

(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  
2010年11月4日(04.11.2010)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2010/125935 A1

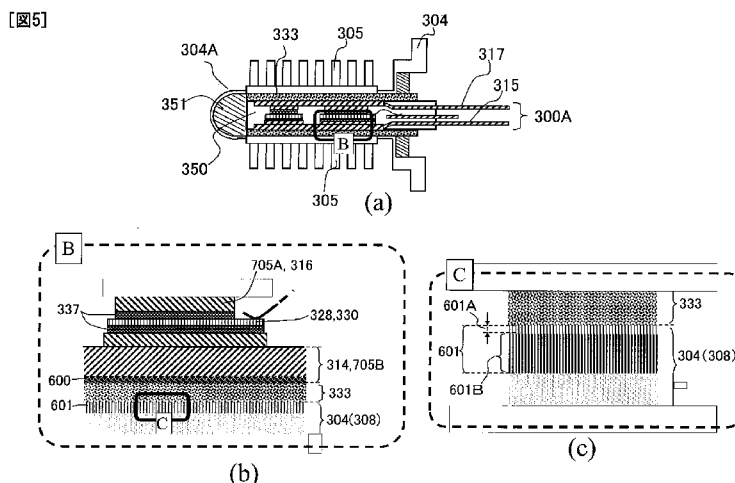
- (51) 国際特許分類:  
H01L 25/07 (2006.01) H01L 25/18 (2006.01)  
H01L 23/36 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056872
- (22) 国際出願日: 2010年4月16日(16.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2009-108653 2009年4月28日(28.04.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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2520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): 徳山 健 (TOKUYAMA, Takeshi) [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). 中津 欣也 (NAKATSU, Kinya) [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). 齋藤 隆一

- (SAITO, Ryuichi) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 佐藤 俊也 (SATO, Toshiya) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 石川 秀明 (ISHIKAWA, Hideaki) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520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, RO, RS, RU, 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.
- (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,

[続葉有]

(54) Title: POWER MODULE

(54) 発明の名称: パワーモジュール



(57) Abstract: Disclosed is a power module comprised of a semiconductor element for converting direct current to alternating current by a switching operation; an electric wiring board which is electrically connected to the semiconductor element, and which has one main surface on which the semiconductor element is disposed; a resin insulation layer disposed on the other main surface of the electric wiring board; a first insulation layer which is disposed on the opposite side of the electric wiring board via the resin insulation layer; a second insulation layer which is disposed on the opposite side of the resin insulation layer via the first insulation layer, and ensures the electric insulation of the semiconductor element; and a heat-releasing metal member which is disposed on the opposite side of the first insulation layer via the second insulation layer, and releases heat generated by the semiconductor element via the electric wiring board, the resin insulation layer, the first insulation layer, and the second insulation layer.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/125935 A1



MZ, NA, 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  
(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, 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))

---

本発明に係るパワーモジュールは、スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、半導体素子と電氣的接続され、一方の主面に半導体素子が配置される電気配線板と、電気配線板の他方の主面側に配置される樹脂絶縁層と、樹脂絶縁層を介して電気配線板とは反対側に配置され、樹脂絶縁層と接合する第1の絶縁層と、第1の絶縁層を介して樹脂絶縁層とは反対側に配置され、半導体素子の電氣的な絶縁を確保する第2の絶縁層と、第2の絶縁層を介して第1の絶縁層とは反対側に配置され、半導体素子が発生する熱を電気配線板、樹脂絶縁層、第1の絶縁層および第2の絶縁層を介して放散する金属製放熱部材とを備える。

## 明 細 書

パワーモジュール

### 技術分野

[0001] 本発明は、インバータ回路を内蔵するパワーモジュールと、これを備えた電力変換装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来の両面冷却型パワーモジュールは、内蔵するパワー半導体素子の電極が形成されている一方の主面に電気配線と絶縁層と冷却器を備え、他方の主面にも同様に電気配線と絶縁層と冷却器を備える。また、前述の冷却器には、パワー半導体素子の配置面とは反対側の面に放熱ベースとフィンが形成され、内部空間は樹脂材料にて封止されており、冷却水路が形成された水路筐体に挿入及び浸漬して当該フィンに冷却媒体を直接接触させ、パワー半導体の発生熱を、前述の両主面から冷却器を介して放熱させることで冷却性能と生産性を向上させた構造が特許文献 1 から 3 に開示されている。

[0003] パワー半導体の一方の主面に電気配線と絶縁層と冷却器を備えて片面から放熱する片面冷却型パワーモジュールにおいて、電気配線と冷却器を絶縁性接着剤で接着し、絶縁性接着剤と冷却器の界面には無機絶縁層を形成し、絶縁性接着剤と無機絶縁層の 2 種の絶縁材料によって絶縁性能を向上したパワーモジュールが特許文献 1 に開示されている。

[0004] 従来の電力変換装置では、パワーモジュールの冷却器上部に実装されるパワー半導体が発熱するため、冷却器に放熱ベース及びフィン部を設け直接冷却媒体をフィン部に流し冷却する構造が必要であった。しかし、電気自動車などの普及には更なる高出力化と電力変換装置の小形化が必要である。高出力化と小形化を実現するには冷却性能の向上が必要であり、大きなパワー半導体を用いることで冷却面を拡大し熱抵抗を下げる必要がある。パワー半導体を大型化することで放熱面積を増大させ冷却媒体に対する熱抵抗を低減できるが、パワー半導体の大型化に伴い電力変換装置が大型化し、同時に生産

性も悪化させていた。生産性を向上させる手段として、絶縁材料を、従来から使用されているセラミックから接着性の樹脂絶縁材料に変更することでろう付け工程を省略する方式がある。しかし、樹脂絶縁材料は、素材自体の絶縁性能がセラミックに比べて劣ること、冷却器との接着性や外界からの冷却媒体や水分の浸透が絶縁性能に影響するため、高い信頼性を要求される車載分野では課題である。

[0005] 特許文献1乃至3に開示されている構造では、各絶縁層が樹脂材料に代表される有機系の絶縁材料で電気配線と冷却器の間に介在する構造であり、使用環境の温度変化に伴う機械的ストレスとその他複合的なストレスによる絶縁劣化の課題がある。

[0006] 特許文献4に開示されている構造では、パワー半導体の放熱面が片方のみであり冷却性能が低いという課題がある。また、冷却媒体に対する内部電子部品のシールの記載が無い。冷却媒体が浸透すると、絶縁性接着剤の接着力や絶縁性接着剤及び無機絶縁層自体の絶縁性能が劣化し、結果的に絶縁基板の絶縁性能が維持できなくなる。これは、高い信頼性を要求される車載分野では課題である。特に絶縁性接着剤が樹脂に代表される有機材料に対して重要である。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2005-57212号公報  
特許文献2：特開2007-53295号公報  
特許文献3：特開2008-193867号公報  
特許文献4：特開2005-159048号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0008] 本発明が解決しようとする課題は、パワーモジュール及びこれを備えた電力変換装置の絶縁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

[0009] 本発明の第1の態様によると、パワーモジュールであって、スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、半導体素子と電氣的接続され、一方の主面に半導体素子が配置される電気配線板と、電気配線板の他方の主面側に配置される樹脂絶縁層と、樹脂絶縁層を介して電気配線板とは反対側に配置され、樹脂絶縁層と接合する第1の絶縁層と、第1の絶縁層を介して樹脂絶縁層とは反対側に配置され、半導体素子の電氣的な絶縁を確保する第2の絶縁層と、第2の絶縁層を介して第1の絶縁層とは反対側に配置され、半導体素子が発生する熱を電気配線板、樹脂絶縁層、第1の絶縁層及び前記第2の絶縁層を介して放散する金属製放熱部材とを備える。

本発明の第2の態様によると、第1の態様のパワーモジュールにおいて、第2の絶縁層の膜厚は、第1の絶縁層の膜厚よりも大きく形成されることが好ましい。

本発明の第3の態様によると、第1の態様または第2の態様のパワーモジュールにおいて、金属製放熱部材はアルミ合金から形成されており、第1の絶縁層は、金属製放熱部材に無機酸系のアルマイト処理が施されることによって金属製放熱部材に形成され、第2の絶縁層は、金属製放熱部材に有機酸系のアルマイト処理が施されることによって金属製放熱部材に形成されることが好ましい。

本発明の第4の態様によると、第2の態様または第3の態様のパワーモジュールにおいて、第2の絶縁層に施されたアルマイト処理は、リン酸又はシウ酸アルマイト処理であることが好ましい。

本発明の第5の態様によると、パワーモジュールであって、スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、半導体素子の一方の側にある主電極と対向して配置され、半導体素子と電氣的接続される第1の電気配線板と、半導体素子の他方の側にある主電極と対向して配置され、半導体素子と電氣的接続される第2の電気配線板とを備え、半導

体素子の両側にそれぞれ、第1の電気配線板または第2の電気配線板を介して配置される樹脂絶縁層と、樹脂絶縁層を介して、樹脂絶縁層と接合するためのアルマイト処理が施された第1の絶縁層と、第1の絶縁層を介して、半導体素子の電気的な絶縁を確保するための第2の絶縁層とを備え、半導体素子の両側にそれぞれ、第1の電気配線板または第2の電気配線板、樹脂絶縁層、第1の絶縁層、および第2の絶縁層を介して、半導体素子が発生する熱を放散するための金属製放熱部材とを備える。

本発明の第6の態様によると、第5の態様のパワーモジュールにおいて、金属製放熱部材はアルミ合金から形成されており、第1の絶縁層は、金属製放熱部材に無機酸系のアルマイト処理が施されることによって金属製放熱部材に形成され、第2の絶縁層は、金属製放熱部材に有機酸系のアルマイト処理が施されることによって金属製放熱部材に形成されることが好ましい。

本発明の第7の態様によると、パワーモジュールであって、スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、半導体素子の一方の側にある主電極と対向して配置され、前期半導体素子と電氣的接続される第1の電気配線板と、半導体素子の他方の側にある主電極と対向して配置され、前記半導体素子と電氣的接続される第2の電気配線板と、第1の電気配線板および第2の電気配線板の半導体素子とは対向しない面の一部を露出するように、半導体素子と第1の電気配線板と第2の電気配線板とを封止するための樹脂封止材と、樹脂封止材により封止された半導体素子と第1の電気配線板と前記第2の電気配線板とを挿入するための開口を有する金属製ケースと、第1の電気配線板および第2の電気配線板の露出面と前記金属製ケースの内壁との間に挿入される絶縁シートとを備え、金属製ケースは、絶縁シートとこの金属製ケースとの対向面に、絶縁シートと接合するための第1の絶縁層が形成されるとともに、第1の絶縁層を介して絶縁シートとは反対側に第2の絶縁層が形成される。

本発明の第8の態様によると、第7の態様のパワーモジュールにおいて、金属製ケースはアルミ合金から形成されており、第1の絶縁層は、金属製ケ

ースに無機酸系のアルマイト処理が施されることにより金属製ケースに形成され、

第2の絶縁層は、金属製ケースに有機酸系のアルマイト処理が施されることによって金属製ケースに形成されることが好ましい。

本発明の第9の態様によると、第1の態様のパワーモジュールにおいて、電気配線板はCu合金から形成されており、樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されることが好ましい。

本発明の第10の態様によると、第5の態様のパワーモジュールにおいて、第1の電気配線板および第2の電気配線板はCu合金から形成されており、樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されることが好ましい。

本発明の第11の態様によると、第7の態様のパワーモジュールにおいて、第1の電気配線板および第2の電気配線板はCu合金から形成されており、樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されることが好ましい。

## 発明の効果

[0010] 本発明により、パワーモジュール及びこれを備えた電力変換装置の絶縁信頼性を向上させることができる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]ハイブリッド自動車の制御ブロックを示す図である。

[図2]電力変換装置200の回路構成を説明する図である。

[図3] (a) は本発明の実施形態に係るパワーモジュール300の断面図であり、(b) は本発明の実施形態に係るパワーモジュール300の外観斜視図である。

[図4(a)]本発明の実施形態に係るパワーモジュール300の分解断面図である。

[図4(b)]本発明の実施形態に係るパワーモジュール300の分解斜視図である。

[図4(c)]本発明の実施形態に係るパワーモジュール300のスイッチング素子の配置及び電流の流れを説明した分解斜視図である。

[図4(d)]本発明の実施形態に係るパワーモジュール300に内蔵される上下アーム直列回路の概略図である。

[図5] (a) は本発明の実施形態に係るパワーモジュール300の分解断面図であり、(b) は(a)の部分Bの拡大図で、絶縁シート333と各電気配線板との接着界面、及び絶縁シート333とCAN型冷却器304の内部平面308との接着界面とを含む詳細断面図であり、(c) は(b)の部分Cの拡大図で、絶縁シート333と各電気配線板との接着界面、及び絶縁シート333とCAN型冷却器304の内部平面308との接着界面の詳細断面図である。

[図6]有機酸系アルマイト層601Bの厚みと絶縁耐圧の関係を示す実測データを示す図である。

[図7]絶縁シート333から有機酸系アルマイト層601Bまでの絶縁耐圧の実測データを示す図である。

[図8]絶縁シート333を備えたモジュール一次封止体300AをCAN型冷却器304に接着する熱圧着工程を説明する図である。

[図9]図8(3)に示された、真空高温下における絶縁シート333とCAN型冷却器304の内部平面308との接着工程の詳細を説明した図である。

[図10]パワーモジュール300を筐体12へ組み付ける工程を説明した図である。

[図11] (a) は、他の実施例に係るパワーモジュール300の断面図であり、(b) は、他の実施例に係るパワーモジュール300の分解断面図である。

[図12] (a) 乃至 (d) は、パワーモジュール300におけるアルミ絶縁板340と各電気配線板及びCAN型冷却器304との接着界面の詳細断面図である。

[図13]本発明の実施形態に係る電力変換装置200の外観斜視図を示す。



[図14]本発明の実施形態に係る電力変換装置の断面図である。

[図15]冷却ジャケット19Aを有する筐体12のアルミ鋳造品に冷却水入口配管と出口配管を取り付けた断面斜視図である。

[図16](a)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の断面図であり、(b)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の組立時の断面図である。

[図17](a)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の断面図であり、(b)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の組立時の断面図である。

### 発明を実施するための形態

[0012] 本発明の実施形態に係る両面冷却型パワーモジュールとこれを用いた電力変換装置について、図面を参照しながら以下詳細に説明する。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。

[0013] ここでは、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1と図2を用いて説明する。

[0014] 本発明の実施形態に係る両面冷却型パワーモジュールとこれを用いた電力変換装置では、自動車に搭載される車載電機システムの車載用電力変換装置、特に、車両駆動用電機システムに用いられ、搭載環境や動作的環境などが大変厳しい車両駆動用インバータ装置を例に挙げて説明する。車両駆動用インバータ装置は、車両駆動用電動機の駆動を制御する制御装置として車両駆動用電機システムに備えられ、車載電源を構成する車載バッテリー或いは車載発電装置から供給された直流電力を所定の交流電力に変換し、得られた交流電力を車両駆動用電動機に供給して車両駆動用電動機の駆動を制御する。また、車両駆動用電動機は発電機としての機能も有しているので、車両駆動用インバータ装置は、運転モードに応じて車両駆動用電動機の発生する交流電力を直流電力に変換する機能も有している。変換された直流電力は車載バッ

テリに供給される。

- [0015] なお、本実施形態の構成は、自動車やトラックなどの車両駆動用電力変換装置として最適であるが、これら以外の電力変換装置に対しても適用可能である。例えば、電車や船舶、航空機などの電力変換装置や、工場の設備を駆動する電動機の制御装置として用いられる産業用電力変換装置、あるいは、家庭の太陽光発電システムや家庭の電化製品を駆動する電動機の制御装置に用いられたりする、家庭用電力変換装置に対しても適用可能である。

### 実施例 1

- [0016] 図1はハイブリッド自動車の制御ブロックを示す図である。図1において、ハイブリッド電気自動車（以下、「HEV」と記述する）110は1つの電動車両であり、2つの車両駆動用システムを備えている。その1つは、内燃機関であるエンジン120を動力源としたエンジンシステムである。エンジンシステムは、主としてHEV110の駆動源として用いられる。もう1つは、モータジェネレータMG1 192、MG2 194を動力源とした車載電機システムである。車載電機システムは、主としてHEV110の駆動源およびHEV110の電力発生源として用いられる。モータジェネレータMG1 192、MG2 194は例えば同期機あるいは誘導機であり、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ので、ここではモータジェネレータと記すこととする。
- [0017] 車体のフロント部には前輪車軸114が回転可能に軸支されている。前輪車軸114の両端には一対の前輪112が設けられている。車体のリア部には後輪車軸（図示省略）が回転可能に軸支されている。後輪車軸の両端には一対の後輪が設けられている。本実施形態のHEVでは、動力によって駆動される主輪を前輪112とし、連れ回される従輪を後輪とする、いわゆる前輪駆動方式を採用しているが、この逆、すなわち後輪駆動方式を採用しても構わない。
- [0018] 前輪車軸114の中央部には、前輪側デファレンシャルギア（以下、「前

輪側DEF」と記述する) 116が設けられている。前輪車軸114は、前輪側DEF116の出力側に機械的に接続されている。前輪側DEF116の入力側には、変速機118の出力軸が機械的に接続されている。前輪側DEF116は、変速機118によって変速されて伝達された回転駆動力を左右の前輪車軸114に分配する差動式動力分配機構である。変速機118の入力側には、モータジェネレータ192の出力側が機械的に接続されている。モータジェネレータ192の入力側には、動力分配機構122を介してエンジン120の出力側およびモータジェネレータ194の出力側が機械的に接続されている。なお、モータジェネレータ192、194および動力分配機構122は、変速機118の筐体の内部に収納されている。

[0019] モータジェネレータ192、194は回転子に永久磁石を備えた同期機であり、固定子の電機子巻線に供給される交流電力がインバータ回路部140、142によって制御されることにより、モータジェネレータ192、194の駆動が制御される。インバータ回路部140、142にはバッテリー136が接続されており、バッテリー136とインバータ回路部140、142との間において電力の授受が可能である。

[0020] 本実施形態では、HEV110は、モータジェネレータ192およびインバータ回路部140からなる第1電動発電ユニットと、モータジェネレータ194およびインバータ回路部142からなる第2電動発電ユニットとの2つを備え、運転状態に応じてそれらを使い分けている。すなわち、エンジン120からの動力によって車両を駆動している状況において、車両の駆動トルクをアシストする場合には、第2電動発電ユニットを発電ユニットとしてエンジン120の動力によって作動させて発電させ、その発電によって得られた電力によって第1電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させる。また、同様の状況において車両の車速をアシストする場合には、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の動力によって作動させて発電させ、その発電によって得られた電力によって第2電動発電ユニットを電動ユニットとして作動させる。

- [0021] また、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 192 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 電動発電ユニットまたは第 2 電動発電ユニットを、発電ユニットとしてエンジン 120 の動力ある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。
- [0022] バッテリー 136 は、さらに補機用のモータ 195 を駆動するための電源としても使用される。補機としては、たと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があり、バッテリー 136 から電力変換装置 200 に供給された直流電力は補機用の変換機 43 で交流の電力に変換され、モータ 195 に供給される。補機用の変換機 43 はインバータ回路部 140、142 と同様の機能を持ち、モータ 195 に供給する交流の位相や周波数、電力を制御する。たとえば、モータ 195 の回転子の回転に対し進み位相の交流電力を供給することにより、モータ 195 はトルクを発生する。一方、遅れ位相の交流電力を発生することで、モータ 195 は発電機として作用し、モータ 195 は回生制動状態の運転となる。このような補機用の変換機 43 の制御機能は、インバータ回路部 140、142 の制御機能と同様である。モータ 195 の容量がモータジェネレータ 192、194 の容量より小さいので、補機用の変換機 43 の最大変換電力はインバータ回路部 140、142 より小さいが、補機用の変換機 43 の回路構成は基本的にインバータ回路部 140、142 の回路構成と同じである。
- [0023] インバータ回路部 140、142 および 43 とコンデンサモジュール 500 とは、電氣的に密接な関係にある。さらに発熱に対する対策が必要な点が共通している。また装置の体積をできるだけ小さく作ることが望まれている。これらの点から以下で詳述する電力変換装置 200 は、インバータ回路部 140、142 および 43 とコンデンサモジュール 500 とを電力変換装置 200 の筐体内に内蔵している。この構成により、ハーネスの数を低減でき

ると共に放射ノイズなどを低減しながら小型で信頼性の高い電力変換装置が実現できる。

[0024] また、インバータ回路部 140、142 および 43 とコンデンサモジュール 500 とを一つの筐体に内蔵することで、配線の簡素化やノイズ対策において効果がある。また、コンデンサモジュール 500 とインバータ回路部 140、142 および 43 との接続回路のインダクタンスを低減でき、スパイク電圧を低減できると共に、発熱の低減や放熱効率の向上を図ることができる。

[0025] 次に、図 2 を用いて電力変換装置 200 の回路構成について説明する。図 1 に示したように、電力変換装置 200 は、インバータ回路部 140、142 と、補機用の変換装置 43 と、コンデンサモジュール 500 とを備えている。

[0026] インバータ回路部 140、142 は両面冷却型のパワーモジュール 300 を複数台接続して構成され 3 相ブリッジ回路を構成している。後述するように、各パワーモジュールは、スイッチング用パワー半導体素子とその接続配線や図 3 の 304 に示すような開口部を有し、開口面を除いて囲まれた缶形状の放熱ベース 304（以下、「CAN 型冷却器」という）等を備えている。この CAN 型冷却器 304 は、対向した放熱ベースの周囲を覆うように、両放熱ベースと連続して繋ぎ目の無い同一材質で構成した外壁を持ち、外壁の一部に開口部が用意され、開口部にパワー半導体素子を収納する冷却器である。また、補機用の変換機 43 はインバータ装置や昇圧及び降圧回路を構成している。

[0027] 各インバータ回路部 140、142 は、制御部に設けられた 2 つのドライバ回路によって、それぞれ駆動制御される。図 2 では、2 つのドライバ回路を合わせてドライバ回路 174 と表示している。各ドライバ回路は制御回路 172 により制御される。制御回路 172 は、スイッチング用パワー半導体素子のスイッチングタイミングを制御するためのスイッチング信号を生成する。

- [0028] インバータ回路部 140 は 3 相ブリッジ回路により構成されており、U 相（符号 U 1 で示す）、V 相（符号 V 1 で示す）、W 相（符号 W 1 で示す）のそれぞれに対して、正極側に接続される上アーム回路と、負極側に接続される下アーム回路とを備えている。上アーム回路と下アーム回路とで上下アーム直列回路構成される。上アーム回路は、スイッチング用のパワー半導体素子である上アーム IGBT 328（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）と上アームダイオード 156 とを備えている。下アーム回路は、下アーム IGBT 330 と下アームダイオード 166 とを備えている。各上下アーム直列回路は、直流正極端子 315 と直流負極端子 317 と交流端子 706 でコンデンサモジュール 500 及びモータジェネレータ 192、194 と電氣的に接続される。
- [0029] IGBT 328、330 は、ドライバ回路 174 のうち一方のドライバ回路 174 A から出力された駆動信号を受けて動作し、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する。この変換された電力はモータジェネレータ 192 の電機子巻線に供給される。なお、V 相および W 相については、符号 328、330、156、166 の表示を省略した。インバータ回路部 142 のパワーモジュール 300 は、インバータ回路部 140 の場合と同様の構成であり、また、補機用の変換機 43 はインバータ回路部 142 と同様の構成を有しており、ここでは説明を省略する。
- [0030] 本実施形態では、スイッチング用のパワー半導体素子として上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 を用いて例示している。上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 は、コレクタ電極、エミッタ電極（信号用エミッタ電極端子）、ゲート電極（ゲート電極端子）を備えている。上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のコレクタ電極とエミッタ電極との間には上アームダイオード 156、下アームダイオード 166 が図示するように電氣的に接続されている。上アームダイオード 156、下アームダイオード 166 は、カソード電極およびアノード電極の 2 つの電極を備えており、上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のエミッタ電

極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、カソード電極が上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のコレクタ電極に、アノード電極が上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のエミッタ電極にそれぞれ電氣的に接続されている。パワー半導体素子としては MOSFET（金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ）を用いてもよい、この場合は上アームダイオード 156、下アームダイオード 166 は不要となる。

[0031] 制御回路 172 は、車両側の制御装置やセンサ（例えば、電流センサ 180）などからの入力情報に基づいて、上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のスイッチングタイミングを制御するためのタイミング信号を生成する。ドライバ回路 174 は、制御回路 172 から出力されたタイミング信号に基づいて、上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 をスイッチング動作させるための駆動信号を生成する。

[0032] 制御回路 172 は、上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 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。マイコンには、モータジェネレータ 192 に対して要求される目標トルク値、上下アーム直列回路からモータジェネレータ 192 の電機子巻線に供給される電流値、およびモータジェネレータ 192 の回転子の磁極位置が、入力情報として入力される。目標トルク値は、図示していない、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 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。磁極位置は、モータジェネレータ 192 に設けられた回転磁極センサ（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 3 相の電流値を検出する場合を例に挙げて説明するが、2 相分の電流値を検出するようにしても構わない。

[0033] 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 192 の d、q 軸の電流指令値を演算し、この演算された d、q 軸の電流指令値と、検出された d、q 軸の電流値との差分に基づいて d、q 軸の電圧指令値を演算する。さらにマイコンは、この演算された d、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。

[0034] 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、これをドライブ信号として、対応する下アームIGBT330のゲート電極に出力する。一方、上アームを駆動する場合には、ドライバ回路174は、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IGBT328のゲート電極にそれぞれ出力する。これにより、上アームIGBT328、下アームIGBT330は、入力されたドライブ信号に基づいてスイッチング動作する。

[0035] また、制御部は、異常検知（過電流、過電圧、過温度など）を行い、上下アーム直列回路を保護している。このため、制御部にはセンシング情報が入力されている。たとえば、各アームの信号用エミッタ電極端子からは上アームIGBT328、下アームIGBT330のエミッタ電極に流れる電流の情報が、対応するドライバ回路174に入力されている。これにより、ドライバ回路174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上アームIGBT328、下アームIGBT330のスイッチング動作を停止させ、対応する上アームIGBT328、下アームIGBT330を過電流から保護する。上下アーム直列回路に設けられた温度センサ（不図示）からは上下アーム直列回路の温度の情報がマイコンに入力されている。また、マイコンには上下アーム直列回路の直流正極側の電圧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およ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上アームIGBT328、下アームIGBT330のスイッチング動作を停止させ、上下アーム直列回路を過温度或いは過電圧から保護する。



- [0036] インバータ回路部 140 の上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 の導通および遮断動作が一定の順で切り替わり、この切り替わり時にモータジェネレータ 192 の固定子巻線に発生する電流は、ダイオード 156、166 を含む回路を流れる。なお、本実施形態の電力変換装置 200 では、インバータ回路部 140 の各相に 1 つの上下アーム直列回路を設けたが、モータジェネレータへ出力する 3 相交流の各相の出力を発生する回路として、各相に 2 つの上下アーム直列回路を並列接続するようにした回路構成の電力変換装置であってもよい。
- [0037] 各インバータ回路部 140、142 に設けられた直流端子 315、317 (図 2 および図 3 参照) は、共通の積層導体板 700 に接続されている。積層導体板 700 は、パワーモジュール配列方向に幅広な導電性板材から成る正極側導体板 702 と負極側導体板 704 とで絶縁シート (不図示) を挟持した、3 層構造の積層配線板を構成している。積層導体板 700 の正極側導体板 702 および負極側導体板 704 は、コンデンサモジュール 500 に設けられた積層配線板 501 の正極導体板 507 および負極導体板 505 にそれぞれ接続されている。正極導体板 507 および負極導体板 505 もパワーモジュール配列方向に幅広な導電性板材から成り、絶縁シート 517 (不図示) を挟持した 3 層構造の積層配線板を構成している。
- [0038] コンデンサモジュール 500 には複数のコンデンサセル 514 が並列接続されており、コンデンサセル 514 の正極側が正極導体板 507 に接続され、負極側が負極導体板 505 に接続されている。コンデンサモジュール 500 は、上アーム IGBT 328、下アーム IGBT 330 のスイッチング動作によって生じる直流電圧の変動を抑制するための平滑回路を構成している。
- [0039] コンデンサモジュール 500 の積層配線板 501 は、電力変換装置 200 の直流コネクタに接続された入力積層配線板 230 に接続されている。入力積層配線板 230 には、補機用の変換機 43 にあるインバータ装置も接続されている。入力積層配線板 230 と積層配線板 501 との間には、ノイズフ

フィルタが設けられている。ノイズフィルタには、筐体12の接地端子と各直流電力ラインとを接続する2つのコンデンサ（不図示）を備えていて、共通モードノイズ対策用のYコンデンサを構成している。

[0040] 図3乃至図10を用いてインバータ回路部140、142を構成するパワーモジュール300の詳細構成を説明する。

[0041] 図3(a)は、本実施形態のパワーモジュール300の断面図であり、図3(b)は、本実施形態のパワーモジュール300の斜視図である。図4(a)は、パワーモジュール300の分解断面図であり、図4(b)は、パワーモジュール300の分解斜視図である。図4(c)は、パワーモジュール300のスイッチング素子の配置及び電流の流れを説明した分解斜視図である。図4(d)は、パワーモジュール300に内蔵される上下アーム直列回路の概略図である。

[0042] CAN型冷却器304は、アルミ合金材料例えばAl、AlSi、AlSiC、Al-C等から構成され、かつつなぎ目の無いCAN型の形状を為す。ここで、CAN型とは、所定の一面に挿入口306を備え、かつ有底の立方体形状を指す。

[0043] 図4(a)に示されるように、モジュール一次封止体300Aは、上下アーム回路を内蔵し、かつ当該上下アーム回路を第一封止樹脂350により封止する。絶縁シート333は、モジュール一次封止体300Aの表裏面とCAN型冷却器304との間に挿入される。直流正極端子315と直流負極端子317は、その主面が互いに対向するように設けられ、かつコンデンサモジュール500側に電氣的に接続される。信号端子320Uは、上アームIGBT328を駆動するための信号を伝達する。信号端子320Lは、下アームIGBT330を駆動するための信号を伝達する。上アームIGBT328と下アームIGBT330はモジュール一次封止体300A内において離れて配置されているため、信号端子320U、320Lは、当該IGBTの配置に応じて離れて配置される。交流端子706は、モータジェネレータ192、194側に電氣的に接続され、かつ信号端子320Uと直流正極端

子 3 1 5 と の 間 に 配 置 さ れ る 。 直 流 正 極 端 子 3 1 5 、 直 流 負 極 端 子 3 1 7 、 信 号 端 子 3 2 0 U 、 3 2 0 L は 、 C A N 型 冷 却 器 3 0 4 内 部 か ら 挿 入 口 3 0 6 を 介 し て C A N 型 冷 却 器 3 0 4 外 部 に 突 出 す る 。 C A N 型 冷 却 器 3 0 4 は フ ラ ン ジ 3 0 4 B を 有 す る 。 当 該 フ ラ ン ジ 3 0 4 B に は 、 挿 入 口 3 0 6 が 形 成 さ れ る 。

[0044] C A N 型 冷 却 器 3 0 4 は 、 挿 入 口 3 0 6 以 外 に 開 口 を 設 け ない 構 造 で あ る 。 こ れ に よ り 、 C A N 型 冷 却 器 3 0 4 を 冷 却 媒 体 が 流 れ る 流 路 内 に 挿 入 し て も 、 開 口 か ら 端 子 を 突 出 さ せ る こ と が で き る と と も に 、 簡 易 な 構 成 で 冷 却 媒 体 が C A N 型 冷 却 器 3 0 4 内 部 に 侵 入 す る こ と を 防 ぐ こ と が で き る 。

[0045] C A N 型 冷 却 器 3 0 4 が 備 え る 対 向 し た 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 の 外 壁 に フ ィ ン 3 0 5 が 形 成 さ れ る 。 ま た 、 C A N 型 冷 却 器 3 0 4 は 、 対 向 し た 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 を 繋 ぐ た め の 湾 曲 部 3 0 4 A を 有 す る 。 湾 曲 部 3 0 4 A は 、 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 と 連 設 す る よ う に 繋 ぎ 目 の 無 い 同 一 材 質 で 構 成 さ れ 、 か つ 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 の 外 周 を 取 り 囲 む 様 に 形 成 さ れ る 。 例 え ば 、 生 産 性 を 向 上 さ せ る た め に 、 C A N 型 冷 却 器 3 0 4 は 、 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 と 湾 曲 部 3 0 4 A を 一 体 成 型 さ せ る 。 ま た 、 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 と 湾 曲 部 3 0 4 A は 、 溶 接 に よ る 接 合 や 接 着 剤 に よ る 接 着 で も よ い 。 な お 、 湾 曲 部 3 0 4 A の 厚 み は 、 放 熱 ベ ー ス 3 0 7 の 厚 み に 比 べ て 小 さ く な っ て お り 、 湾 曲 部 3 0 4 A 自 体 が 変 形 し 易 い 構 造 と な っ て い る の で 、 モ ジ ュ ー ル 一 次 封 止 体 3 0 0 A が 挿 入 さ れ た 後 の 生 産 性 が 向 上 す る 。

[0046] 図 4 ( c ) に 示 さ れ る 直 流 正 極 配 線 板 3 1 4 は 、 上 ア ー ム I G B T 3 2 8 の コ レ ク タ 側 及 び 上 ア ー ム ダイ オード 1 5 6 の カ ソード 側 と 金 属 接 合 材 料 3 3 7 に よ っ て 固 着 さ れ る 。 図 4 ( c ) に 示 さ れ る 第 一 交 流 配 線 板 7 0 5 A は 、 上 ア ー ム I G B T 3 2 8 の エ ミ ッ タ 側 及 び 上 ア ー ム ダイ オード 1 5 6 の ア ノード 側 と 金 属 接 合 材 料 3 3 7 に よ っ て 固 着 さ れ る 。 な お 、 本 実 施 形 態 に お い て は 、 金 属 接 合 材 料 3 3 7 は 、 は ん だ 材 や 銀 シ ー ト 及 び 微 細 金 属 粒 子 を 含 ん だ 低 温 焼 結 接 合 材 が 用 い ら れ る 。 直 流 正 極 配 線 板 3 1 4 と 第 一 交 流 配 線 板 7 0 5 A は 、 上 ア ー ム I G B T 3 2 8 及 び 上 ア ー ム ダイ オード 1 5 6 を 挟 ん

で略平行に対向して配置される。

[0047] 図4(c)に示される第二交流配線板705Bは、下アームIGBT330のコレクタ側及び下アームダイオード166のカソード側と、金属接合材料337によって固着される。図4(c)に示される直流負極配線板316は、下アームIGBT330のエミッタ側及び下アームダイオード166のアノード側と、金属接合材料337によって固着される。第二交流配線板705Bと負極配線板316は、下アームIGBT330及び下アームダイオード166を挟んで略平行に対向して配置される。

[0048] 第一交流配線板705Aは、直流正極配線板314と対向することなく、且つ下アームIGBT330側に伸びている部分配線板705A1を有する。同様に、第二交流配線板705Bは、直流負極配線板316と対向することなく、かつ上アームIGBT328側に伸びる部分配線板705B1を有する。部分配線板705A1と部分配線板705B1は、互いに対向するように構成され、かつ中間金属板370を介して金属接合材料337で固着される。上アームIGBT328及び下アームIGBT330に設けられた信号電極は、ワイヤボンディング(不図示)により信号配線板320U、320Lと電氣的に接続される。

[0049] 次に、本実施形態に関するパワーモジュール300の配線インダクタンス低減化について、図4(c)及び図4(d)を用いて説明する。過渡的な電圧上昇や半導体チップの大きな発熱は、インバータ回路を構成する上アームあるいは下アームのスイッチング動作時に発生するので、特にスイッチング動作時のインダクタンスを低減することが望ましい。過渡時にダイオードのリカバリ電流390が発生するので、このリカバリ電流に基づき、一例として下アームのダイオード166のリカバリ電流を例としてインダクタンス低減の作用を説明する。

[0050] ダイオード166のリカバリ電流とは、逆バイアスであるにもかかわらずダイオード166に流れる電流であり、ダイオード166の順方向状態でダイオード166内に満たされたキャリアに起因すると一般に言われている。

インバータ回路を構成する上アームあるいは下アームの導通動作あるいは遮断動作が所定の順に行われることでインバータ回路の交流端子706には3相交流電力が発生する。今、上アームとして動作している上アームIGBT328が導通状態から遮断状態に切り替わると、モータジェネレータ192及び194（図2を参照）の固定子巻線の電流を維持する方向に下アームのダイオード166を介して還流電流が流れる。この還流電流はダイオード166の順方向電流であり、ダイオード内部はキャリアで満たされる。次に、上アームIGBT328が遮断状態から再び導通状態に切り替わると、下アームのダイオード166に上述したキャリアに起因するリカバリ電流が流れる。定常的な動作では上下アーム直列回路のどちらかが必ず遮断状態にあり、上下アームに短絡電流が流れることが無いが、過渡状態の電流例えばダイオードのリカバリ電流は上下アームで構成する直列回路を流れる。

[0051] 図4(c)及び図4(d)で上下アーム直列回路の上アームIGBT328がオフからオンに変化したとき、直流正極端子315から上アームIGBT328、ダイオード166を通して直流負極端子317にダイオード166のリカバリ電流が流れる（図に矢印で示す）。なお、このとき、下アームIGBT330は遮断状態にある。このリカバリ電流の流れをみると、図4(c)に示すように、直流正極端子315と上アームIGBT328とダイオード166から直流負極端子317に至る経路では、導体板が上下方向に並行して配置され、且つ逆向きの同一電流が流れる。そうすると、導体板の間の空間では互いの電流によって発生する磁界が打ち消し合うことになり、結果として電流経路のインダクタンスが低下することとなる。

[0052] すなわち、直流正極端子315と直流負極端子317が接近して対向して配置されたラミネート状態にあることでインダクタンスの低減作用が生じる。

[0053] さらに、図4(c)に示すリカバリ電流の経路をみると、逆方向且つ平行電流の経路に続いて、ループ形状の経路が生じている。このループ形状経路を電流が流れることによって、放熱ベース307には渦電流392が流れる

こととなり、この渦電流による磁界打ち消し効果によってループ形状経路におけるインダクタンスの低減作用が生じる。なお、リカバリ電流の経路がループ形状に近ければ近いほど、このインダクタンス低減作用が増大する。本実施形態においては、直流正極端子 315 と直流負極端子 317 がラミネート状態であるため、電流の流れの始点と終点が一致する。また、上アーム IGBT 328 は、中間金属板 370 とダイオード 166 よりも上部に配置されている。これらによって、リカバリ電流の経路がループ形状に近づき、インダクタンス低減作用を増大させることができる。

[0054] 以上のように、本実施形態に関するパワーモジュールの回路構成の配置によって、ラミネート配置による効果と渦電流による効果によってインダクタンスを低減することができる。スイッチング動作時のインダクタンスを低減することが重要であり、本実施形態のパワーモジュールでは、上アームと下アームの直列回路を半導体モジュール内に収納している。このため上下アーム直列回路を流れるダイオードのリカバリ電流に対して低インダクタンス化が可能となるなど、過渡的な状態でのインダクタンス低減効果が大きい。

[0055] インダクタンスが低減すれば、パワーモジュールで発生する誘起電圧は小さくなり、低損失の回路構成を得ることができ、また、インダクタンスが小さいことによってスイッチング速度の向上に繋げることができる。

[0056] 図 4 (b) に示される伝熱面 334 は、直流正極配線板 314、直流負極配線板 316、第一交流配線板 705 A 及び第二交流配線板 705 B のパワー半導体素子との固着面とは反対側の面に形成される。図 4 (b) に示される第一封止樹脂の平坦部 338 は、前述の伝熱面 334 と略同一面となるように構成される。圧着面 339 は、伝熱面 334 と平坦部 338 とで構成され、絶縁シート 333 が熱圧着により接着される。このように伝熱面 334 と平坦部 338 を略同一面となるように構成することにより、第一封止樹脂 350 と絶縁シート 333 との接着力を低下させず、かつ伝熱抵抗の増大を抑えることができる。圧着面 339 は、モジュール一次封止体 300 A の表面と裏面の両方に形成される。

なお、以下では、直流正極配線板 314、直流負極配線板 316、第一交流配線板 705A 及び第二交流配線板 705B を電気配線板と総称する。

[0057] 絶縁シート 333 を備えたモジュール一次封止体 300A は、絶縁シート 333 と CAN 型冷却器 304 の内部平面 308 が対向するように配置される。なお、CAN 型冷却器 304 の内部平面 308 は、少なくとも絶縁シート 333 と対向する面にアルマイト処理が施されている。ここで、絶縁シート 333 は、接着性を有し、エポキシ樹脂に熱伝導性のフィラーを混ぜ合わせた薄い絶縁シートである。また、絶縁シート 333 は、フィラー量の異なる複数の絶縁シートを組み合わせた構造のものでも良い。

[0058] そして、モジュール一次封止体 300A が CAN 型冷却器 304 の対向した放熱ベース 307 によって挟まれるように、CAN 型冷却器 304 の放熱ベース 307 が押圧される。絶縁シート 333 とアルマイト処理された内部平面 308 が接触した状態で、パワーモジュール 300 は真空下に置かれ、絶縁シート 333 と内部平面 308 が熱圧着されて接着される。これにより、絶縁シート 333 は樹脂絶縁層として機能する。また、発熱源であるパワー半導体素子と放熱ベース 307 との間は、金属接合材 337、直流正極配線板 314 又は直流負極配線板 316、絶縁シート 333 を介するのみであり、高熱抵抗であるグリース等を介することがない。このため、パワー半導体素子の放熱性を大幅に向上させることができる。よって、素子に大電流を流すことができるとともに、素子の大型化を抑制できる。したがって、パワーモジュール 300 及び電力変換装置の小型化を促進することができる。

[0059] 図 5 (a) 乃至 (c) は、絶縁シート 333 と各電気配線板との接着界面、及び絶縁シート 333 と CAN 型冷却器 304 の内部平面 308 との接着界面の詳細断面図である。

[0060] 図 5 (b) は、図 5 (a) の B 部を拡大した詳細断面図である。図 4 (b) に示された各電気配線板の伝熱面 334 は粗化処理層 600 が形成されている。このため、伝熱面 334 と絶縁シート 333 との接着界面は接着力が増大している。なお、直流正極配線板 314、直流負極配線板 316、第一

交流配線板 705 A、第二交流配線板 705 B が Cu 合金により構成される場合には、粗化处理層 600 は一般的な粗化处理か黒化处理等の酸化処理が適当である。

[0061] 一方、直流正極配線板 314、直流負極配線板 316、第一交流配線板 705 A、第二交流配線板 705 B が Al 合金により構成される場合には、一般的な粗化处理又は無機酸系アルマイト処理等による孔径の大きい酸化処理が適当である。これにより、絶縁シート 333 を熱圧着する際に、溶け出した絶縁シート 333 の素材が、粗化处理層 600 の粗化部に流動して入り込むので、各電気配線板と絶縁シート 333 との接着力が向上する。また、絶縁シート 333 の素材が粗化处理層 600 の粗化部に流動して入り込むことにより、化学結合の複合力が発生することになるので、さらに各電気配線板と絶縁シート 333 との接着力が向上する。

[0062] 前述のように、CAN 型冷却器 304 の内部平面 308 は、アルマイト層 601 が形成される。このアルマイト層 601 と絶縁シート 333 とが接合されているので、CAN 型冷却器 304 と絶縁シート 333 との接着力が向上している。

[0063] 図 5 (c) は、図 5 (b) の C 部を拡大した詳細断面図である。アルマイト層 601 は、絶縁シート 333 に近い側に形成される第 1 の絶縁層である無機酸系アルマイト層 601 A と、この無機酸系アルマイト層 601 A を介して絶縁シート 333 とは反対側に形成される第 2 の絶縁層である有機酸系アルマイト層 601 B と、により構成される。また、アルマイト層 601 は封孔処理が為されていないので、無機酸系アルマイト層 601 A の孔径が 300 ~ 400 Å 程度であり、一方、有機酸系アルマイト層 601 B の孔径が 100 ~ 170 Å 程度である。

[0064] 無機酸系アルマイト層 601 A の孔径が有機酸系アルマイト層 601 B の孔径よりも大きいので、無機酸系アルマイト層 601 A と絶縁シート 333 との接着界面では、熱圧着によって絶縁シート 333 の素材が無機酸系アルマイト層 601 A の孔に入り込みやすい。これにより、無機酸系アルマイト



層601Aと絶縁シート333との接着界面において、アンカー効果と化学結合の複合力が発生して、接着力を向上させることができる。なお、無機酸系アルマイト層601A及び有機酸系アルマイト層601Bが前述の孔径である場合には、無機酸系アルマイト層601Aと絶縁シート333との接着界面の平均せん断接着強度は、20Mpa以上となる。

[0065] また、図5(c)に示すように、有機酸系アルマイト層601Bの厚みは、無機酸系アルマイト層601Aの厚みよりも大きく構成される。これにより、有機酸系アルマイト層601Bによる絶縁耐圧を向上させている。また、絶縁シート333と有機酸系アルマイト層601Bが、無機酸系アルマイト層601Aを介して、2層の絶縁層を形成しているので、パワー半導体素子の高電圧が印加されても絶縁性能を維持できる。

[0066] 図6は、有機酸系アルマイト層601Bの厚みと絶縁耐圧の関係を示す実測データを示す図である。横軸は有機酸系アルマイト層601Bの厚さを示し、縦軸は有機酸系アルマイト層601B間の絶縁耐圧を示す。

[0067] 図6に示されるように、有機酸系アルマイト層601Bの厚さが大きくなると、絶縁耐圧が向上する一方で、絶縁耐圧のバラツキも大きくなる。また、有機酸系アルマイト層601BをCAN型冷却器304に形成する際の処理時間も長くなってしまふ。

[0068] 本実施形態に係るパワーモジュール300に印加される最大電圧を考慮すると500V以上の絶縁耐圧が必要とされる。また、本実施形態の電力変換装置のように、3相モータの交流電流を生成するために3つのパワーモジュールを設ける必要があるので、パワーモジュールの生産性を向上させる必要がある。また、絶縁耐圧の信頼性向上のために、絶縁耐圧のバラツキは小さいことが望ましい。そこで、有機酸系アルマイト層601Bの厚さは、膜厚50umが望ましい。

[0069] 図7は、絶縁シート333から有機酸系アルマイト層601Bまでの絶縁耐圧の実測データを示す図である。本実測データの測定条件が、無機酸系アルマイト層601Aの厚さは約0.5umであり、有機酸系アルマイト層60

1 Bの厚さは約50  $\mu\text{m}$ であり、絶縁シート333の厚さは約120  $\mu\text{m}$ である。なお、絶縁シート333と無機酸系アルマイト層601Aとの間は、熱圧着されている。

[0070] 図7に示される、総絶縁層の厚さが120  $\mu\text{m}$ の絶縁耐圧は、厚さが120  $\mu\text{m}$ である絶縁シート333単体における絶縁耐圧範囲を示す。これに対して、図7にプロットされた白抜き丸は、厚さが50  $\mu\text{m}$ である有機酸系アルマイト層601Bを追加した場合の絶縁耐圧を示す。これにより、絶縁シート333の厚さが120  $\mu\text{m}$ であっても、絶縁耐圧範囲は約6200~7000V程度まで向上しており、絶縁シート333単体の場合よりも500V以上も向上している。

[0071] このように、高い絶縁耐圧を維持しながら、絶縁シート333の厚さを小さくできるので、絶縁シート333分の熱抵抗を低減させることができる。よって、パワー半導体素子からフィン305までの全体の熱抵抗を低く抑えられるので、パワー半導体素子で発生する熱を効率的にフィン305まで伝達できる。また、絶縁シート333の厚さを小さくすることで、前述の渦電流による低インダクタンス化の効果を向上させることもできる。

[0072] 図8は、絶縁シート333を備えたモジュール一次封止体300AをCAN型冷却器304に接着する熱圧着工程を説明する図である。

[0073] 図8(1)に示すように、2つの絶縁シート333が、モジュール一次封止体300Aの両面にそれぞれ熱圧着によって接着される。

[0074] 次に、図8(2)に示すように、モジュール一次封止体300Aは、CAN型冷却器304に挿入口306から挿入され、絶縁シート333とアルマイト処理された内部平面308を対向するように配置される。

[0075] 次に、図8(3)に示すように、真空高温下において、CAN型冷却器304は、フィン305が形成された側からCAN型冷却器304に挿入されたモジュール一次封止体300A側に向かって加圧される。この加圧力により、湾曲部304Aが僅かに変形して、絶縁シート333とアルマイト処理された内部平面308とが接触する。上述のようにCAN型冷却器304は

、真空高温下に置かれているので、絶縁シート 333 と内部平面 308 との接触界面において接着力が発生することになる。

[0076] 次に、図 8 (4) に示すように、CAN 型冷却器 304 内のモジュール一次封止体 300A と絶縁シート 333 によって占有されなかった空間は、第二封止樹脂 351 により充填される。

[0077] 図 9 は、図 8 (3) に示された、真空高温下における絶縁シート 333 と CAN 型冷却器 304 の内部平面 308 との接着工程の詳細を説明した図である。プレス機 360 は、内部にヒータ 361 が内蔵される。CAN 型冷却器 304 は、このプレス機 360 により加圧され、湾曲部 304A が微小変形して、絶縁シート 333 とアルマイト処理された内部平面 308 とが接触する。この状態でヒータ 361 が発熱することにより、当該ヒータ 361 の発生熱が、絶縁シート 333 とアルマイト処理された内部平面 308 に伝達される。これにより、CAN 型冷却器 304 の加圧工程と絶縁シート 333 の熱圧着工程を連続して行えるので、生産性が大幅に向上する。

[0078] 以上、本実施形態に係るパワーモジュール 300 は、モジュール一次封止体 300A と絶縁シート 333 を、アルミ合金材料又は銅合金材料からなるつなぎ目の無い CAN 型冷却器 304 に収納することで、モジュール一次封止体 300A と絶縁シート 333 及びそれらの接着界面に存在する粗化処理層 600 とアルマイト層 601 を冷却媒体の浸透から守ることができる。これにより、接着界面の剥離や透湿による絶縁性の劣化を防ぎ、絶縁信頼性が確保できる。

[0079] 加えて、上下アーム回路を封止して内蔵したモジュール一次封止体 300A を収納しており、パワーモジュール 300 を複数個用いてインバータ装置 141、142 の電流容量を上下アーム回路を単位として増量可能であり、小型かつ電流容量増設性を備えている。これによりハイブリッド自動車の車種にあわせた電流容量の増設が可能となり、生産性が向上する。

[0080] 図 10 は、パワーモジュール 300 を筐体 12 へ組み付ける工程を説明した図である。筐体 12 は、冷却媒体が流れる流路 19 が形成される冷却ジャ

ケット19Aを備える。冷却ジャケット19Aは、その上部と下部とに対向する開口が形成される。上部開口はパワーモジュール300の冷却ジャケット19Aへの取り付けにより、1対の開口部400および402を形成する。下部開口は開口部404で示されている。

[0081] パワーモジュール300は、パワーモジュール300のフィン305が形成された部分が流路19に収納されるように上部開口から挿入される。シール材800は、フランジ304Bと冷却ジャケット19Aにより挟まれ、流路19のシール性を向上させている。

[0082] また、開口404は、シール材を介して流路裏蓋420により塞がる。流路裏蓋420は、パワーモジュール300の湾曲部304Aと嵌合されるモジュール嵌合部19Bを形成する。湾曲部304Aと嵌合されるように形成されたモジュール嵌合部19Bによって、流路19内に流れる冷却媒体はモジュール嵌合部19Bに流れにくくなり、冷却媒体はフィン305側に流れやすくなる。これにより、パワーモジュール300の冷却効率を向上させることができる。

[0083] また、モジュール一次封止体300Aは、上下アーム回路を構成する上アームIGBT328、下アームIGBT330と上アームダイオード156、下アームダイオード166を内蔵する。そして、これらパワー半導体素子の両方の主電極面は、直流正極配線板314、直流負極配線板316、第一交流配線板705A、第二交流配線板705Bによって挟まれている。これら配線板は、そのパワー半導体素子が配置された側とは反対側の面に伝熱面334を形成する。この伝熱面334は第一封止樹脂350から露出させる。これにより、パワー半導体素子の発生熱は、パワー半導体素子の両方の主電極面から放熱させることができる。一方、伝熱面334には絶縁シート333が貼り付けられているので、伝熱面334とCAN型冷却器304との絶縁性を確保するとともに、CAN型冷却器304のフィン305から冷却媒体に放熱が可能である。

[0084] これにより、パワーモジュール300の熱抵抗が低下して小面積のパワー

半導体素子でモータジェネレータ 192、194 の駆動が可能となるため、パワーモジュール 300 が小型になる。

[0085] 図 13 乃至図 15 を用いてパワーモジュール 300 を用いた電力変換装置を説明する。

[0086] 図 13 乃至図 15 において、200 は電力変換装置、10 は上部ケース、11 は金属ベース板、12 は筐体、13 は冷却水入口配管、14 は冷却水出口配管、420 は流路裏蓋、16 は下部ケース、17 は交流ターミナルケース、18 は交流出力配線、19 は冷却水流路、20 は制御回路基板である。21 は外部との接続のためのコネクタ、22 は駆動回路基板でドライバ回路 174 を保持している。このように制御回路基板 20、制御回路 172、駆動回路基板 22 及びドライバ回路 174 から制御部は構成されている。300 はパワーモジュール（両面電極モジュール）で各インバータ回路部に 3 個設けられており、一方のパワーモジュール 300 ではインバータ回路部 142 が構成され、他方のパワーモジュール 300 ではインバータ回路部 140 が構成されている。700 は積層導体板、800 はシール材、304 は CAN 状放熱ベース、314 は直流正極配線板、316 は直流負極配線板、500 はコンデンサモジュール、504 は正極側コンデンサ端子、506 は負極側コンデンサ端子、514 はコンデンサセル、をそれぞれ表す。

[0087] 図 13 は、本発明の実施形態に係る電力変換装置 200 の外観斜視図を示す。電力変換装置 200 の外観部品は、上面あるいは底面が略長方形の筐体 12 と、筐体 12 の短辺側の外周の 1 つに設けられた冷却水入口配管 13 および冷却水出口配管 14 と、筐体 12 の上部開口を塞ぐための上部ケース 10 と、前記筐体 12 の下部開口を塞ぐための下部ケース 16 とを備えている。筐体 12 の底面側あるいは上面側の形状を略長方形としたことで、車両への取り付けが容易となり、また製造、特に量産し易い効果がある。

[0088] 電力変換装置 200 の長辺側の外周には、各モータジェネレータ 192、194 との接続に用いる交流ターミナルケース 17 が設けられている。交流出力配線 18 は、パワーモジュール 300 とモータジェネレータ 192、1

94とを電氣的に接続する。

[0089] コネクタ21は、筐体12に内蔵された制御回路基板20に接続される。外部からの各種信号は、コネクタ21を介して制御回路基板20に伝送される。直流負極側接続端子部510と直流正極側接続端子部512は、バッテリー136とコンデンサモジュール500とを電氣的に接続する。ここで本実施形態では、コネクタ21は、筐体12の短辺側の外周面の一方側に設けられる。一方、直流負極側接続端子部510と直流正極側接続端子部512は、コネクタ21が設けられた面とは反対側の短辺側の外周面に設けられる。つまり、コネクタ21と直流負極側接続端子部510が離れた配置となっている。これにより、直流負極側接続端子部510および／または直流正極側接続端子部512から筐体12に侵入し、さらにコネクタ21まで伝播するノイズを低減することでき、制御回路基板20によるモータの制御性を向上させることができる。図2の直流コネクタ138が、これら直流負極側接続端子部510と直流正極側接続端子部512に対応する。

[0090] 図14は、本発明の実施形態に係る電力変換装置の断面図である。筐体12の中ほどには、内部に流路19が形成される冷却ジャケット19Aが設けられ、冷却ジャケット19Aの上部には流れの方向に並んで1対の開口部400および402が3列に形成され6個の開口部を構成する。各パワーモジュール300が冷却ジャケット19Aの上面にシール材800を介して固定されている。各パワーモジュール300のフィン305は、それぞれ冷却ジャケット19Aの流路19に流れる冷却媒体と直接接触する。

[0091] 冷却ジャケット19Aの下面には、開口部404が流路19に沿って形成されており、開口404は流路裏蓋420で塞がれている。また冷却ジャケット19Aの下面には補機用の変換機43が取り付けられ、係る冷却媒体により冷却されている。補機用の変換機43は、内蔵しているパワーモジュール等（図示なし）の放熱金属面が冷却ジャケット19Aの下面に対向するようにして、流路裏蓋420の下面に固定されている。本実施形態ではシール材を液体シールとしているが、液体シールの代わりに樹脂材、ゴム製オーリ

ングやパッキンなどを代用しても良く、特に液体シールを用いた場合には電力変換装置 200 の組立性を向上させることができる。

[0092] さらに冷却ジャケット 19 A の下方には、下部ケース 16 が設けられ、下部ケース 16 にはコンデンサモジュール 500 が設けられている。コンデンサモジュール 500 は、その金属製ケースの放熱面が下部ケース 16 の底板内面に接するように、下部ケース 16 の底板内面に固定されている。この構造により、冷却ジャケット 19 A の上面と下面とを利用して、パワーモジュール 300 および補機用の変換機 43 を効率良く冷却することができ、電力変換装置全体の小型化に繋がる。

[0093] さらに冷却ジャケット 19 A が設けられている筐体 12 が冷却されることにより、筐体 12 の下部に設けられた下部ケース 16 が冷却される。その結果、コンデンサモジュール 500 の熱が下部ケース 16 および筐体 12 を介して冷却水に熱的に伝導され、コンデンサモジュール 500 が冷却される。

[0094] パワーモジュール 300 の上方には、パワーモジュール 300 とコンデンサモジュール 500 とを電氣的に接続するための積層導体板 700 が配置される。この積層導体板 700 は、各パワーモジュール 300 の入力端子 315、317 に跨って、各パワーモジュール 300 を並列接続している。さらに、積層導体板 700 は、コンデンサモジュール 500 の正極導体板 507 と接続される正極側導体板 702 と、コンデンサモジュール 500 の負極導体板 505 と接続される負極側導体板 704 と、導体板 702、704 間に配置される絶縁シート 7000 によって構成される。この導体板 505、507 は、冷却ジャケット 19 A の流路 19 が蛇行して作られた水路隔壁内を貫通するように配置されることにより、配線長を短くすることができることから各パワーモジュール 300 からコンデンサモジュール 500 までの寄生インダクタンスの低減を図ることができる。

[0095] 積層導体板 700 の上方には制御回路基板 20 と駆動回路基板 22 とが配置されている。駆動回路基板 22 には図 2 に示すドライバ回路 174 が搭載され、制御回路基板 20 には図 2 に示す CPU を有する制御回路 172 が搭

載されている。また、駆動回路基板 22 と制御回路基板 20 との間には金属ベース板 11 が配置されている。金属ベース板 11 は、両基板 22、20 に搭載される回路群の電磁シールドの機能を奏すると共に、駆動回路基板 22 と制御回路基板 20 とに発生する熱を逃がし、冷却する作用を有している。

[0096] このように筐体 12 の中央部に冷却ジャケット 19A を設け、その一方の側にモータジェネレータ 192、194 駆動用のパワーモジュール 300 を配置し、また他方の側に補機用のインバータ装置（パワーモジュール）43 を配置することで、少ない空間で効率良く冷却でき、電力変換装置全体の小型化が可能となる。冷却ジャケット 19A を、筐体 12 と一体にアルミ鋳造で作ることにより、冷却ジャケット 19A は冷却効果に加え機械的強度を強くする効果がある。またアルミ鋳造により筐体 12 と冷却ジャケット 19A とを一体成形構造としたので熱伝導が良くなり、冷却ジャケット 19A から遠い位置にある駆動回路基板 22、制御回路基板 20 およびコンデンサモジュール 500 に対する冷却効率が向上する。

[0097] 駆動回路基板 22 と制御回路基板 20 には、金属ベース板 11 を通り抜けて、各回路基板 20、22 の回路群の接続を行うフレキシブル配線 23 が設けられている。このフレキシブル配線 23 は、予め配線基板の中に積層された構造と配線基板の上部の配線パターンにはんだなどの接合材で固着された構造、さらには配線基板に予め設けたスルーホールにフレキシブル配線 23 の電極を貫通させるはんだなどの接合材で固着した構造であり、制御回路基板 20 からインバータ回路のスイッチングタイミング信号がフレキシブル配線 23 を介して駆動回路基板 22 に伝達され、駆動回路基板 22 はゲート駆動信号を発生してパワーモジュールのそれぞれのゲート電極に印加する。この様に、フレキシブル配線 23 を用いることで、従来使用していたコネクタのヘッドが不要となり、配線基板の実装効率の改善、部品点数の削減が可能となり、インバータの小型化が実現できる。また、制御回路基板 20 には外部との電氣的接続を行うコネクタ 21 に接続される。コネクタ 21 を利用して、電力変換装置の外部に設けた車載バッテリー 136、すなわちリチウム電



池モジュールとの間で信号の伝送が行われる。リチウム電池モジュールから電池の状態を表す信号やリチウム電池の充電状態などの信号が制御回路基板 20 に送られてくる。

[0098] 筐体 12 の上端部と下端部には開口が形成されている。これら開口は、それぞれ上部ケース 10 と下部ケース 16 を、例えばネジやボルト等の締結部品で筐体 12 に固定することにより塞がれる。筐体 12 の高さ方向のほぼ中央には、内部に流路 19 が設けられる冷却ジャケット 19 A が形成されている。冷却ジャケット 19 A の上面開口を各パワーモジュール 300 で覆い、下面開口を流路裏蓋 420 で覆うことにより、冷却ジャケット 19 A の内部に流路 19 が形成される。組み立て途中に流路 19 の水漏れ試験を行う。そして、水漏れ試験に合格した後に、筐体 12 の上部と下部の開口から基板やコンデンサモジュール 500 を取り付ける作業を行うことになる。このように筐体 12 の中央に冷却ジャケット 19 A を配置し、次に筐体 12 の上端部と下端部の開口から必要な部品を固定する作業が行える構造を採用しており、生産性が向上する。また流路 19 を最初に完成させ、水漏れ試験の後その他の部品を取り付けることが可能となり、生産性と信頼性の両方が向上する。

[0099] 図 15 は、冷却ジャケット 19 A を有する筐体 12 のアルミ鋳造品に冷却水入口配管と出口配管を取り付けた断面斜視図である。図 15 において、冷却水入口配管 13 から流路 19 に流入した冷却水は、矢印 418 の方向である長方形の長辺に沿って 2 つに分かれて流れ、長方形の短辺の他方側の側面の手前近傍のコーナー部 19 C で矢印 421 a のように折り返し、再び長方形の長辺に沿って矢印 422 の方向に 2 つに分かれて流れ、更に長方形の長辺に沿って流れ矢印 421 b のように折り返し、下冷却水路蓋 420 に設けた出口配管に流入し折り返して出口孔から冷却水入口配管 14 へ流出する。

[0100] 冷却ジャケット 19 A の上面には 1 対の開口 400 および 402 が 3 列に形成され 6 個の開口部が設けられている。各パワーモジュール 300 が、それぞれの開口から冷却媒体の流れの中に突出し、CAN 型冷却器 304 に備

えられた湾曲部 304A 及び分流境界部 19B によって、冷却水が流れる流路の分岐点が滑らかに形成されているので、圧力損失を低減できる。CAN 型冷却器 304 の湾曲部 304A を曲面とすることで、冷却媒体を 2 分割し圧力損失を低減できるので、流路を S 字状に蛇行させても圧力損失の増加を低減でき冷却効率を改善できる。

## 実施例 2

- [0101] 図 11 (a) は、他の実施例に係るパワーモジュール 300 の断面図であり、図 11 (b) は、他の実施例に係るパワーモジュール 300 の分解断面図である。第 1 実施例と異なる部分について以下に説明するが、第 1 実施例と同一符号を付した構成は同様な機能を有する。
- [0102] 本実施形態では、第 1 実施例に係る絶縁シート 333 の代わりに、アルミ絶縁板 340 を備える。アルミ絶縁板 340 の両主面には、接着性のある薄い樹脂絶縁層 342 が形成されている。アルマイト板 341 は、2 つの樹脂絶縁層 342 によって挟まれ、かつ全体をアルマイト処理されてアルマイト層 601 を表裏面に形成している。アルマイト板 341 と 2 つの樹脂絶縁層 342 とは、熱圧着により接着されている。
- [0103] モジュール一次封止体 300A とアルミ絶縁板 340 は、アルミ絶縁板 340 に形成された樹脂絶縁層 342 によって強固に接着する。同様に、CAN 型冷却器 304 のアルマイト処理された内部平面 308 とアルミ絶縁板 340 は、アルミ絶縁板 340 に形成された樹脂絶縁層 342 によって強固に接着する。
- [0104] 図 12 (a) 乃至 (d) は、パワーモジュール 300 におけるアルミ絶縁板 340、各電気配線板（直流正極配線板 314、直流負極配線板 316、第 1 交流配線板 705A1、第 2 交流配線板 705B）及び CAN 型冷却器 304 との接着界面の詳細断面図である。図 12 (b) は図 12 (a) の B 部を拡大した詳細断面図であり、図 12 (c) は図 12 (b) の C 部を拡大した詳細断面図であり、図 12 (d) は図 12 (b) の D 部を拡大した詳細断面図である。

- [0105] 図12(b)に示すように、アルマイト板341の両主面には、アルマイト層601及び602が形成される。図12(c)に示すように、アルマイト板341のパワー半導体素子に近い側のアルマイト層601には、無機酸系アルマイト層601Aと有機酸系アルマイト層601Bの両方が形成される。無機酸系アルマイト層601Aは樹脂絶縁層342に近い側に形成される。
- [0106] 一方、図12(d)に示すように、CAN型冷却器304の内部平面308には、無機酸系アルマイト層601Aのみが形成され、この無機酸系アルマイト層601Aがアルミ絶縁板340の樹脂絶縁層342と接着している。
- [0107] なお、いずれのアルマイト層601も封孔処理されていないので、接着界面では、熱圧着によって薄い樹脂絶縁層342が無機酸系アルマイト層601Aの孔に入り込むことでアンカー効果と化学結合の複合力が発生し、強固に接着されている。
- [0108] また、無機酸系アルマイト層601Aの下に設けられた有機酸系アルマイト層601Bの厚みは、無機酸系アルマイト層601Aの厚みよりも大きいため、絶縁耐圧が優れている。さらに、樹脂絶縁層342と有機酸系アルマイト層601Bの2層によって絶縁層を形成し、かつこの2層の絶縁層がアルミ絶縁板340の両面に形成されている。
- [0109] 以上、本実施形態によれば、アルミ絶縁板340には、有機酸系アルマイト層601Bが2層分備えられることになるので、絶縁耐圧を大幅に向上させることができる。また、有機酸系アルマイト層601Bによって向上した絶縁耐圧分だけ、樹脂絶縁層342を薄くすることができるので、絶縁信頼性を維持しながら熱抵抗を大幅に下げることができる。また、CAN型冷却器304の内部平面308に有機酸系アルマイト層601Bを形成する必要がない。つまり、CAN型冷却器304とは別体のアルミ絶縁板340に、有機酸系アルマイト層601Bを形成させることができるので、生産性を大幅に向上させることができる。

### 実施例 3

[0110] 図16(a)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の断面図であり、図16(b)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の組立時の断面図である。第1実施例と異なる部分について以下に説明するが、第1実施例と同一符号を付した構成は同様な機能を有する。

[0111] 本実施形態では、第1及び第2実施例に係るCAN型冷却器304の代わりに、内部に流路381を形成した流路形成体380A及び380Bを用いる。図16(b)に示すように、流路形成体380A及び380Bは、絶縁シート333と接触する面382A及び382Bに、実施例1に説明したアルマイト処理が施される。

[0112] これにより、第1実施例に示されたCAN型冷却器304の内部平面308に有機酸系アルマイト層601Bを形成する必要がない。つまり、CAN型冷却器304とは別体の流路形成体380A及び380Bに、有機酸系アルマイト層601Bを形成させることができるので、冷却性能を低下させることなく、生産性を大幅に向上させることができる。

### 実施例 4

[0113] 図17(a)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の断面図であり、図17(b)は、他の実施例に係るパワーモジュール300の組立時の断面図である。

[0114] 本実施形態では、第3実施例に係る絶縁シート333の代わりに、第2実施例にて説明したアルミ絶縁板340を用いる。第2実施例にて説明したように、アルミ絶縁板340には有機酸系アルマイト層が2層設けられているので、流路形成体380A側の面382A及び382Bには、無機酸系アルマイト層のみが形成される。これにより、有機酸系アルマイト層をアルミ絶縁板340に形成するのみで良いので、生産性を大幅に向上させることができる。

[0115] 上記では、種々の実施の形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に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。

[0116] 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2009年第108653号（2009年4月28日出願）。

## 請求の範囲

- [請求項1]           スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、
- 前記半導体素子と電氣的接続され、一方の主面に前記半導体素子が配置される電気配線板と、
- 前記電気配線板の他方の主面側に配置される樹脂絶縁層と、
- 前記樹脂絶縁層を介して前記電気配線板とは反対側に配置され、前記樹脂絶縁層と接合する第1の絶縁層と、
- 前記第1の絶縁層を介して前記樹脂絶縁層とは反対側に配置され、前記半導体素子の電氣的な絶縁を確保する第2の絶縁層と、
- 前記第2の絶縁層を介して前記第1の絶縁層とは反対側に配置され、前記半導体素子が発生する熱を前記電気配線板、前記樹脂絶縁層、前記第1の絶縁層及び前記第2の絶縁層を介して放散する金属製放熱部材とを備えるパワーモジュール。
- [請求項2]           請求項1に記載のパワーモジュールにおいて、
- 前記第2の絶縁層の膜厚は、前記第1の絶縁層の膜厚よりも大きく形成されるパワーモジュール。
- [請求項3]           請求項1または2に記載のパワーモジュールにおいて、
- 前記金属製放熱部材はアルミ合金から形成されており、
- 前記第1の絶縁層は、前記金属製放熱部材に無機酸系のアルマイト処理が施されることによって前記金属製放熱部材に形成され、
- 前記第2の絶縁層は、前記金属製放熱部材に有機酸系のアルマイト処理が施されることによって前記金属製放熱部材に形成されるパワーモジュール。
- [請求項4]           請求項2または3に記載のパワーモジュールにおいて、
- 前記第2の絶縁層に施されたアルマイト処理は、リン酸又はシュウ酸アルマイト処理であるパワーモジュール。
- [請求項5]           スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための

半導体素子と、

前記半導体素子の一方の側にある主電極と対向して配置され、前記半導体素子と電氣的接続される第1の電気配線板と、

前記半導体素子の他方の側にある主電極と対向して配置され、前記半導体素子と電氣的接続される第2の電気配線板とを備え、

前記半導体素子の両側にそれぞれ、前記第1の電気配線板または前記第2の電気配線板を介して配置される樹脂絶縁層と、

前記樹脂絶縁層を介して、前記樹脂絶縁層と接合するためのアルマイト処理が施された第1の絶縁層と、

前記第1の絶縁層を介して、前記半導体素子の電氣的な絶縁を確保するための第2の絶縁層とを備え、

前記半導体素子の両側にそれぞれ、前記第1の電気配線板または前記第2の電気配線板、前記樹脂絶縁層、前記第1の絶縁層、および前記第2の絶縁層を介して、前記半導体素子が発生する熱を放散するための金属製放熱部材とを備えるパワーモジュール。

[請求項6]

請求項5に記載のパワーモジュールにおいて、

前記金属製放熱部材はアルミ合金から形成されており、

前記第1の絶縁層は、前記金属製放熱部材に無機酸系のアルマイト処理が施されることによって前記金属製放熱部材に形成され、

前記第2の絶縁層は、前記金属製放熱部材に有機酸系のアルマイト処理が施されることによって前記金属製放熱部材に形成されるパワーモジュール。

[請求項7]

スイッチング動作によって直流電流を交流電流に変換させるための半導体素子と、

前記半導体素子の一方の側にある主電極と対向して配置され、前記当該半導体素子と電氣的接続される第1の電気配線板と、

前記半導体素子の他方の側にある主電極と対向して配置され、前期半導体素子と電氣的接続される第2の電気配線板と、

前記第 1 の電気配線板および前記第 2 の電気配線板の前記半導体素子とは対向しない面の一部を露出するように、前記半導体素子と前記第 1 の電気配線板と前記第 2 の電気配線板とを封止するための樹脂封止材と、

前記樹脂封止材により封止された前記半導体素子と前記第 1 の電気配線板と前記第 2 の電気配線板とを挿入するための開口を有する金属製ケースと、

前記第 1 の電気配線板及び前記第 2 の電気配線板の露出面と前記金属製ケースの内壁との間に挿入される絶縁シートとを備え、

前記金属製ケースは、前記絶縁シートと前記金属製ケースとの対向面に、前記絶縁シートと接合するための第 1 の絶縁層が形成されるとともに、前記第 1 の絶縁層を介して前記絶縁シートとは反対側に第 2 の絶縁層が形成されるパワーモジュール。

[請求項 8]

請求項 7 に記載のパワーモジュールにおいて、

前記金属製ケースはアルミ合金から形成されており、

前記第 1 の絶縁層は、前記金属製ケースに無機酸系のアルマイト処理が施されることにより前記金属製ケースに形成され、

前記第 2 の絶縁層は、前記金属製ケースに有機酸系のアルマイト処理が施されることによって前記金属製ケースに形成されるパワーモジュール。

[請求項 9]

請求項 1 に記載のパワーモジュールにおいて、

前記電気配線板は Cu 合金から形成されており、前記樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されるパワーモジュール。

[請求項 10]

請求項 5 に記載のパワーモジュールにおいて、

前記第 1 の電気配線板および前記第 2 の電気配線板は Cu 合金から形成されており、前記樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されるパワーモジュール。

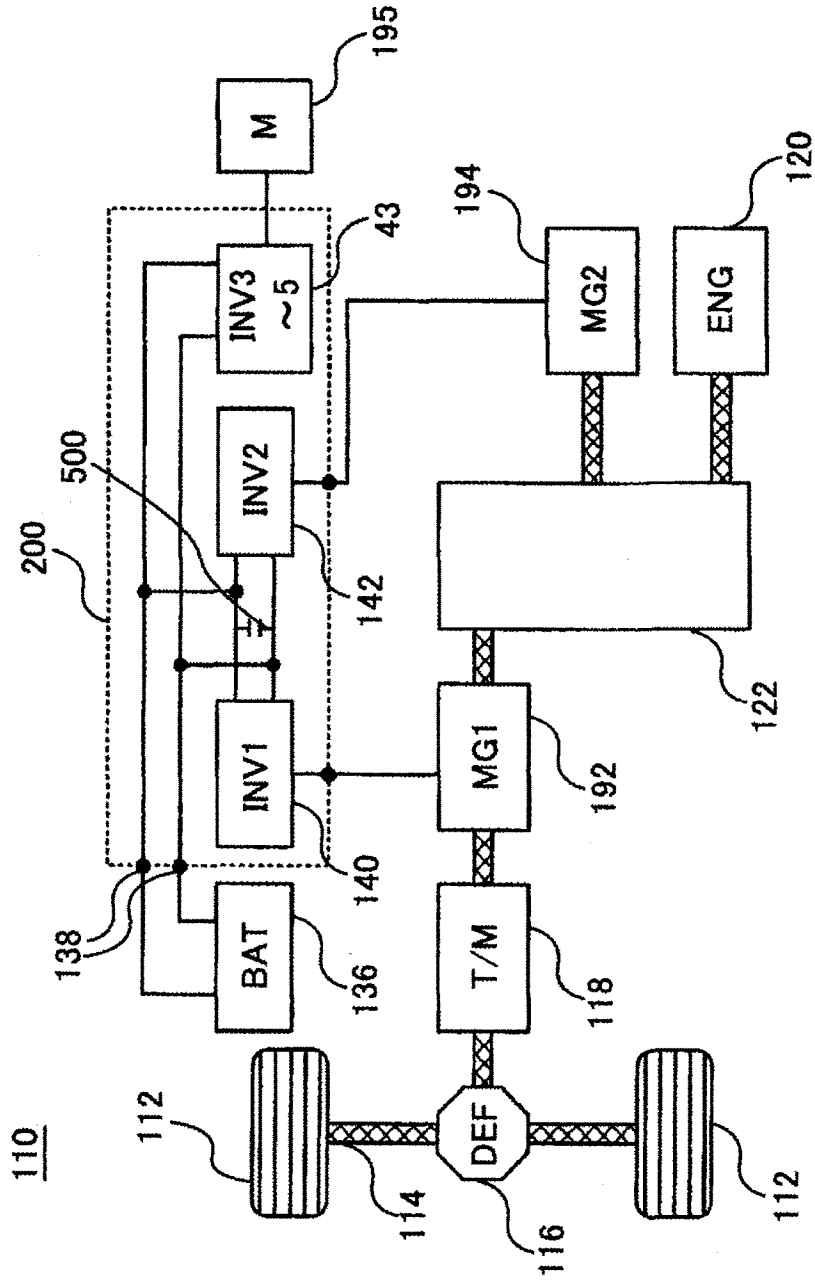


[請求項11]

請求項7に記載のパワーモジュールにおいて、

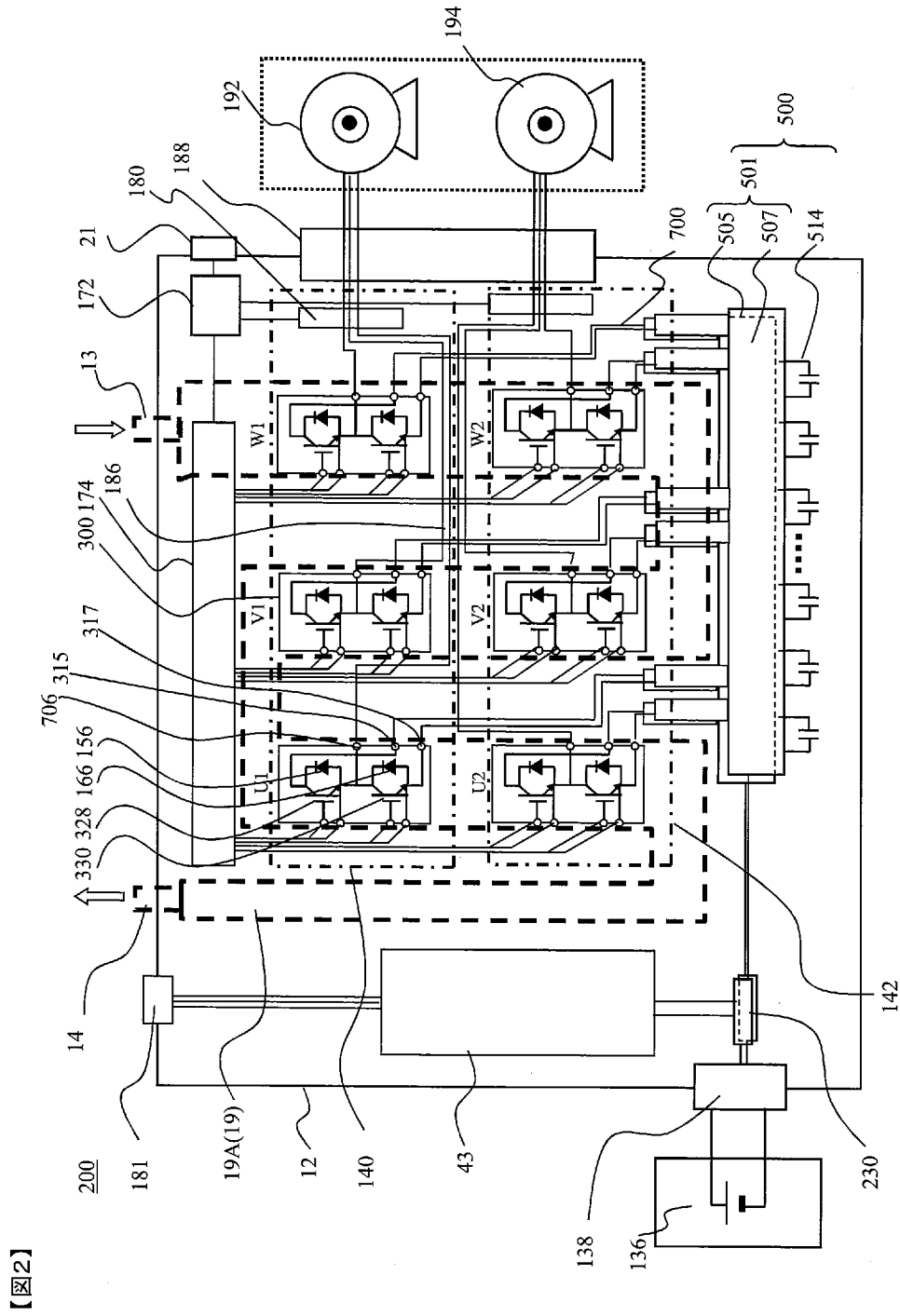
前記第1の電気配線板および前記第2の電気配線板はCu合金から形成されており、前記樹脂絶縁層と対向する主面には粗化处理または黒化处理等の酸化処理が施されるパワーモジュール。

【図1】

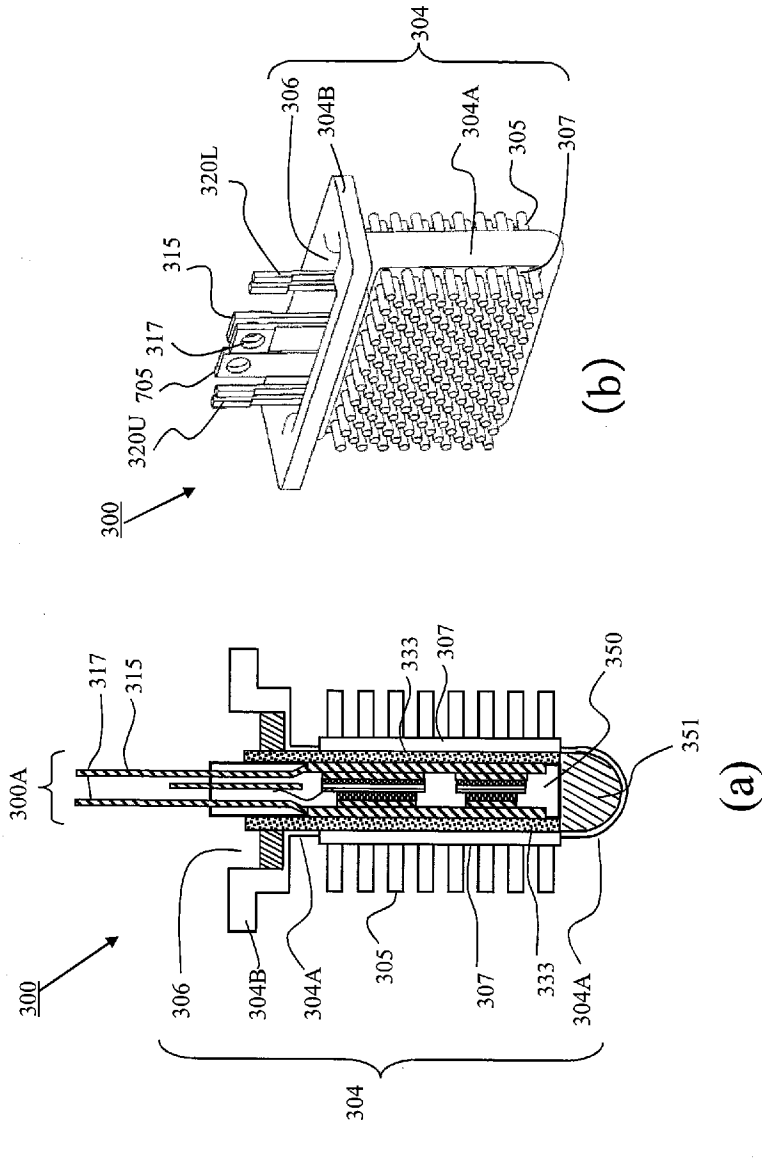


【図1】

【図2】



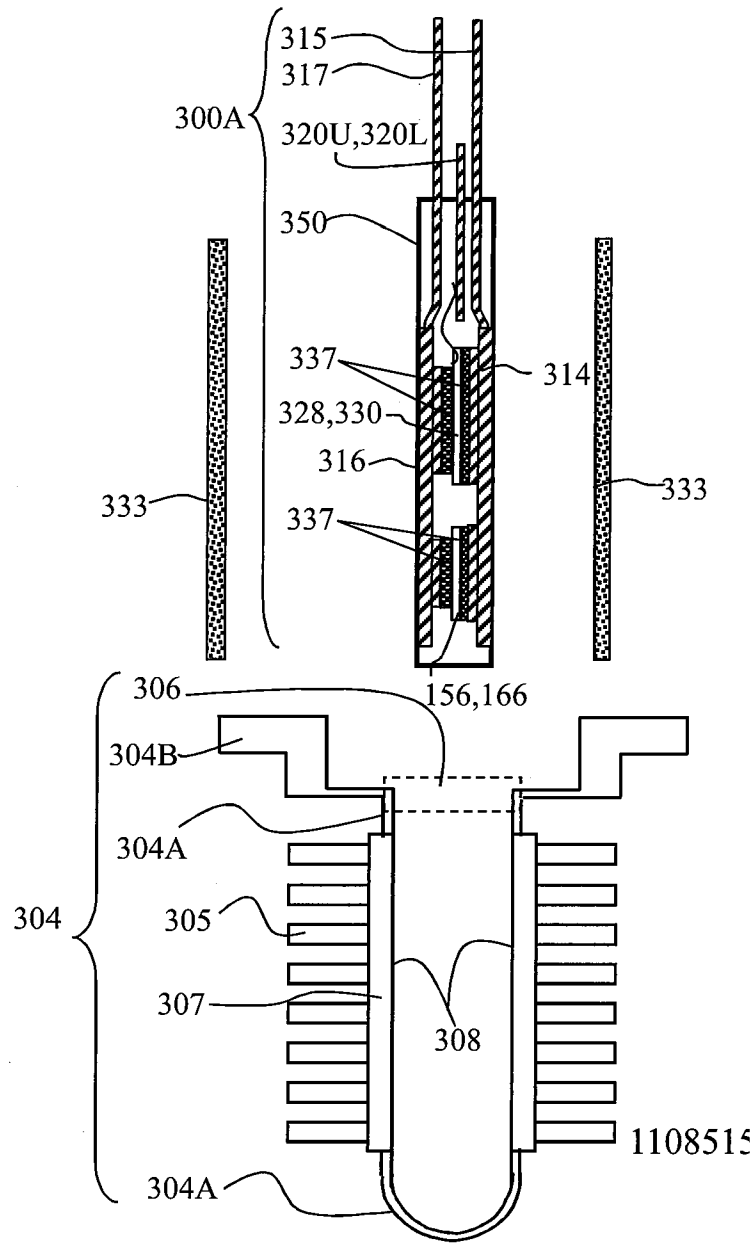
【図3】



【図3】

[図4(a)]

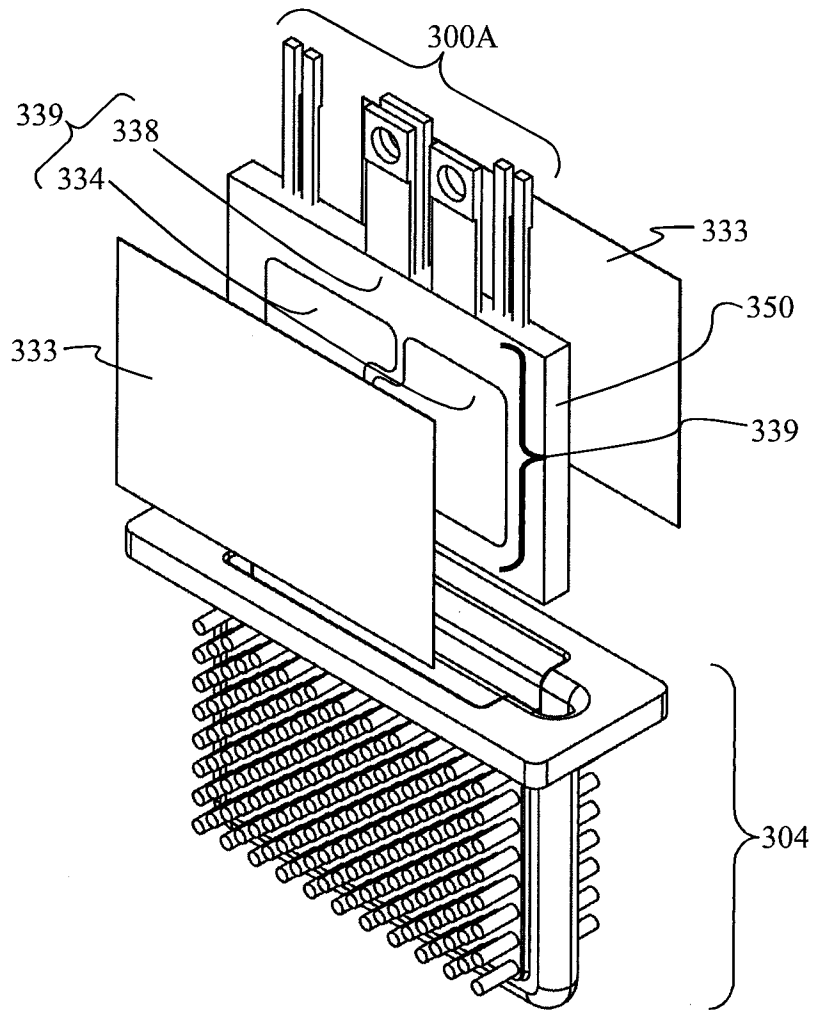
【図4】



(a)

[図4(b)]

【図4】

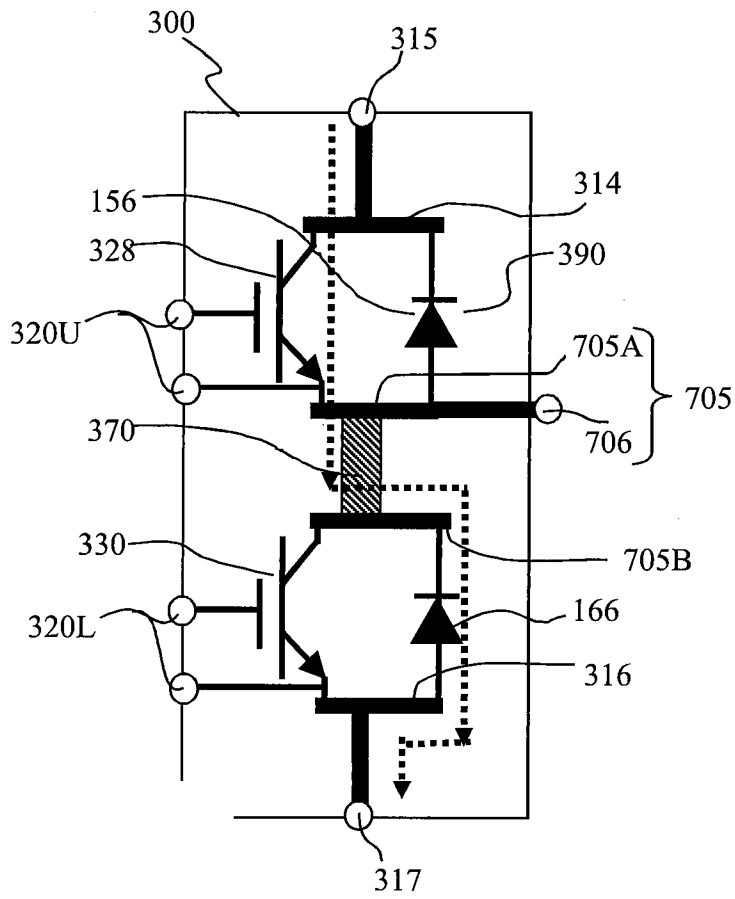


(b)



[図4(d)]

【図4】

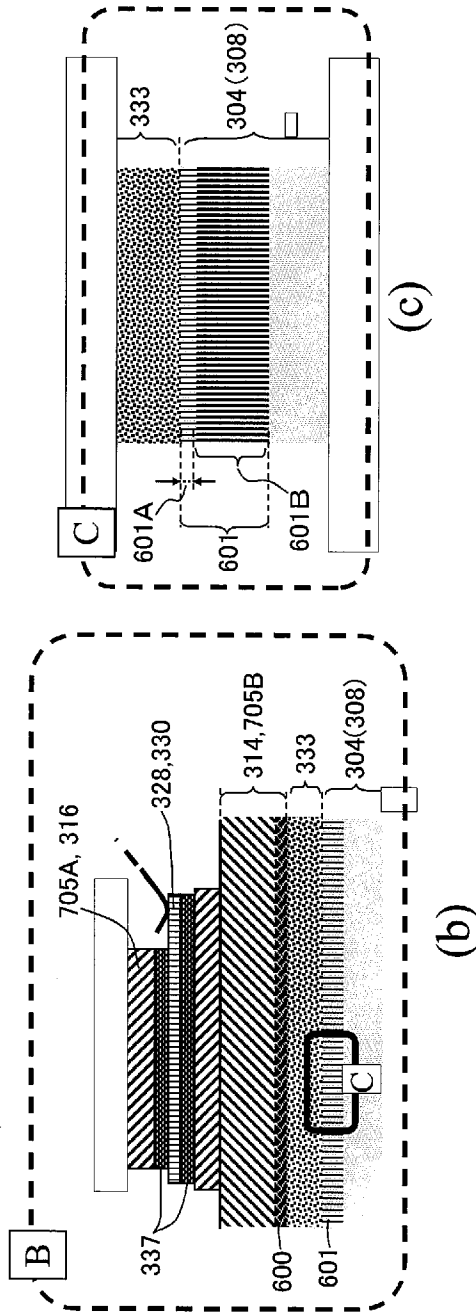
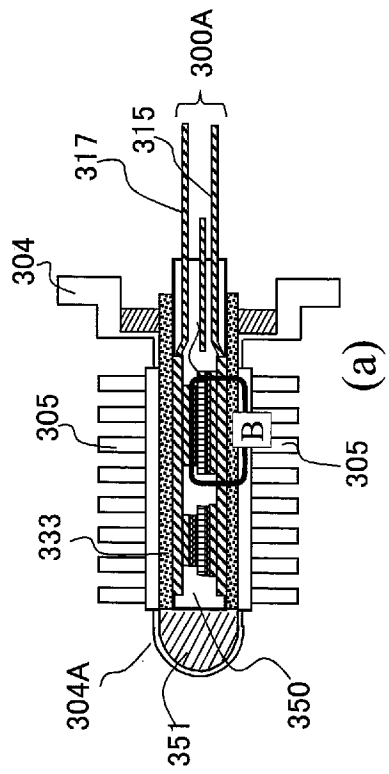


(d)

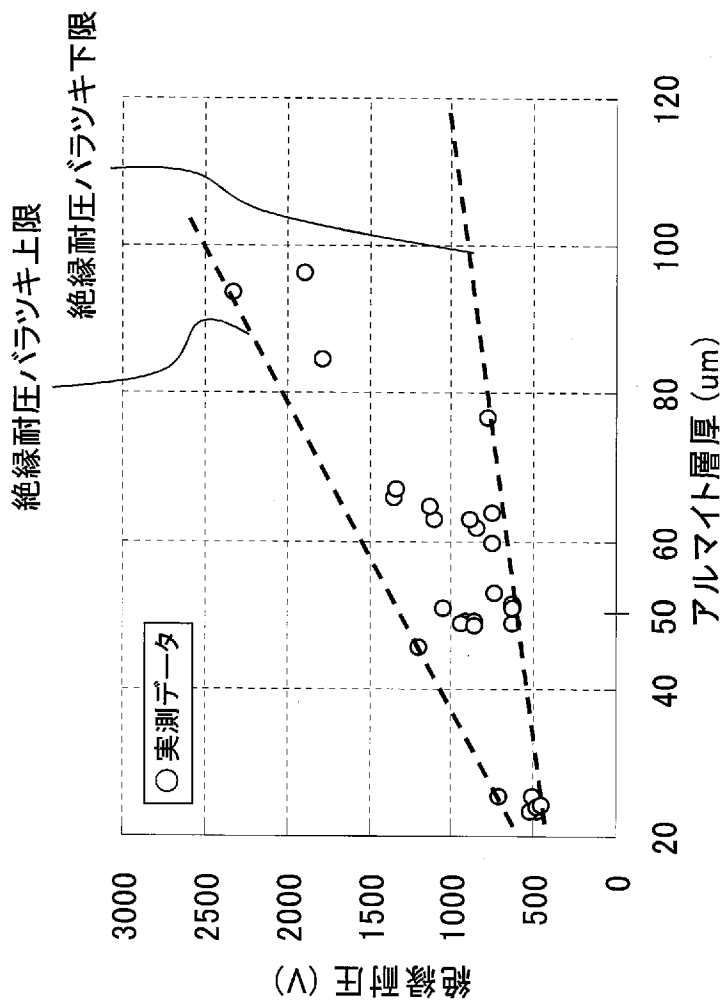


【図5】

【図5】

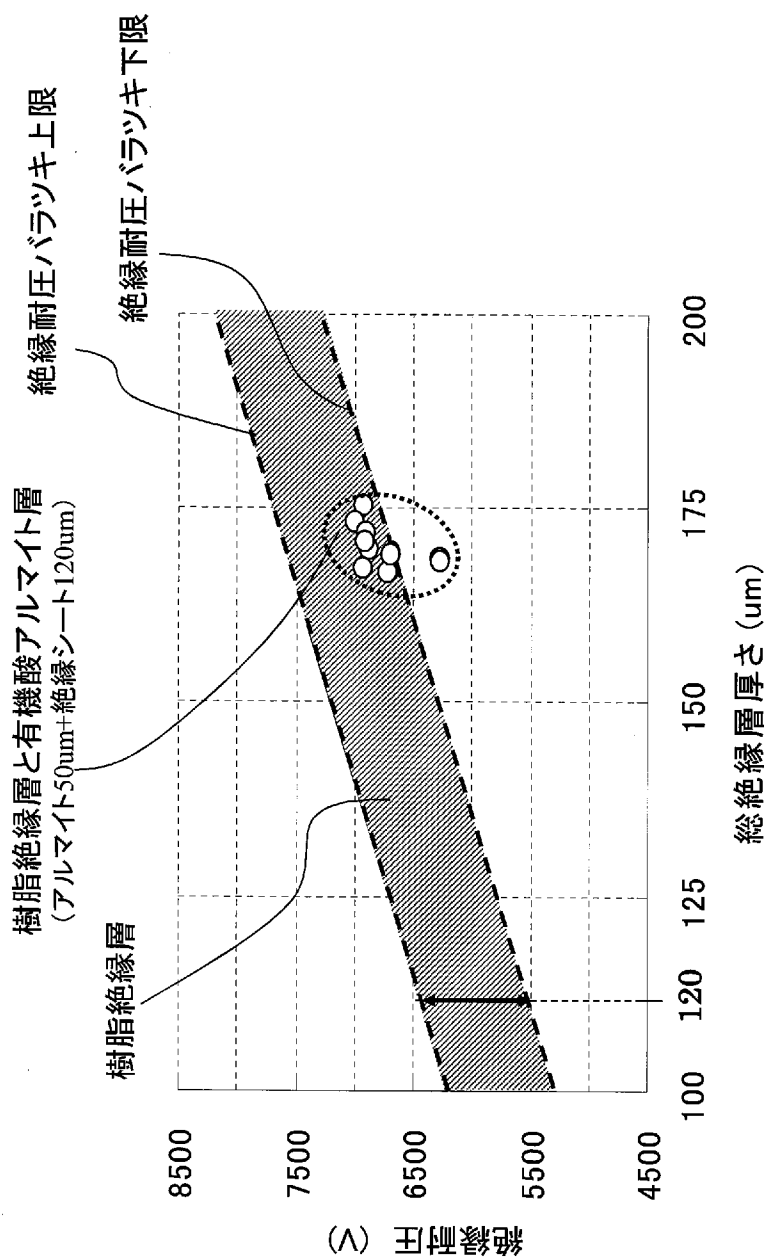


[図6]



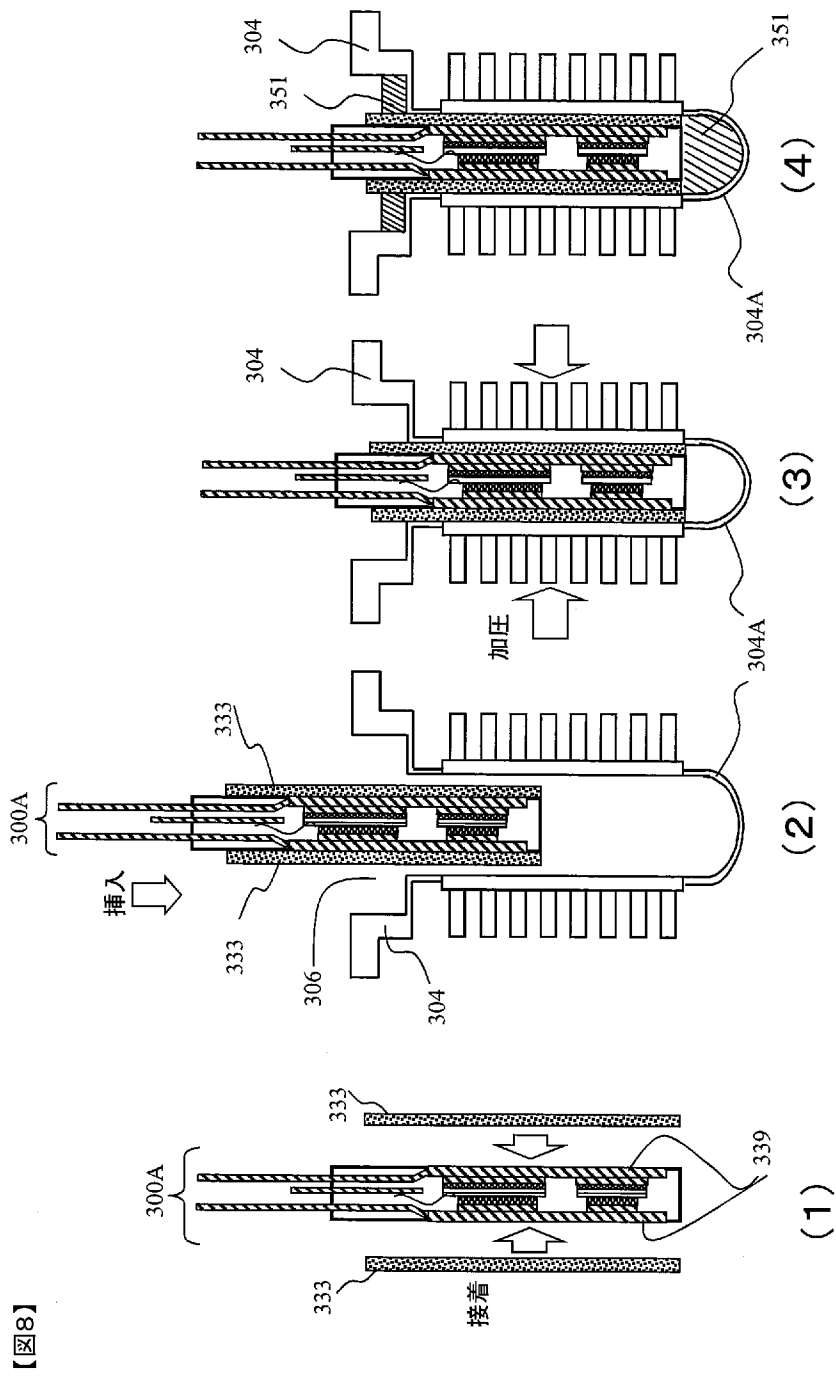
【図6】

【図7】



【図7】

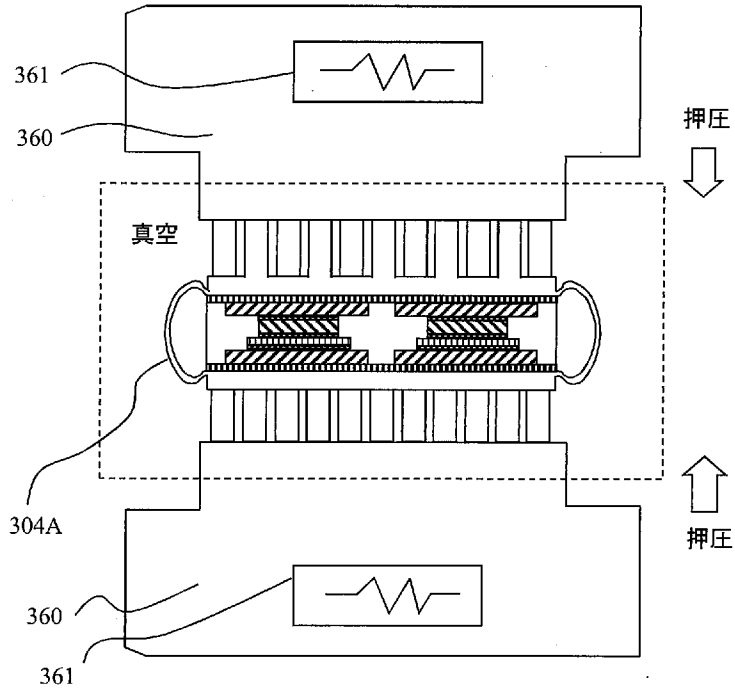
【図8】



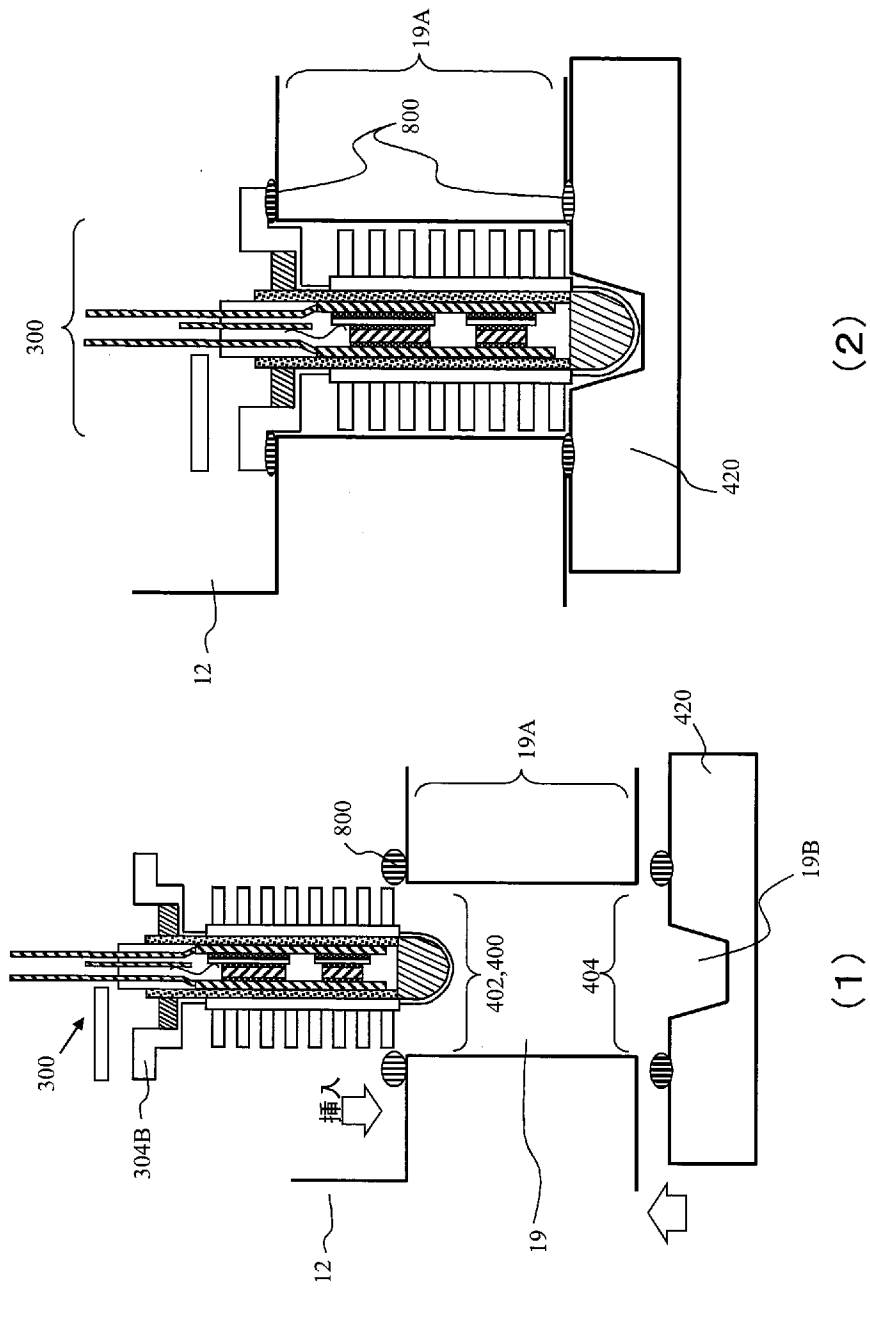
【図8】

[图9]

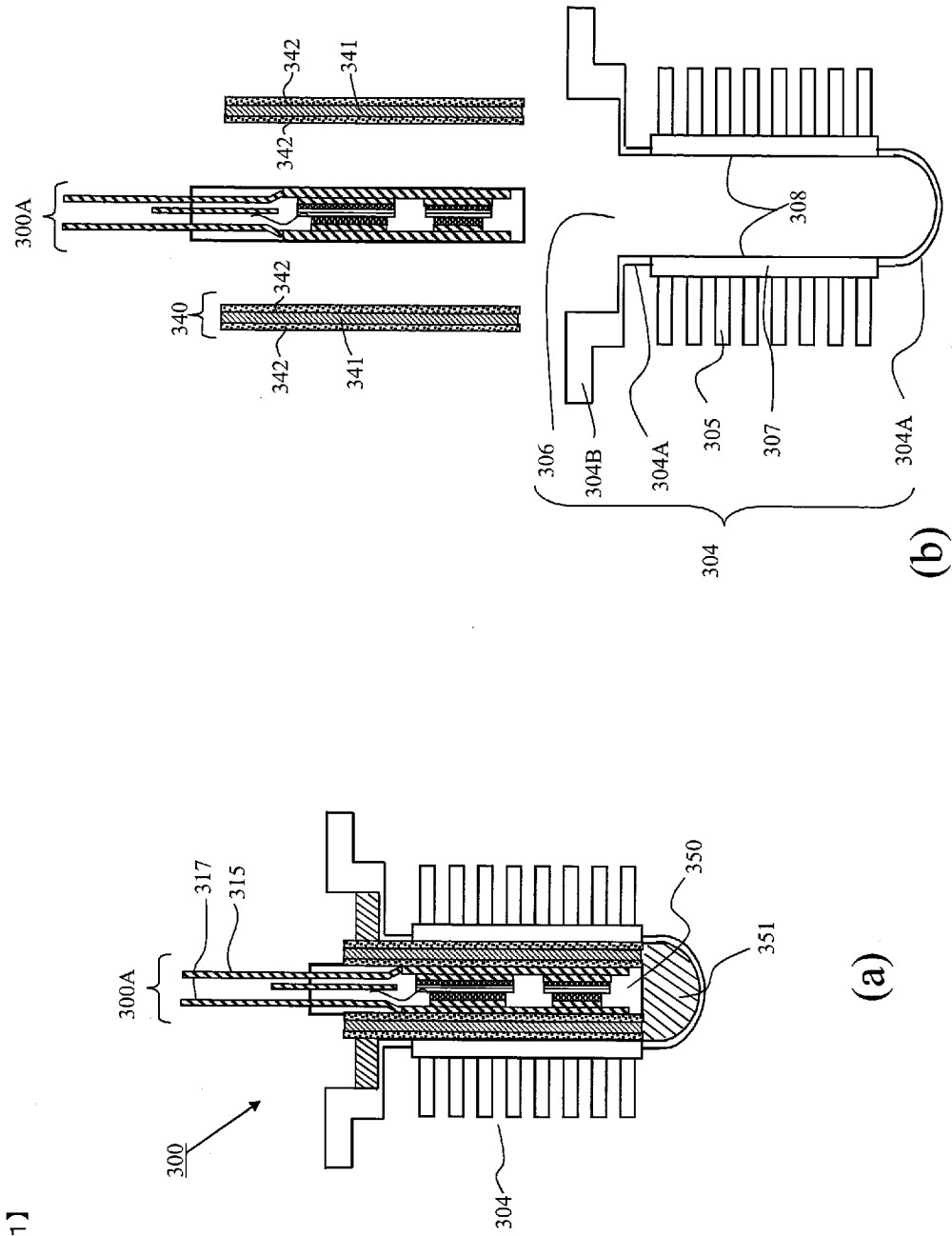
【图9】



【図10】

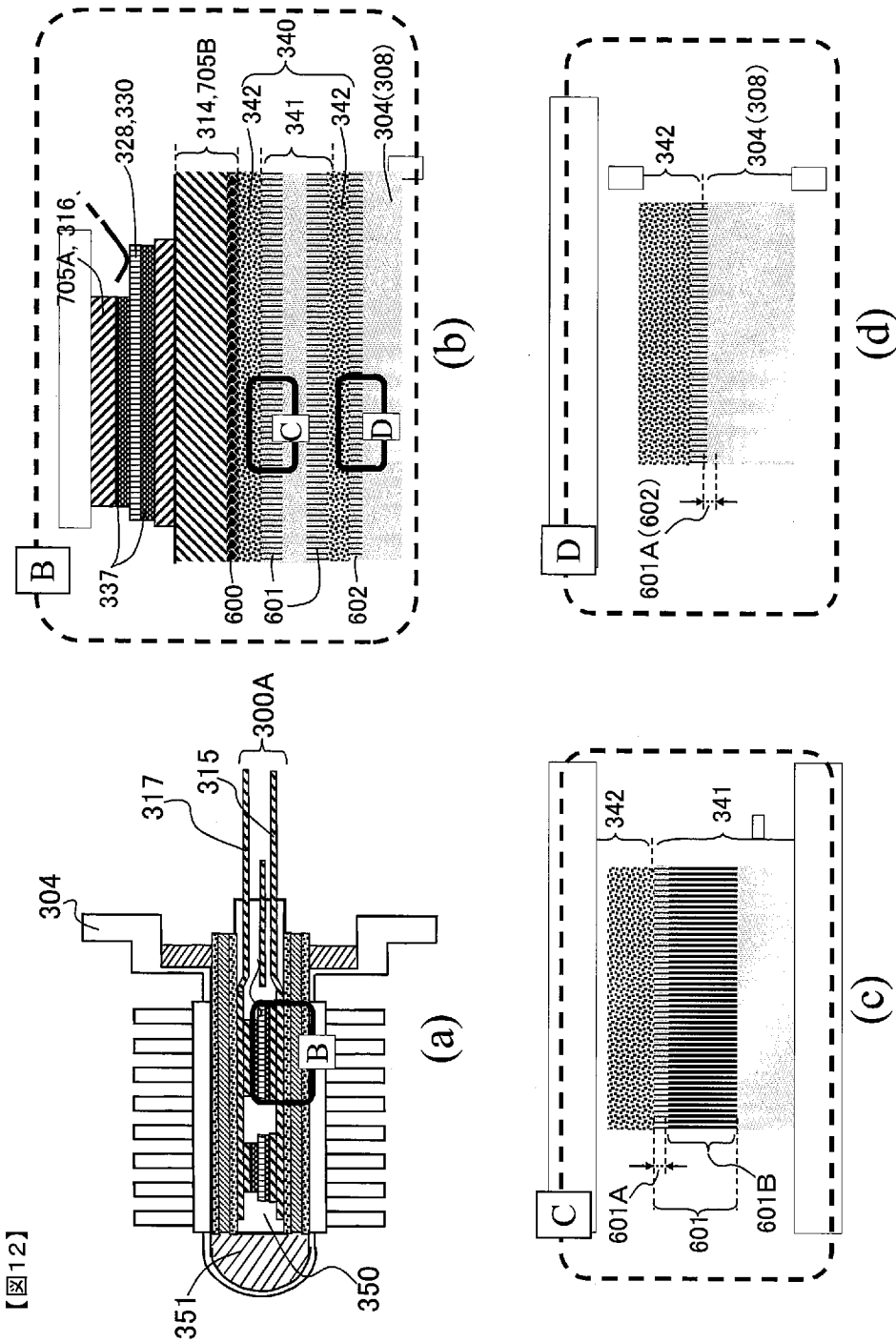


【図11】



【図11】

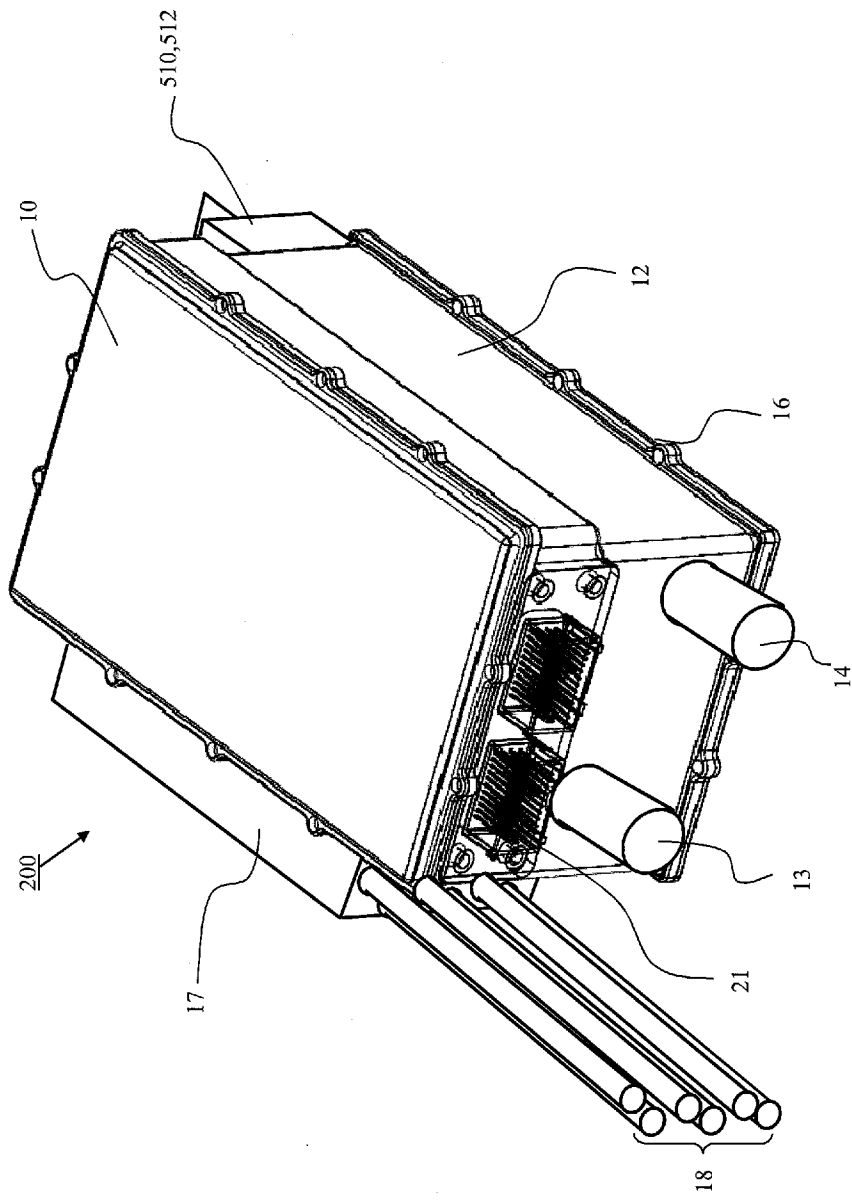
【図12】



【図12】

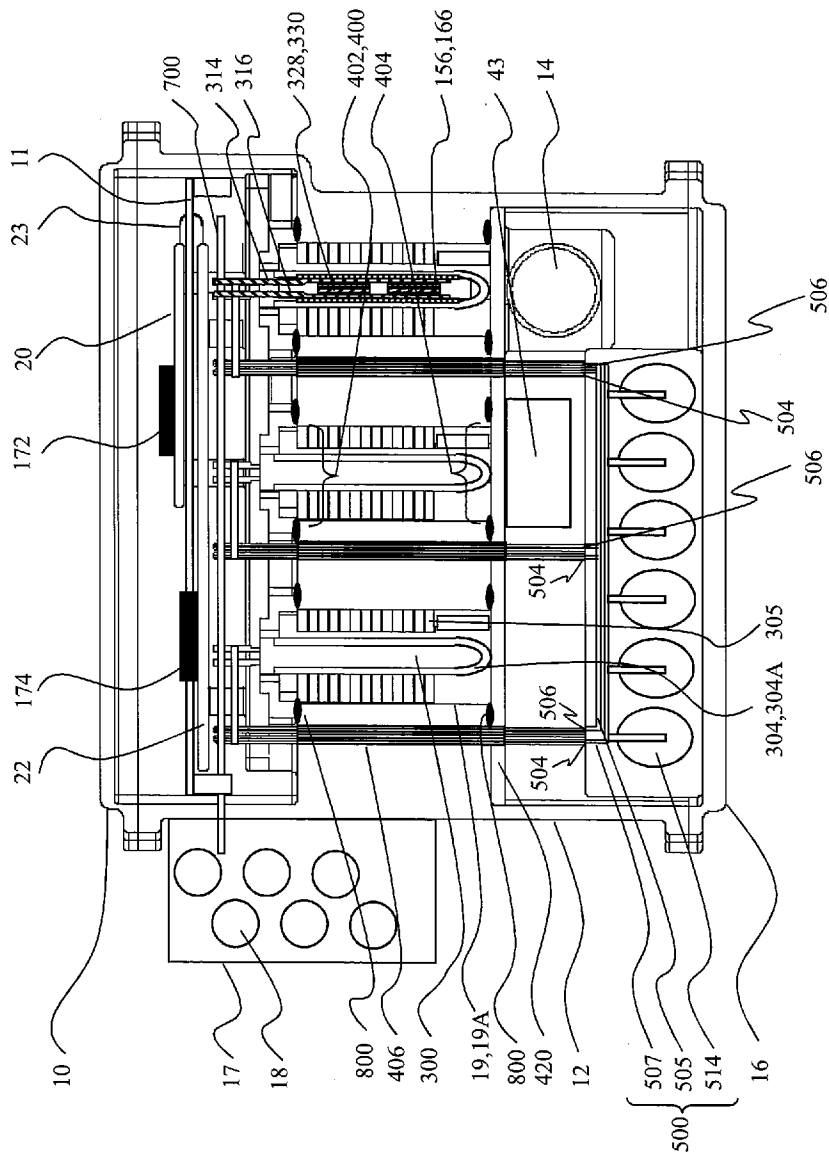


[13]



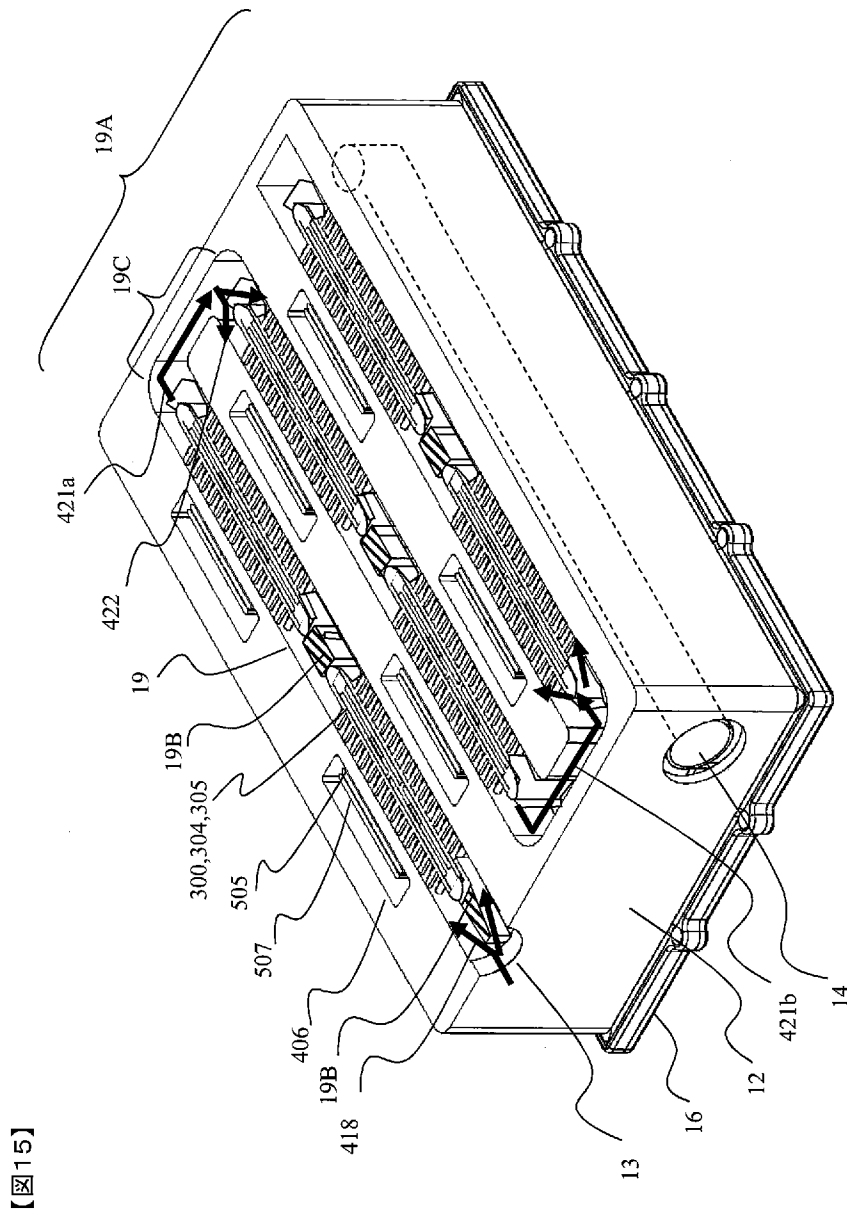
[13]

【図14】

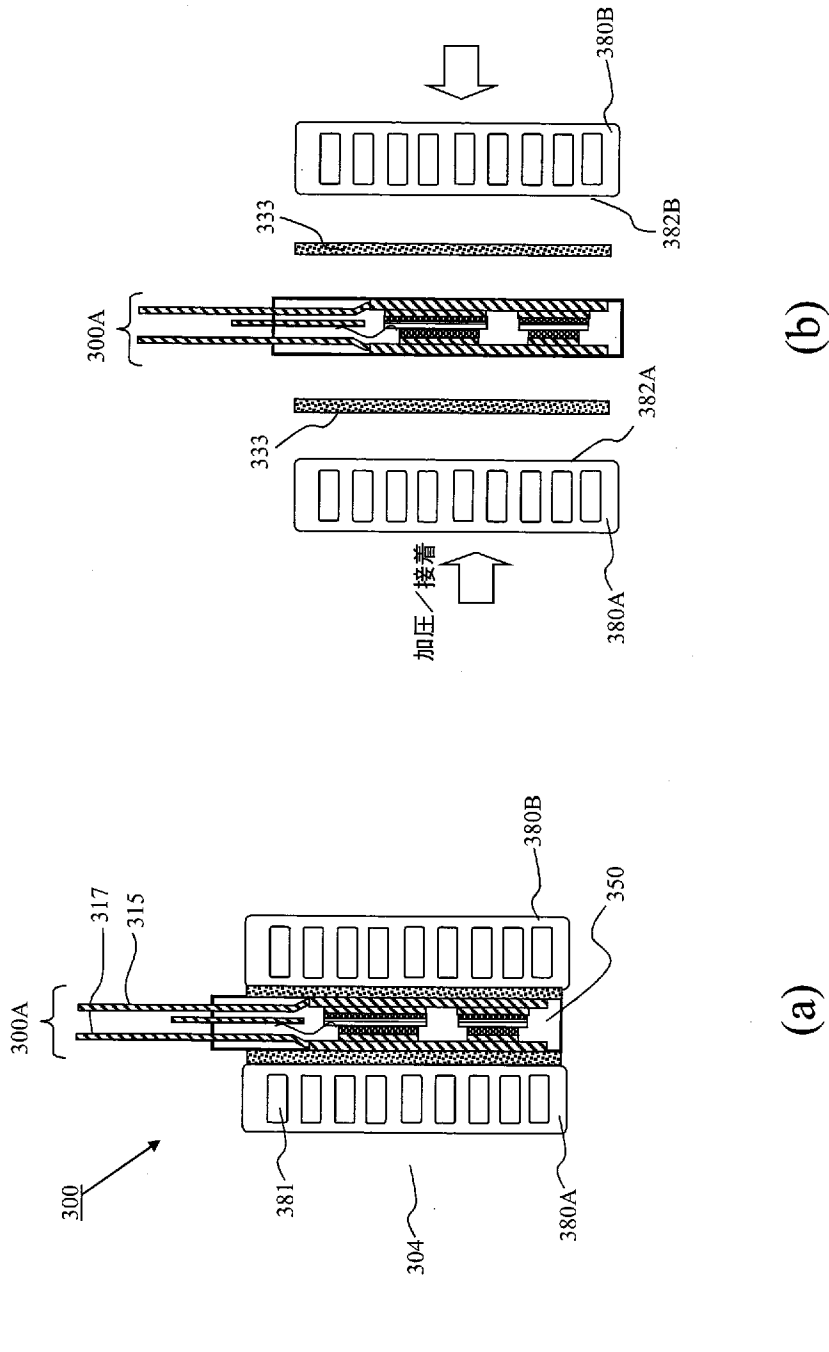


【図14】

【図15】



【図16】

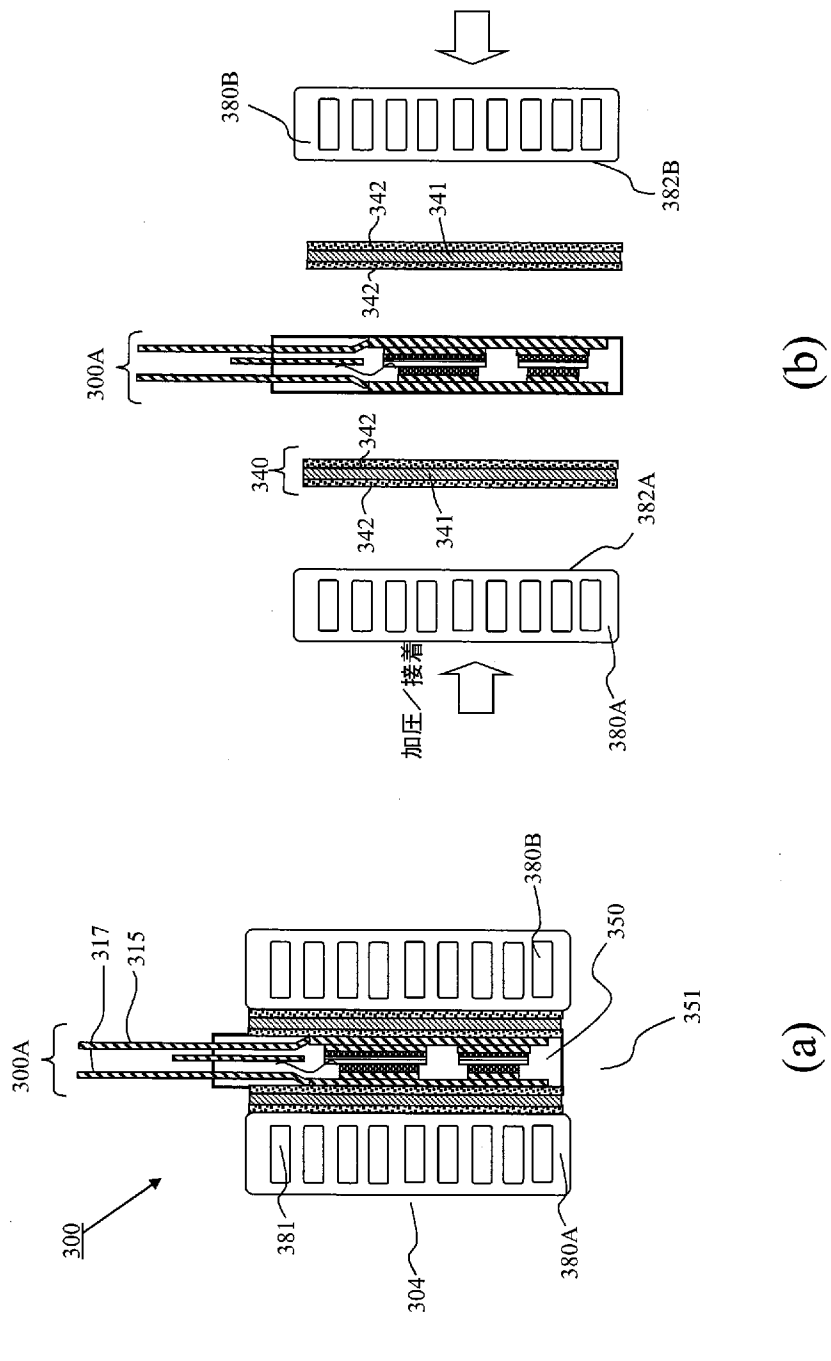


【図16】

(a)

(b)

【図17】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056872

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L25/07(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L25/18(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)

H01L25/00-H01L25/18, H01L23/36-H01L23/473

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
X <u>Y</u> <u>A</u>	JP 2007-142067 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 June 2007 (07.06.2007), paragraphs [0011] to [0047]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-2 <u>5, 7, 9-11</u> <u>3-4, 6, 8</u>
Y <u>A</u>	JP 2005-310987 A (Denso Corp.), 04 November 2005 (04.11.2005), paragraphs [0043] to [0053]; fig. 1 & US 2005/0230816 A1	5, 10 <u>6</u>
Y <u>A</u>	JP 2006-202899 A (Toyota Motor Corp.), 03 August 2006 (03.08.2006), paragraphs [0017] to [0030]; fig. 1 to 5 (Family: none)	7, 11 <u>8</u>

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
21 June, 2010 (21.06.10)Date of mailing of the international search report  
29 June, 2010 (29.06.10)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2010/056872

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-102580 A (Matsushita Electronics Corp.), 15 April 1997 (15.04.1997), paragraphs [0015] to [0024]; fig. 1 to 6 (Family: none)	9-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01L25/07(2006.01)i, H01L23/36(2006.01)i, H01L25/18(2006.01)i, H02M7/48(2007.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H01L25/00-H01L25/18, H01L23/36-H01L23/473

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  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2010年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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 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 請求項の番号
X Y A	JP 2007-142067 A (日産自動車株式会社) 2007.06.07, [0011]-[0047], 図 1-3 (ファミリーなし)	1-2 5, 7, 9-11 3-4, 6, 8
Y A	JP 2005-310987 A (株式会社デンソー) 2005.11.04, [0043]-[0053], 図 1 & US 2005/0230816 A1	5, 10 6
Y A	JP 2006-202899 A (トヨタ自動車株式会社) 2006.08.03, [0017]-[0030], 図 1-5 (ファミリーなし)	7, 11 8

C欄の続きにも文献が列挙されている。  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  
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの  
 「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  
 「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)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「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  
 「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  
 「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  
 「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  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 21.06.2010	国際調査報告の発送日 29.06.2010
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 酒井 英夫	4 R	9 6 3 1
	電話番号 03-3581-1101 内線 3471		



C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の 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 請求項の番号
Y	JP 9-102580 A (松下電子工業株式会社) 1997. 04. 15, [0015]-[0024], 図 1-6 (ファミリーなし)	9-11