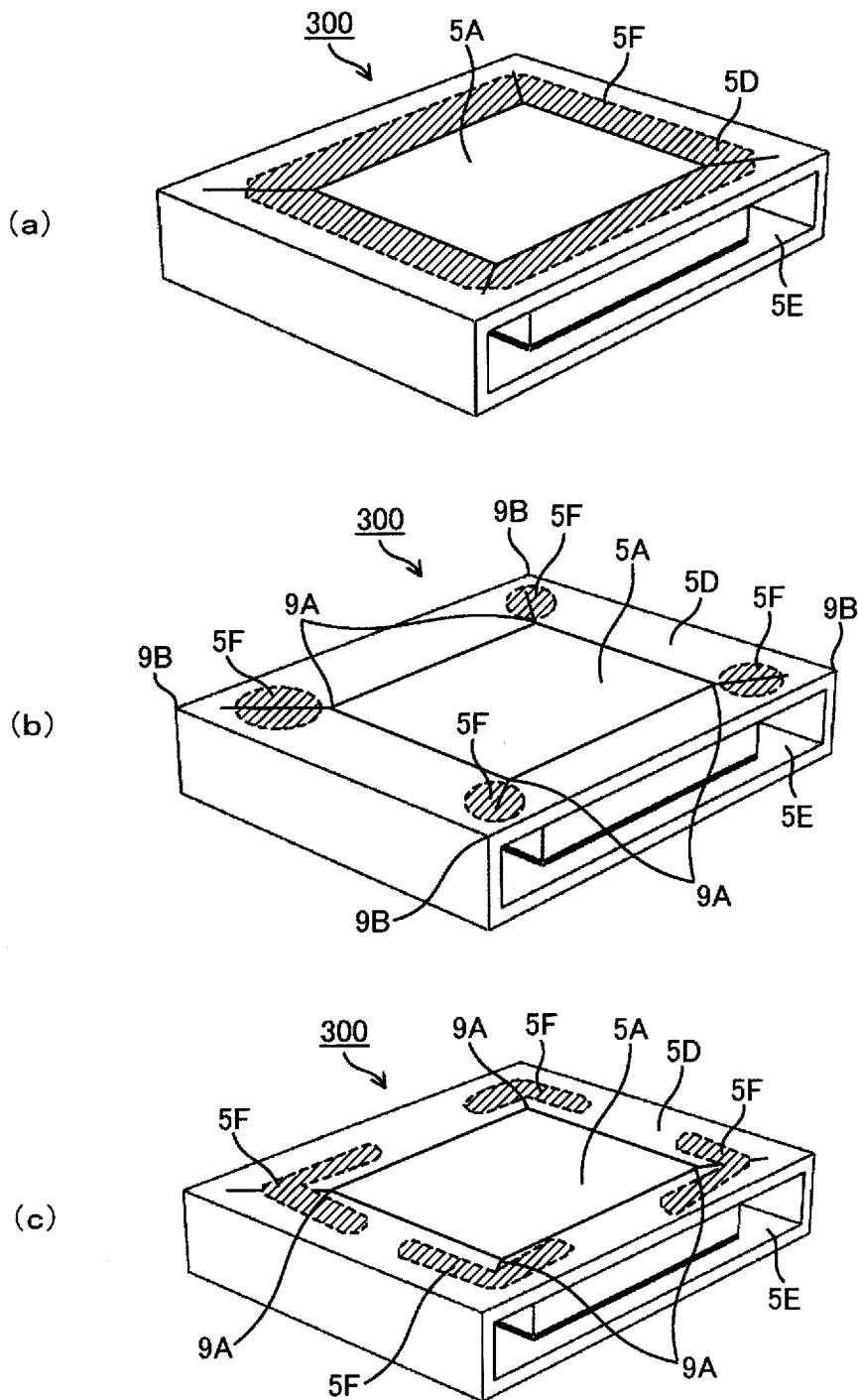
(a)



(b)

[図8]

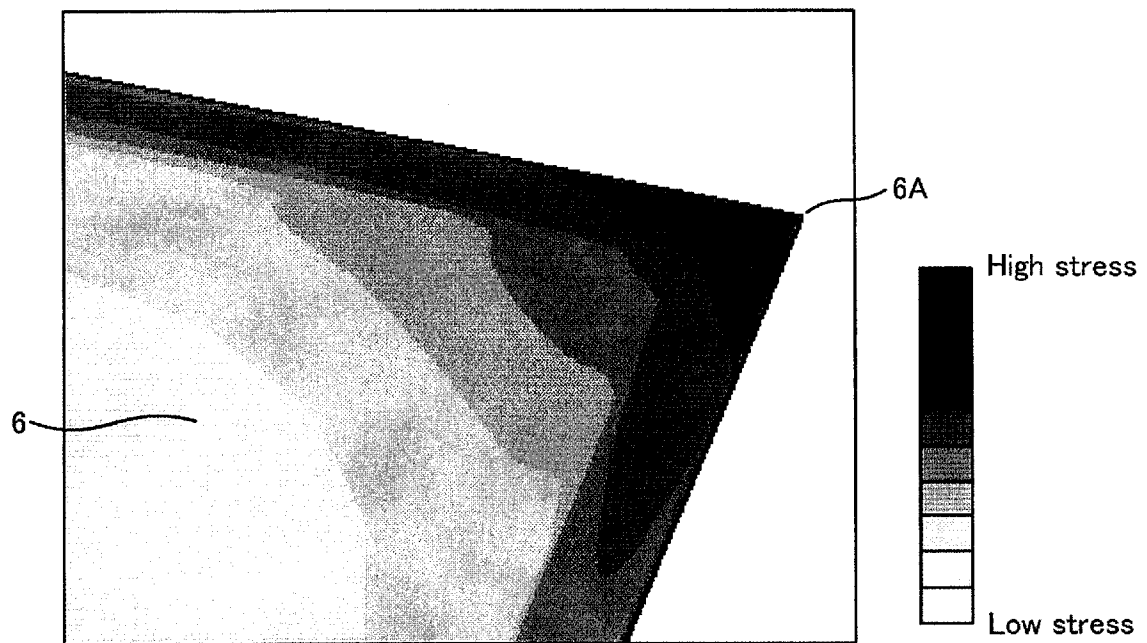
図 8



[図9]

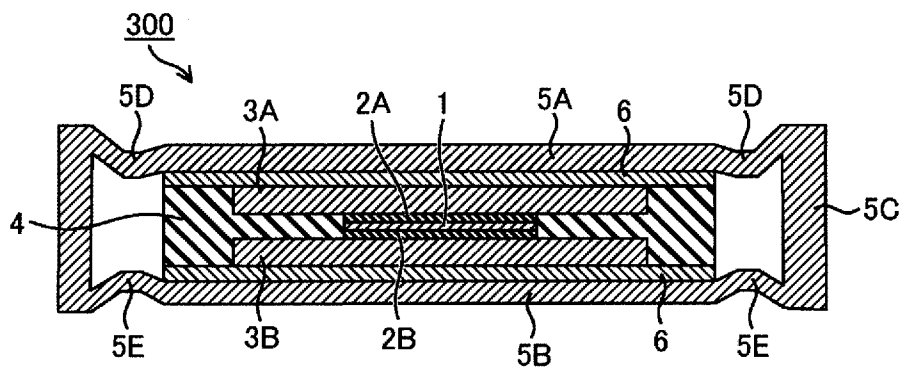
【図 9】

図 9



[図10]

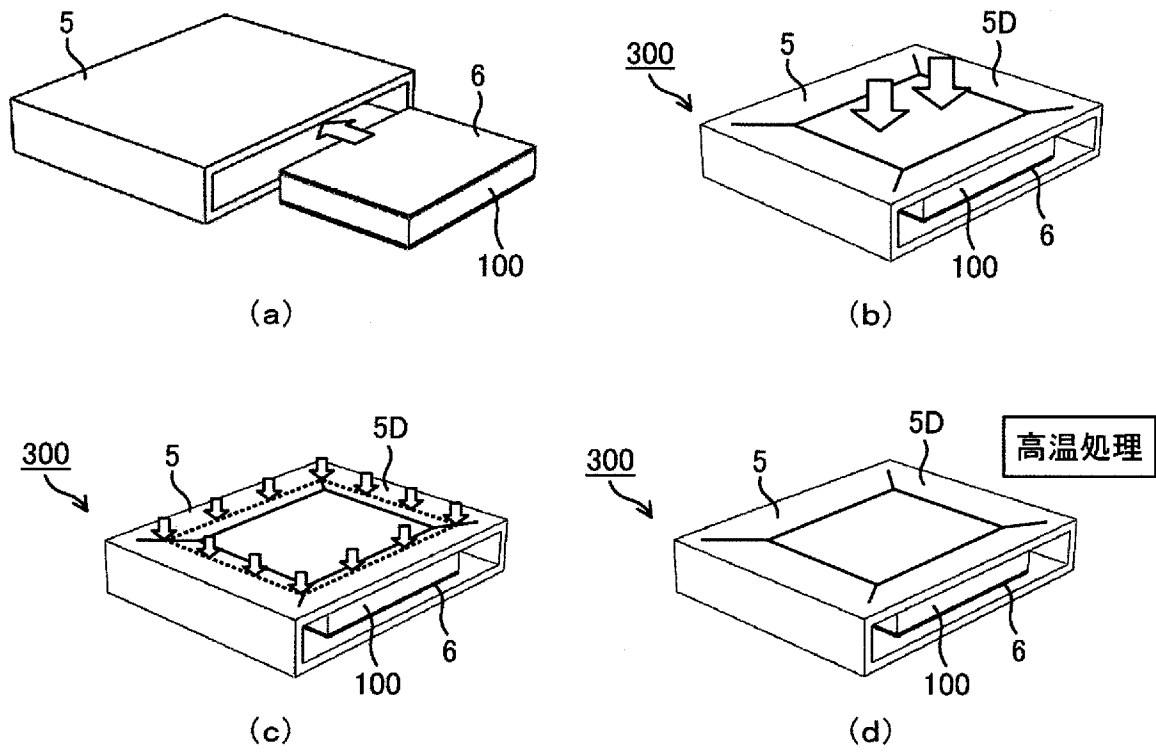
図 10





[図12]

図 12



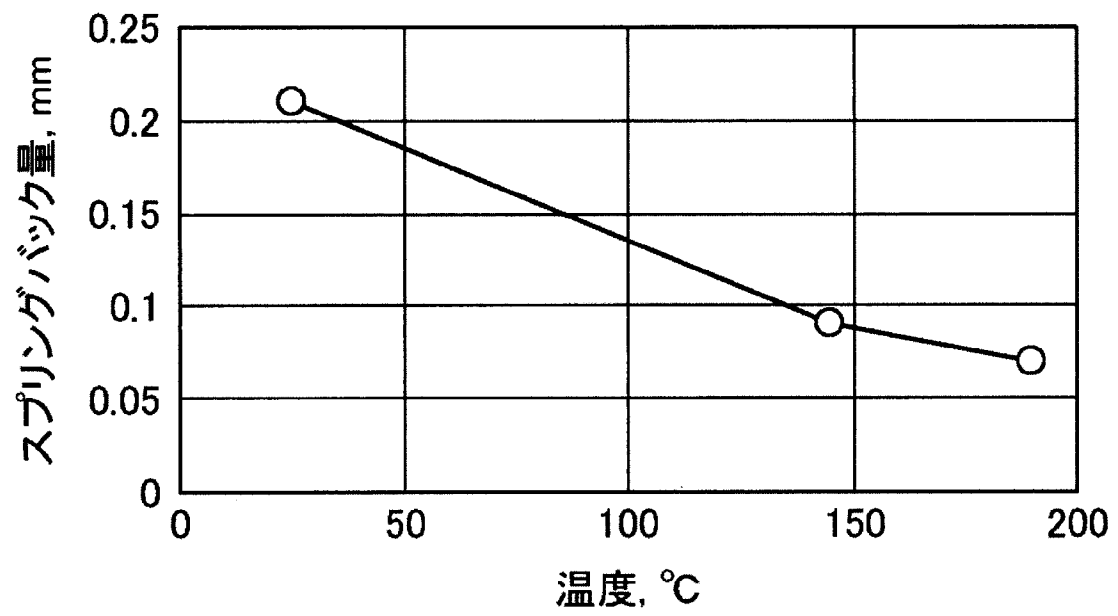
[図13]

図 13

| 合金系       | 組成<br>(wt%)  | 固相線温度<br>(°C) | 液相線温度<br>(°C) |
|-----------|--------------|---------------|---------------|
| Sn-Pb系    | Sn-5Pb       | 183           | 224           |
|           | Sn-35Pb      | 183           | 186           |
|           | Sn-37Pb      | 183           | 184           |
|           | Sn-40Pb      | 183           | 190           |
|           | Sn-45Pb      | 183           | 203           |
|           | Sn-50Pb      | 183           | 215           |
| Pb-Sn系    | Sn-55Pb      | 183           | 227           |
|           | Sn-60Pb      | 183           | 238           |
|           | Sn-65Pb      | 183           | 248           |
|           | Sn-70Pb      | 183           | 258           |
|           | Sn-80Pb      | 183           | 279           |
|           | Sn-90Pb      | 268           | 301           |
|           | Sn-95Pb      | 300           | 314           |
|           | Sn-98Pb      | 316           | 322           |
| Sn-Pb-Bi系 | Sn-43Pb-14Bi | 135           | 165           |
| Sn-Bi系    | Sn-58Bi      | 139           | 139           |
| Sn-Pb-Ag系 | Sn-36Pb-2Ag  | 179           | 190           |
| Sn-Ag系    | Sn-3.5Ag     | 221           | 221           |
| Sn-Sb系    | Sn-5Sb       | 235           | 240           |
| Pb-Ag系    | Pb-2.5Ag     | 304           | 304           |
| Pb-Ag-Sn系 | Pb-1.5Ag-1Sn | 309           | 309           |

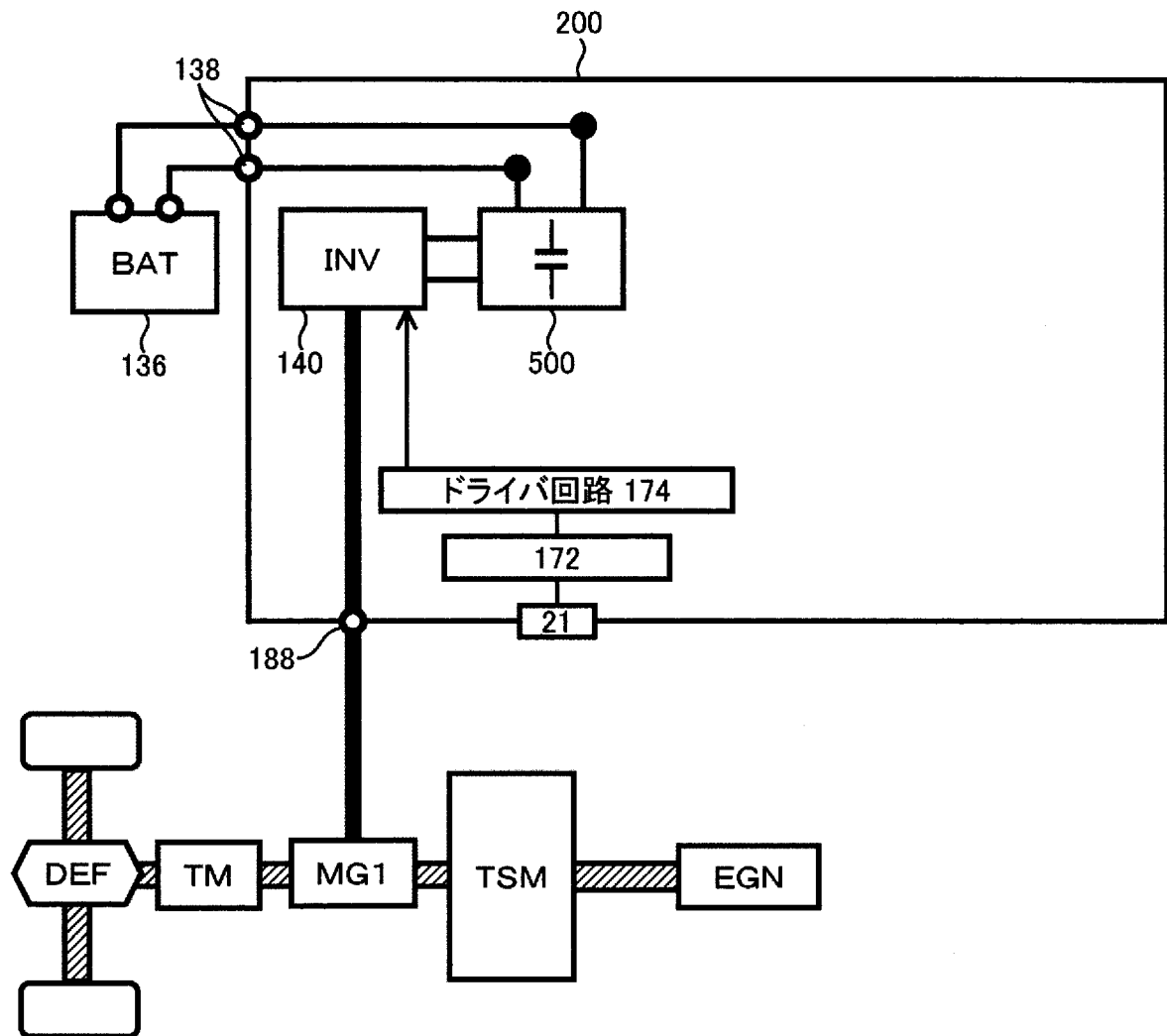
[図14]

図 14



[図15]

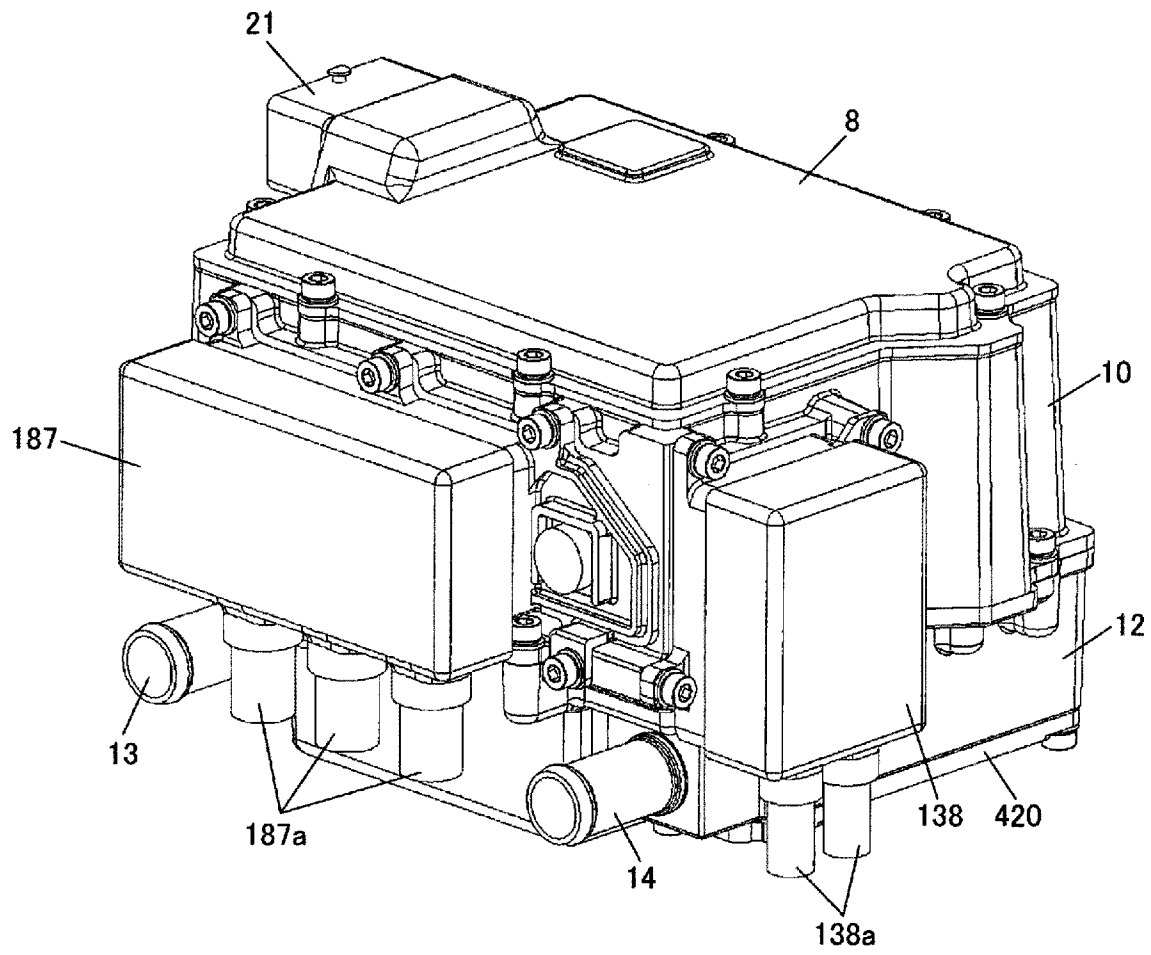
図 15



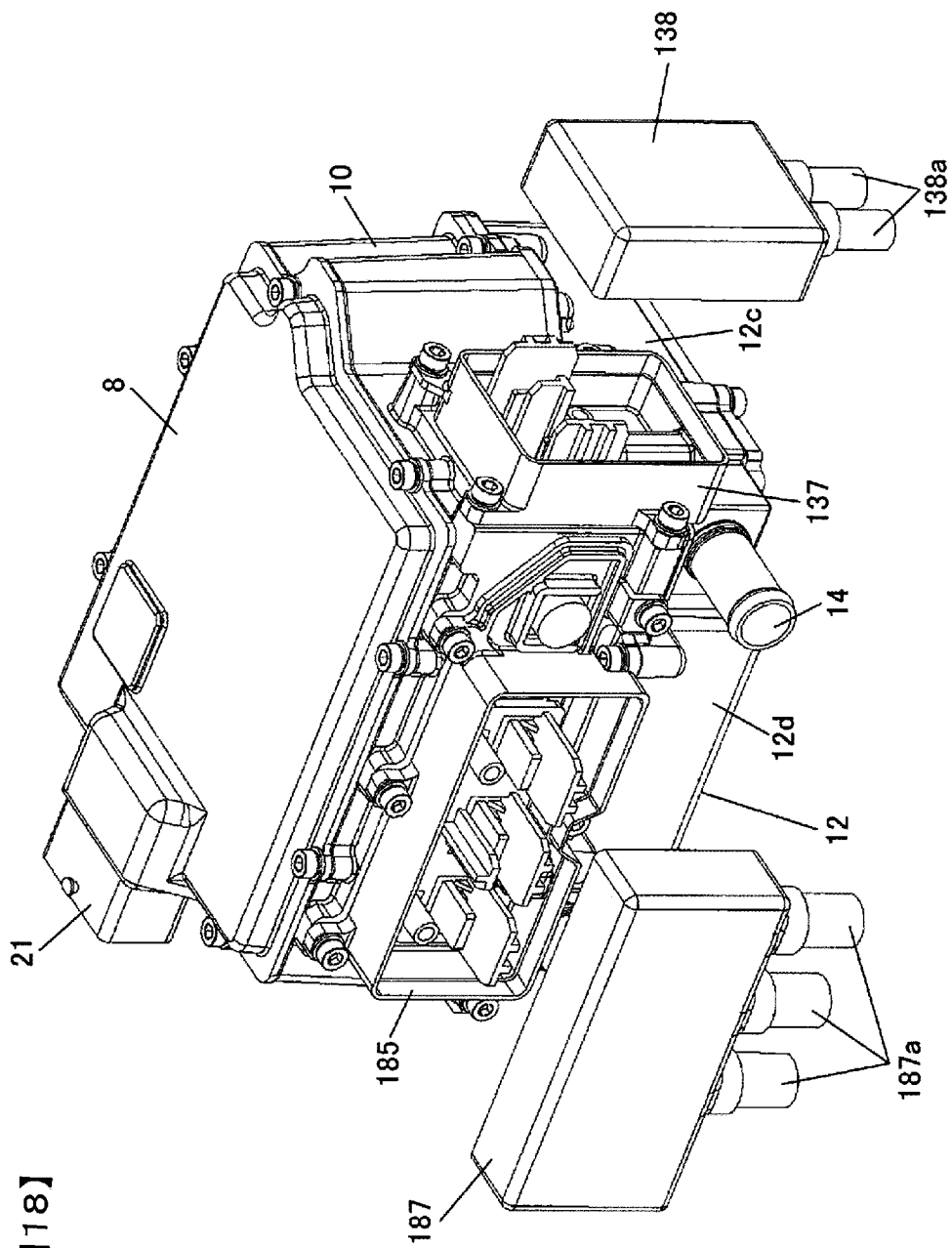


[図17]

図 17

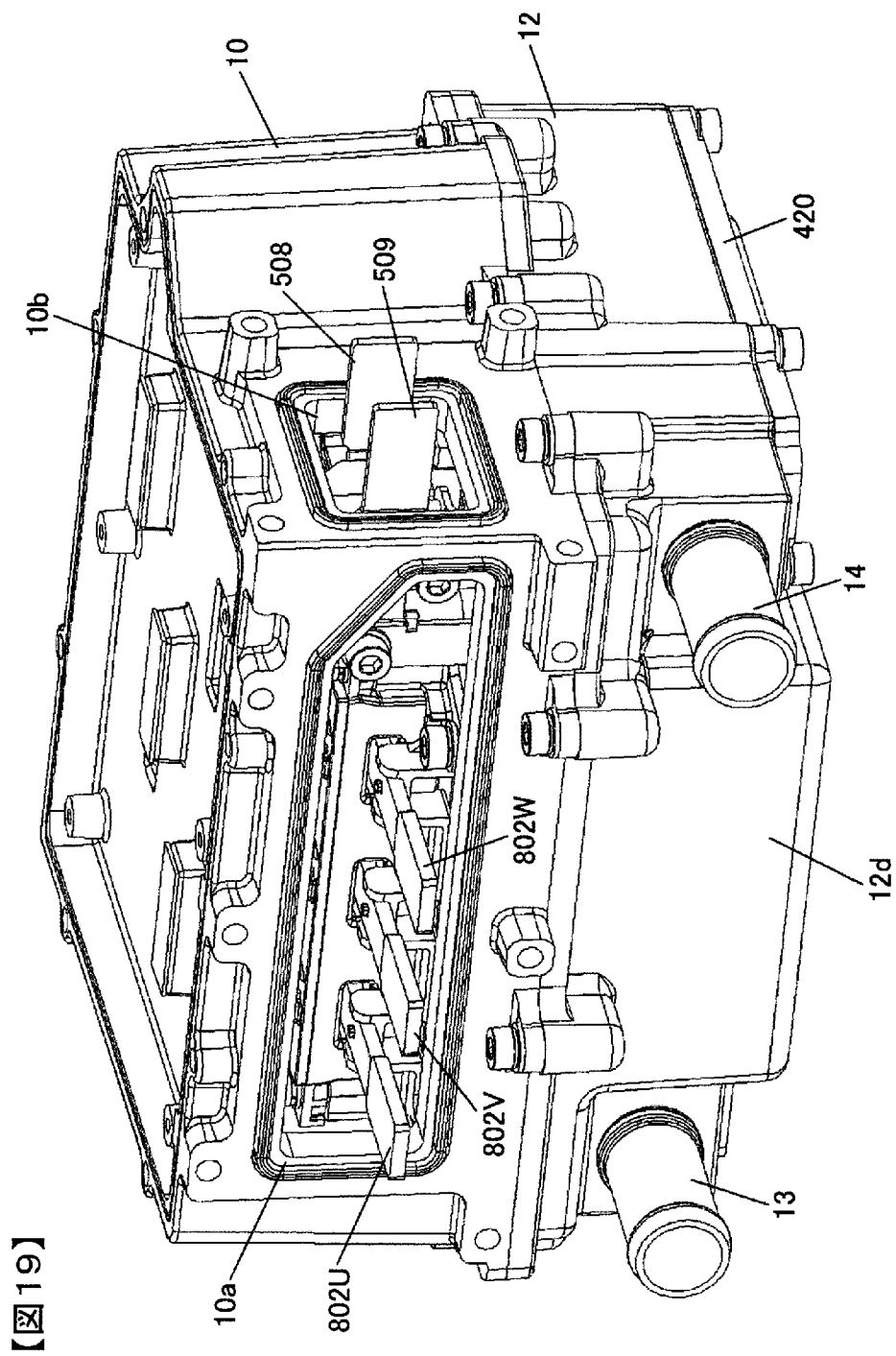


[図18]



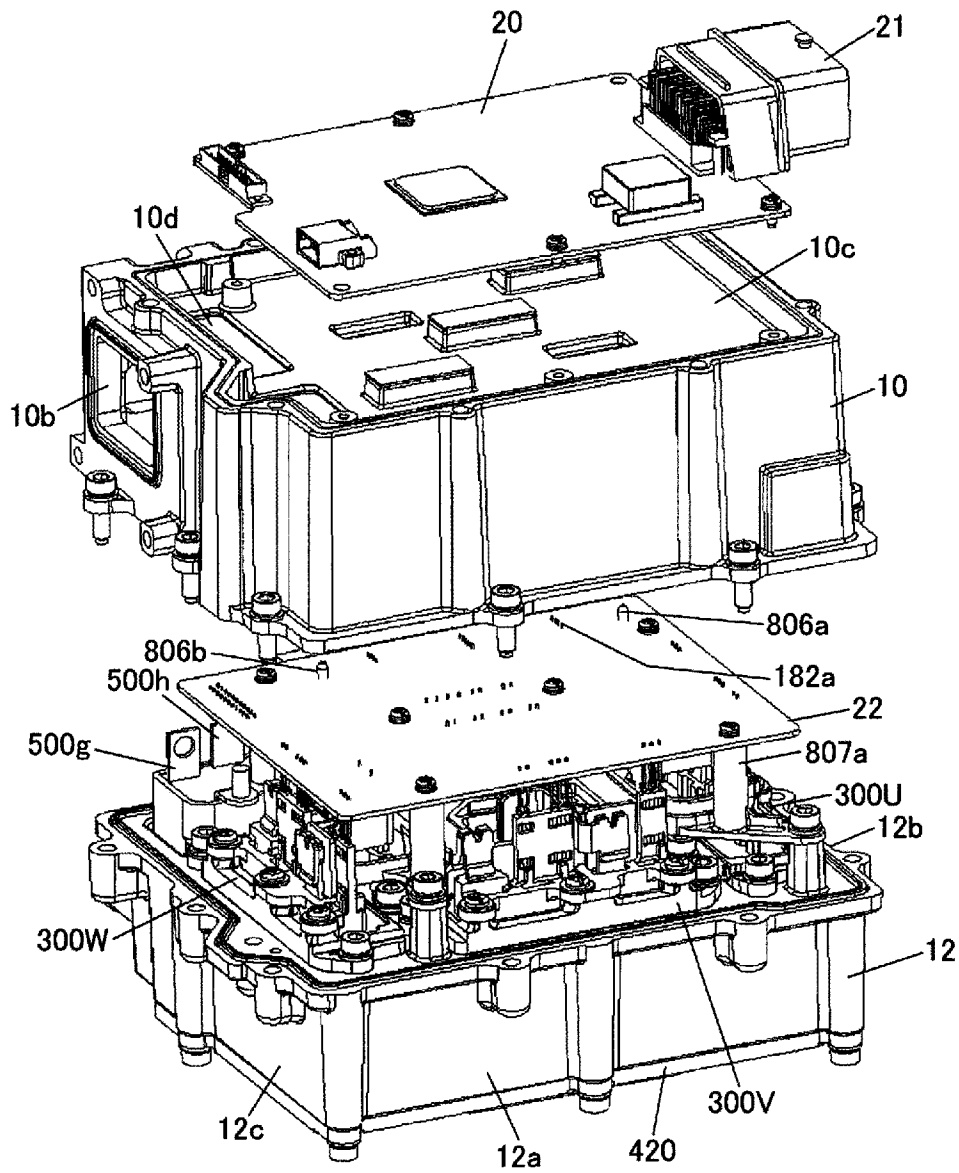
【図18】

【図19】



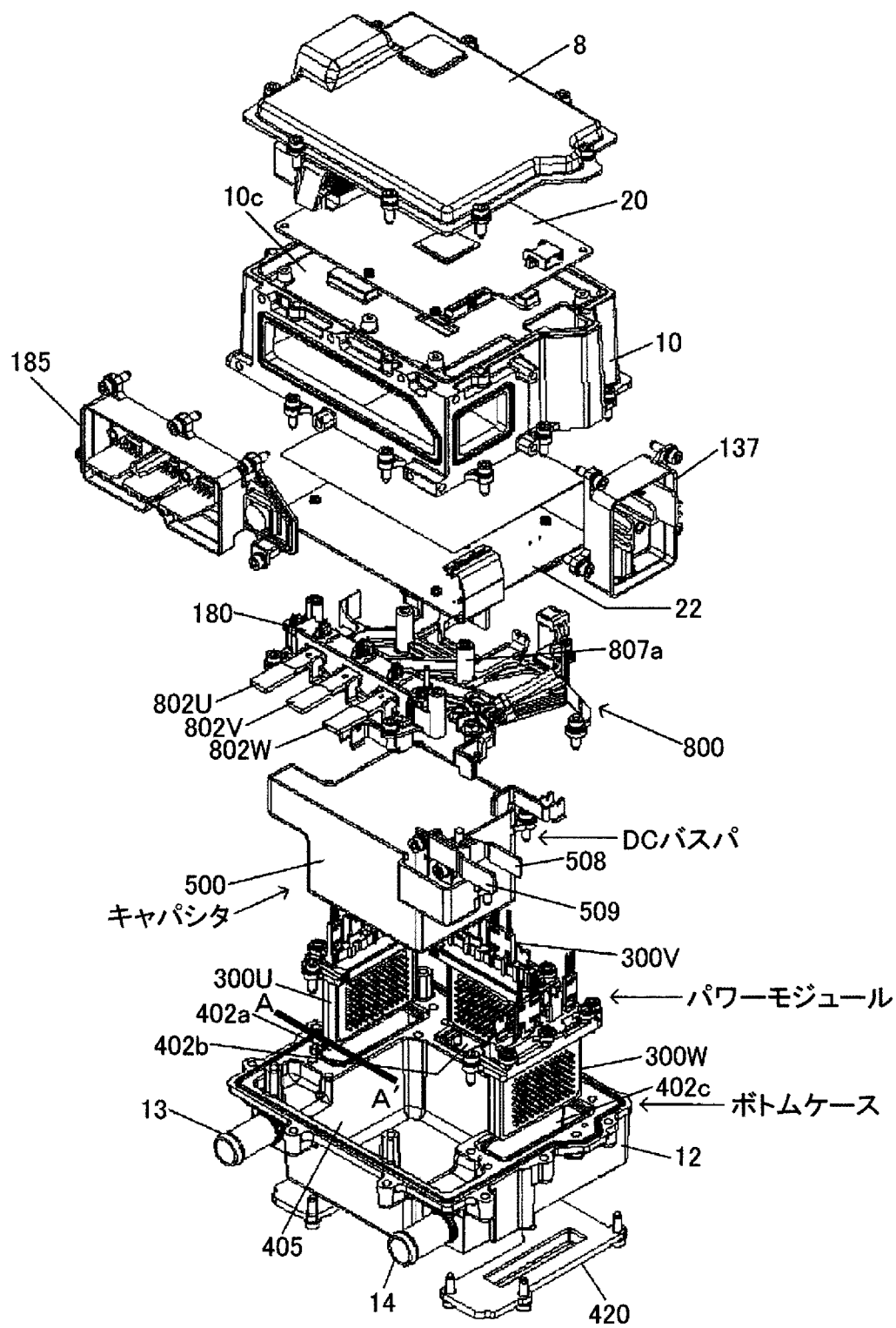
[図20]

図 20



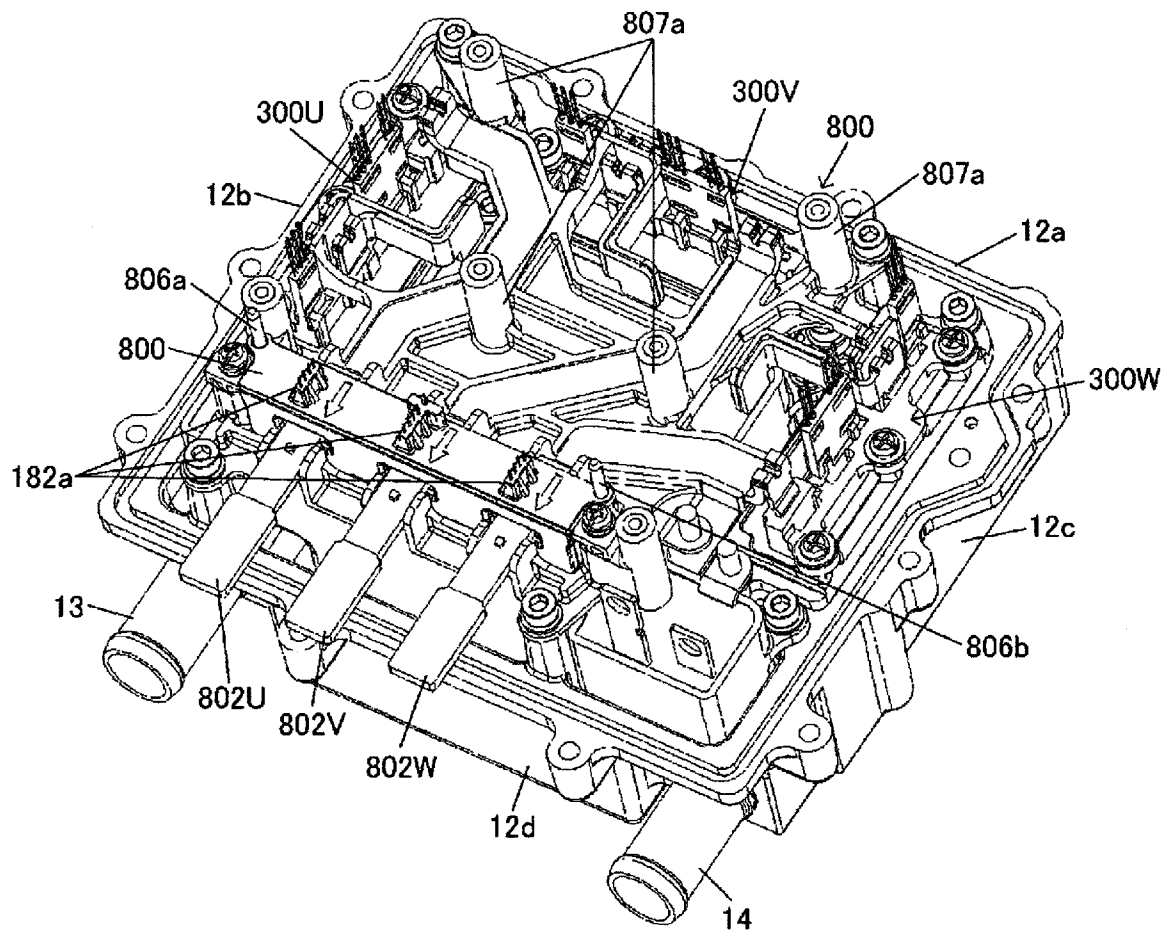
[図21]

図 21



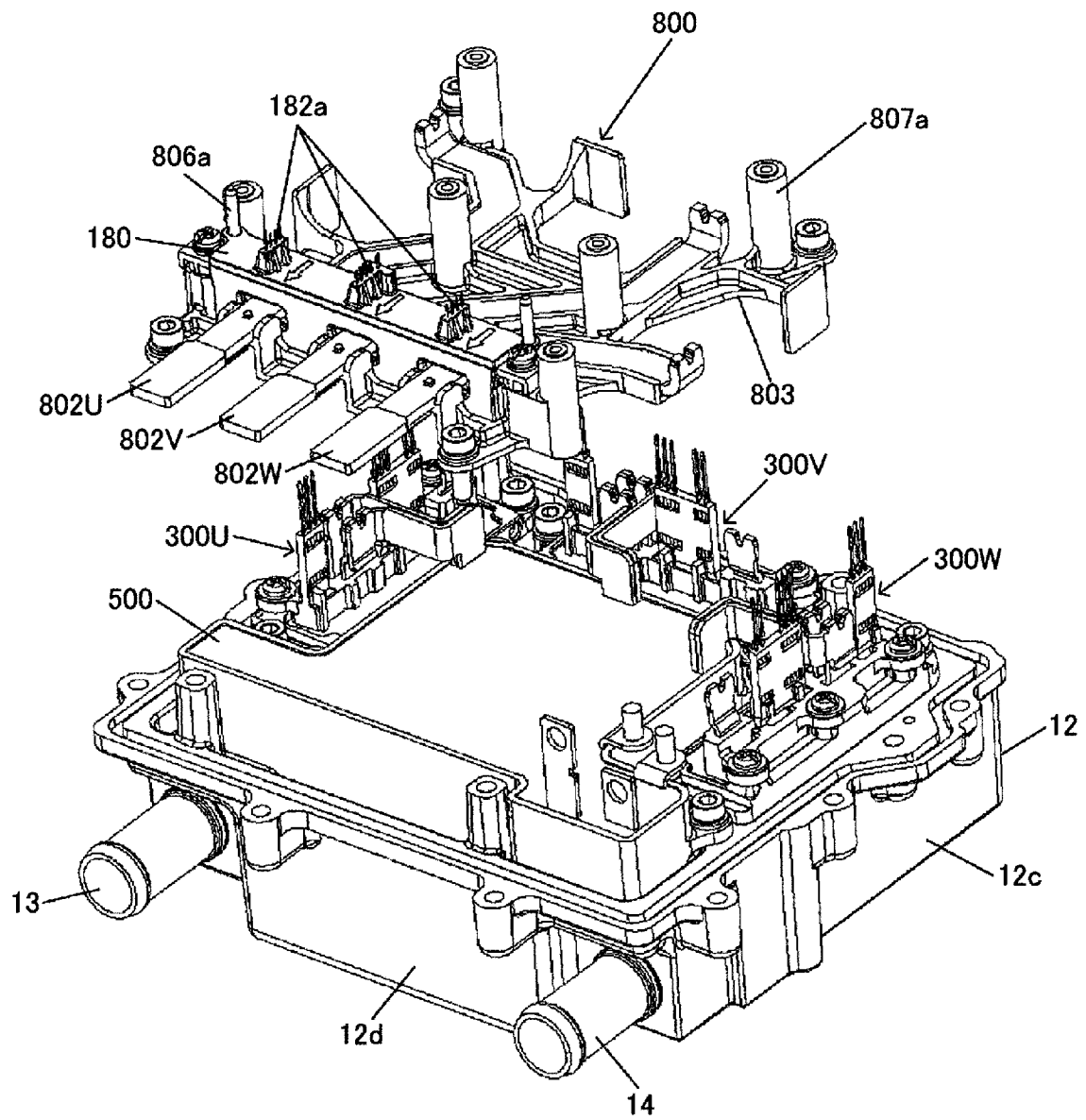
[図22]

図 22



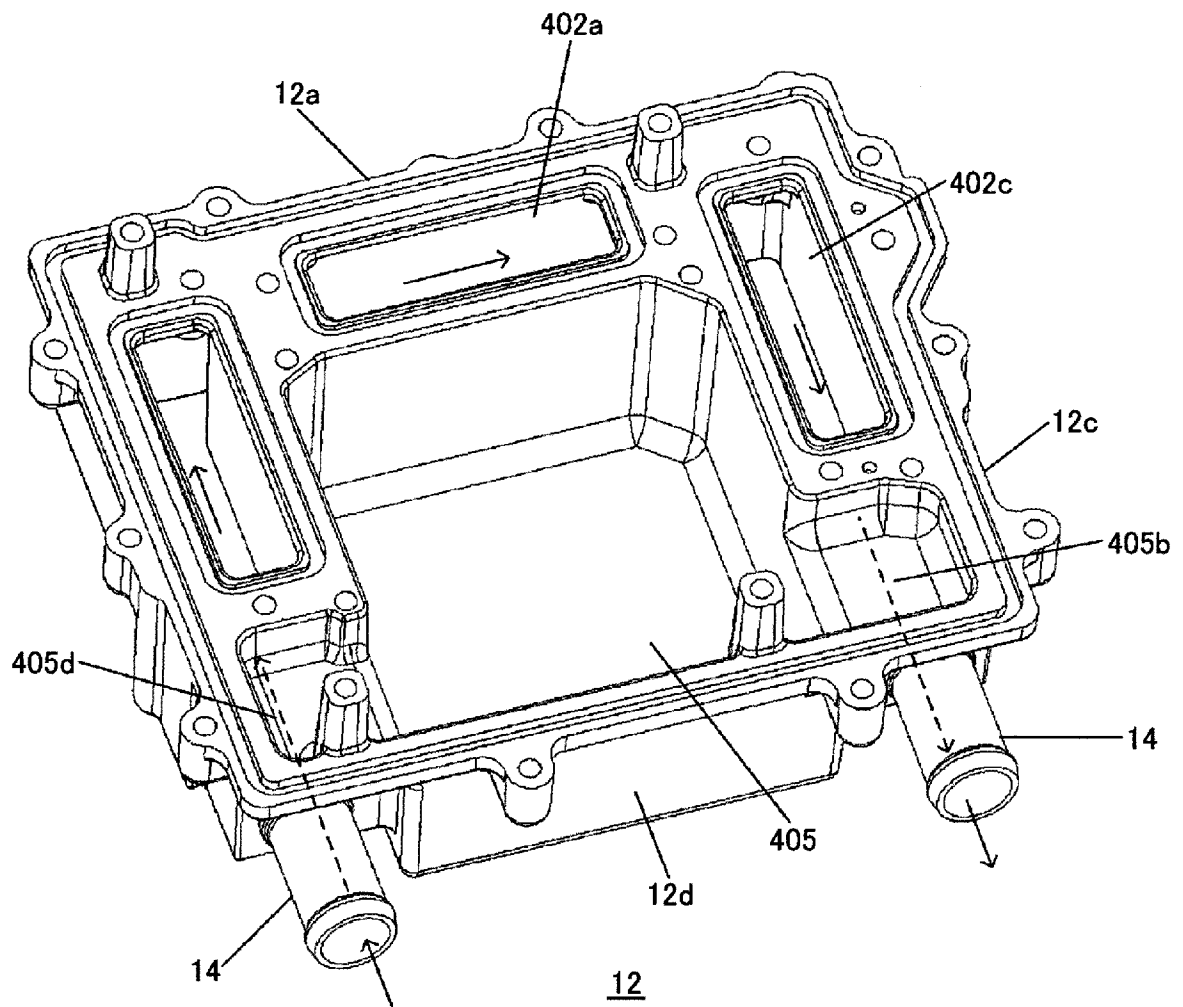
[図23]

図 23



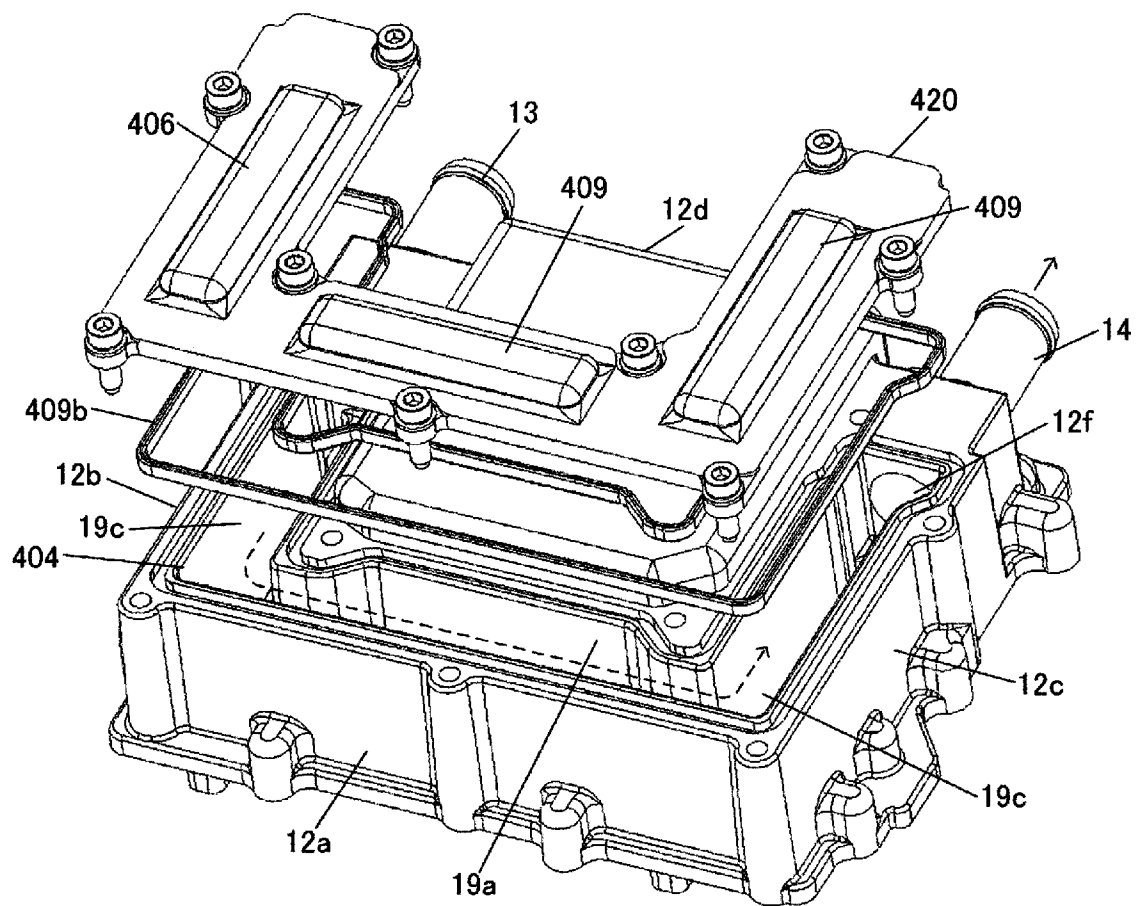
[図24]

図 24



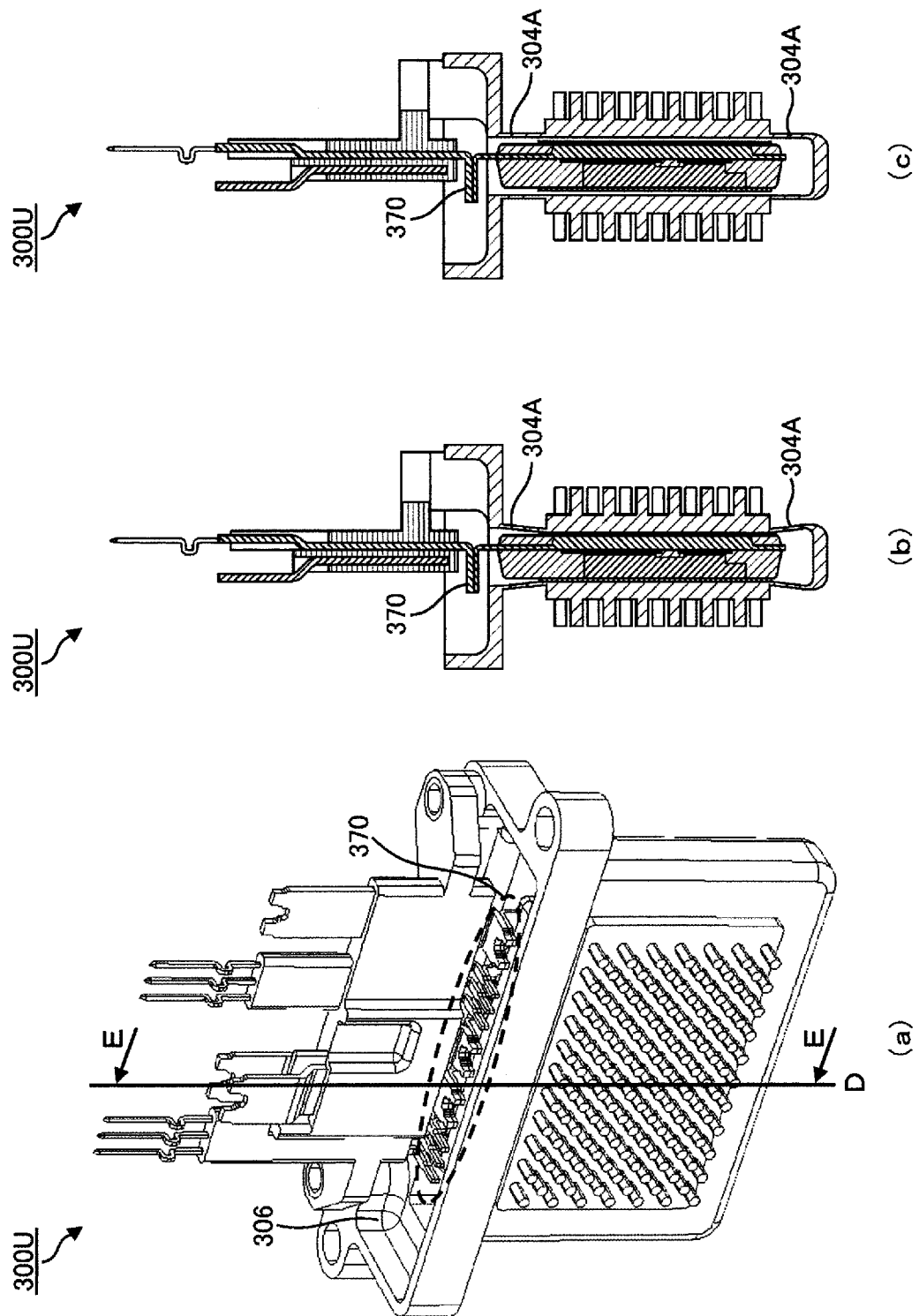
[図25]

図 25



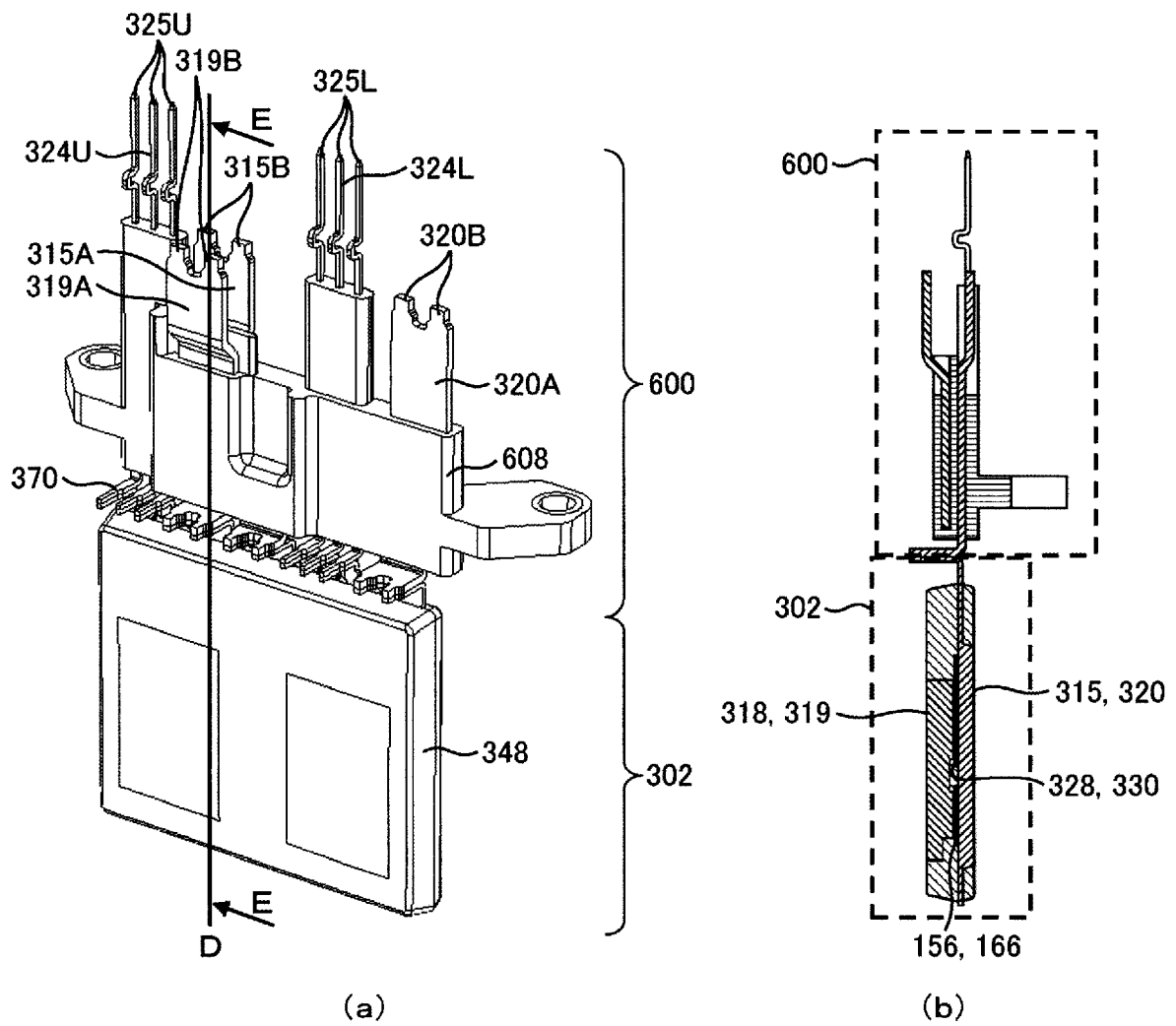


【図27】



[図28]

図 28



[図29]

図 29

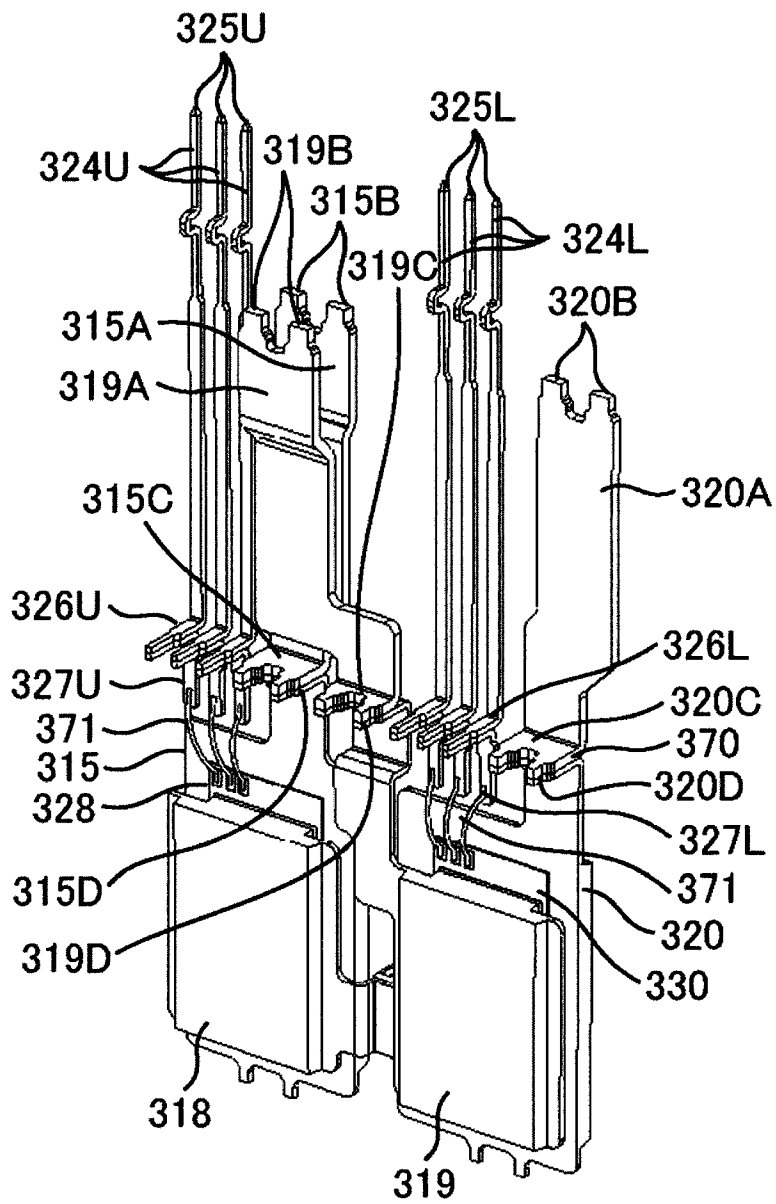
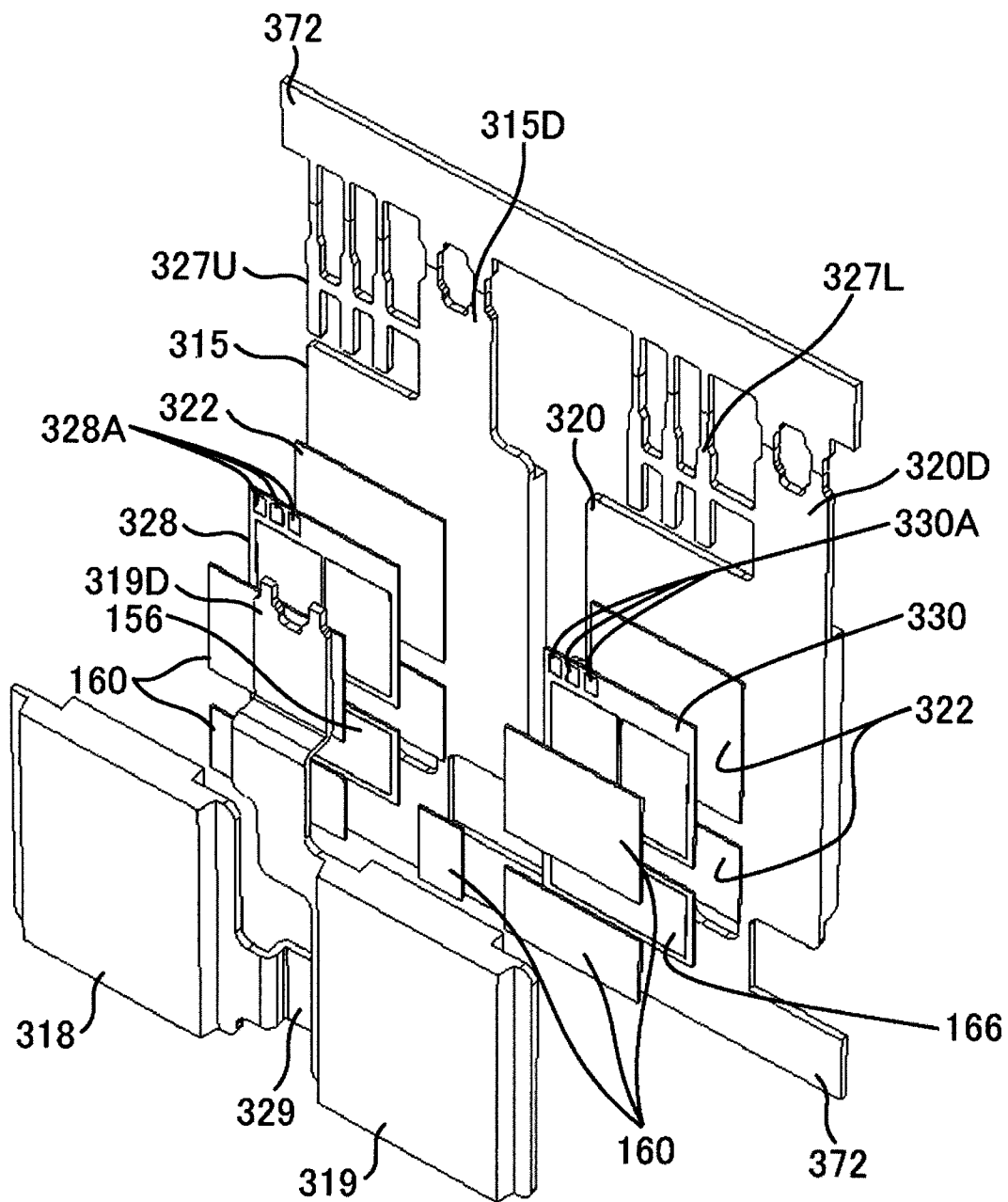
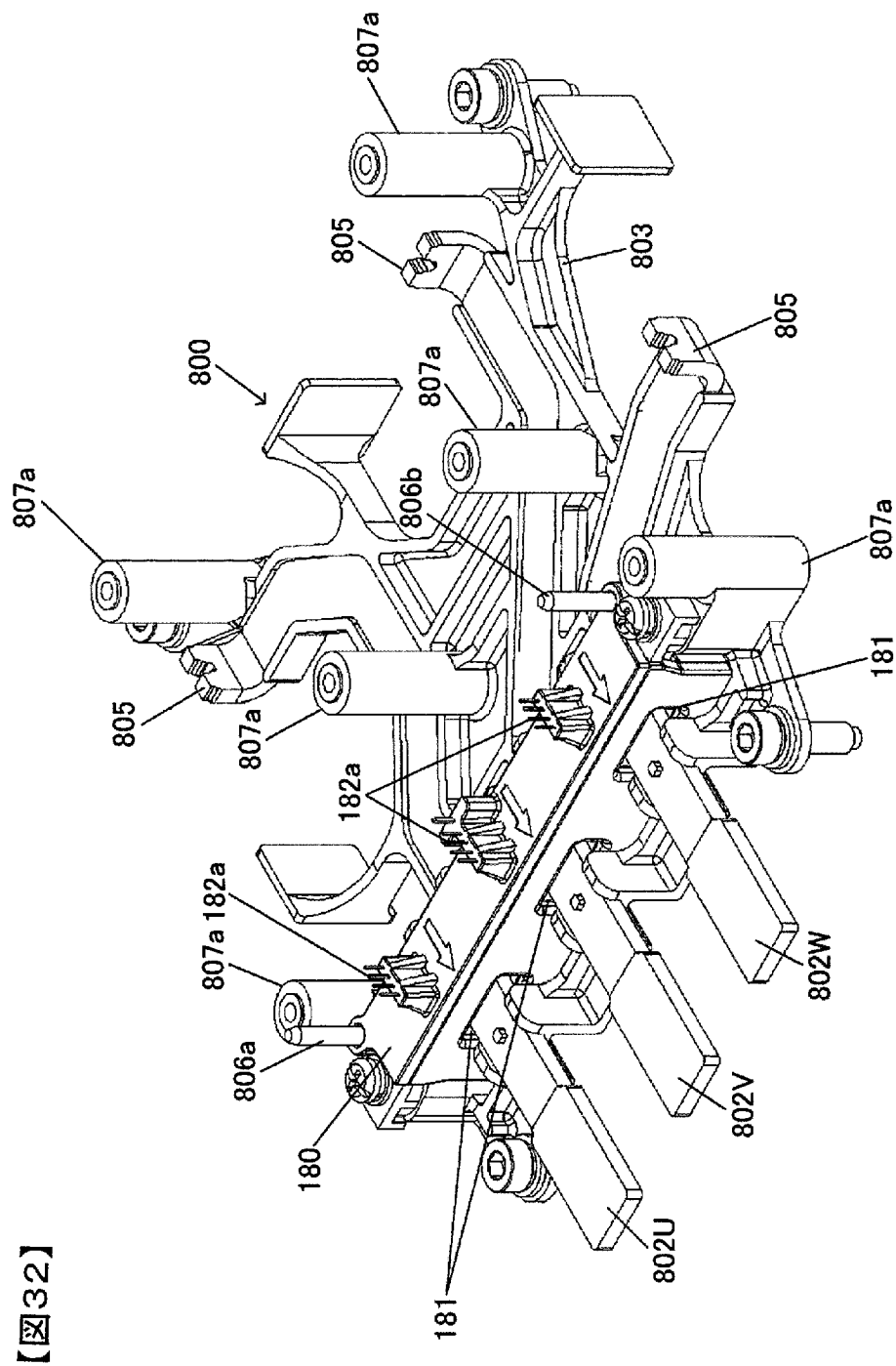


図 30





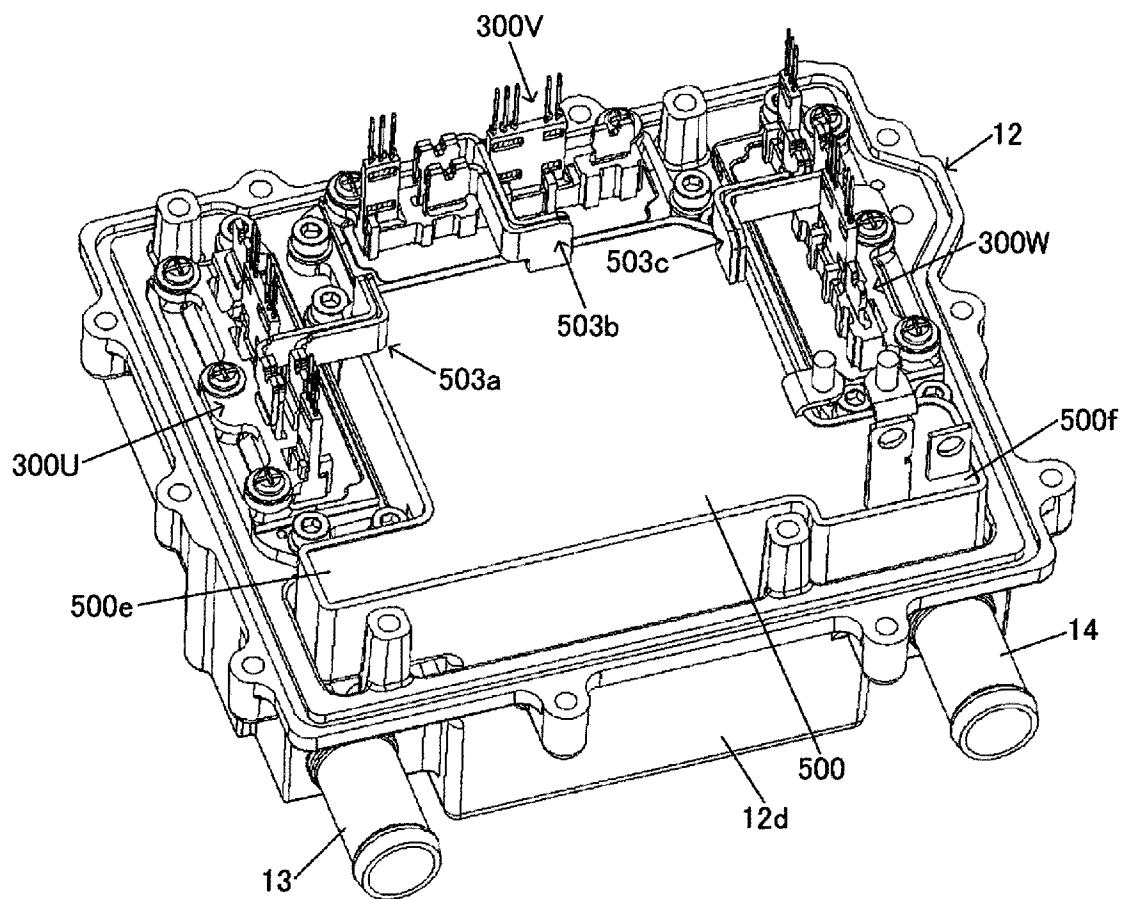
[図32]



【図32】

[図33]

図 33



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/054129

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L25/07(2006.01)i, H01L23/34(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i, H02M1/00(2007.01)i, H02M3/155(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L25/07, H01L23/34, H01L25/18, H02M1/00, H02M3/155, H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                             | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-110143 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.),<br>13 May 2010 (13.05.2010),<br>entire text; all drawings<br>& US 2011/0299265 A1 & EP 2346153 A1<br>& WO 2010/050594 A1 & CN 101946395 A | 1-12                  |
| A         | JP 2010-258315 A (Hitachi Automotive Systems, Ltd.),<br>11 November 2010 (11.11.2010),<br>entire text; all drawings<br>& WO 2010/125935 A1                                                     | 1-12                  |
| A         | JP 2005-175163 A (Toyota Motor Corp.),<br>30 June 2005 (30.06.2005),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                            | 1-12                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 May, 2012 (16.05.12)

Date of mailing of the international search report

29 May, 2012 (29.05.12)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））<br>Int.Cl. H01L25/07(2006.01)i, H01L23/34(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i, H02M1/00(2007.01)i, H02M3/155(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                         |                |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））<br>Int.Cl. H01L25/07, H01L23/34, H01L25/18, H02M1/00, H02M3/155, H02M7/48                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                         |                |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2012年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2012年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2012年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |                |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |                |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |                |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                       | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | JP 2010-110143 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）<br>2010.05.13, 全文, 全図 & US 2011/0299265 A1 & EP 2346153 A1<br>& WO 2010/050594 A1 & CN 101946395 A | 1-12           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | JP 2010-258315 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）<br>2010.11.11, 全文, 全図 & WO 2010/125935 A1                                                          | 1-12           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | JP 2005-175163 A（トヨタ自動車株式会社）2005.06.30,<br>全文, 全図（ファミリーなし）                                                                              | 1-12           |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                         |                |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |                                                                                                                                         |                |
| 国際調査を完了した日<br>16.05.2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 国際調査報告の発送日<br>29.05.2012                                                                                                                |                |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（I S A / J P）<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 特許庁審査官（権限のある職員）<br>石野 忠志<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3471                                                                                   | 4R 3547        |