

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6181212号  
(P6181212)

(45) 発行日 平成29年8月16日(2017.8.16)

(24) 登録日 平成29年7月28日(2017.7.28)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 25/07 (2006.01)	HO 1 L 25/04 C
HO 1 L 25/18 (2006.01)	HO 1 L 23/46 Z
HO 1 L 23/473 (2006.01)	HO 1 L 23/36 A
HO 1 L 23/29 (2006.01)	

請求項の数 14 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2015-558704 (P2015-558704)	(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(86) (22) 出願日 平成26年1月27日(2014.1.27)	(74) 代理人 100098660 弁理士 戸田 裕二
(86) 国際出願番号 PCT/JP2014/051643	(72) 発明者 新谷 寛 日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(87) 国際公開番号 W02015/111211	(72) 発明者 井出 英一 日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(87) 国際公開日 平成27年7月30日(2015.7.30)	(72) 発明者 佐々木 康二 日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
審査請求日 平成28年5月13日(2016.5.13)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーモジュール及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体素子と、前記半導体素子に接続される制御端子と、前記制御端子への電気信号に応じた電流が流れるパワー端子と、放熱層と、を有する本体部と、

前記放熱層と熱交換可能に配置され、前記本体部を冷却する冷却部と、

前記パワー端子に接続されるバスバーと、

少なくとも前記バスバーとの接触箇所が絶縁性である筒体と、

前記筒体を支持する金属部材と、を備え、

前記金属部材に前記筒体が密着することで、一方側が開放された箱体が形成され、

前記箱体の中に、少なくとも前記本体部及び前記バスバーが配置され、

前記制御端子及び前記パワー端子は、前記半導体素子から前記一方側に延びており、

前記箱体の内部に絶縁封止材が充填されることで、前記本体部及び前記バスバーが封止され、

前記金属部材は、

前記一方側とは反対の他方側に凹み、前記本体部を収容するポケット部を有し、

前記冷却部と、前記ポケット部に収容された前記本体部と、が交互に配置され、

前記本体部の両側に配置される前記冷却部は、前記ポケット部を介して前記本体部と熱交換可能であるパワーモジュール。

【請求項2】

前記本体部と、前記冷却部と、が密着した状態で交互に配置されてなる積層体を備え、

前記箱体の中に前記積層体が収容されることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 3】

前記筒体は、

前記バスターが設置される絶縁部材と、

前記積層体の積層方向の両側に配置され、前記積層体を挟んで加圧する加圧部材と、を備えることを特徴とする請求項 2 に記載のパワーモジュール。

【請求項 4】

前記加圧部材と、前記加圧部材によって支持される前記絶縁部材と、を有する一对の側壁と、前記一对の側壁に取り付けられることで、当該一对の側壁とともに前記筒体を形成する別の側壁と、を備えることを特徴とする請求項 3 に記載のパワーモジュール。

10

【請求項 5】

前記冷却部と、前記金属部材と、が一体形成されてなる放熱部材と、

前記放熱部材に設置され、冷却水が通流する流路を有する冷却水循環部材と、を備えることを特徴とする請求項 2 に記載のパワーモジュール。

【請求項 6】

前記冷却部と、前記金属部材と、空冷用のフィンと、が一体形成されてなる放熱部材を備え、

前記フィンは、前記一方側とは反対の他方側に延びていることを特徴とする請求項 2 に記載のパワーモジュール。

20

【請求項 7】

前記金属部材は、平面視で前記筒体を囲み、前記一方側に向けて立ち上がる起立部を有することを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 8】

前記起立部が前記一方側に向けて立ち上がる高さは、前記箱体の中に充填される前記絶縁封止材の液面よりも高いことを特徴とする請求項 7 に記載のパワーモジュール。

【請求項 9】

交互に配置される前記本体部及び前記冷却部のうち、両端の前記冷却部を挟んで加圧する加圧部材を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 10】

前記冷却部は、自身の内部に冷却水を通流させるための流路を有することを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

30

【請求項 11】

前記冷却部の前記他方側に設置され、前記冷却部から吸熱した熱を空気に放熱するヒートシンクを備えることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 12】

前記絶縁封止材は、ゲル又はレジンであることを特徴とする請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 13】

半導体素子と、前記半導体素子に接続される制御端子と、前記制御端子への電気信号に応じた電流が流れるパワー端子と、放熱層と、を有する本体部と、

前記本体部を冷却する冷却部と、

前記本体部と前記冷却部とが交互に配置された状態で、前記本体部と前記冷却部とを熱交換可能に仕切るための、一体的に形成された金属部材と、を備え、

前記本体部と前記冷却部とが交互に配置され、かつ、前記金属部材によって仕切られた状態で、

前記本体部は、前記金属部材から一方側に臨み、

前記冷却部は、前記金属部材から前記一方側とは反対の他方側に臨むことを特徴とするパワーモジュール。

40

【請求項 14】

50

半導体素子と、前記半導体素子に接続される制御端子と、前記制御端子への電気信号に応じた電流が流れるパワー端子と、放熱層と、を有する本体部と、

前記放熱層と熱交換可能に配置され、前記本体部を冷却する冷却部と、

の間に金属部材を介在させ、前記冷却部と、前記金属部材のポケット部に収容された前記本体部と、を交互に配置して位置決めする位置決め工程と、

前記パワー端子と、バスバーと、を接続する接続工程と、

少なくとも前記バスバーとの接触箇所が絶縁性である筒体と、前記筒体を支持する前記金属部材と、を密着させてコーティングし、一方側が開放された箱体を形成するコーティング工程と、

前記本体部及び前記バスバーが配置された前記箱体の内部に絶縁封止材を充填して封止する封止工程と、を含み、

前記制御端子及び前記パワー端子は、前記半導体素子から前記一方側に延びており、

前記ポケット部は、前記一方側とは反対の他方側に凹んでいることを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子を備えるパワーモジュール及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、パワー半導体チップと呼ばれる半導体素子を備えた電力変換装置が、自動車、鉄道、電力機器等に用いられている。例えば、高効率のパワー半導体チップを電力変換装置に搭載することで、電力変換を行う際のエネルギー損失を低減できる。

ところで、パワー半導体チップは通電に伴う発熱量が大きいため、パワー半導体チップを冷却して適温に保つことが要請されている。また、パワー半導体チップの小型化も要請されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、スイッチング素子を内蔵した半導体モジュールと、半導体モジュールを冷却するための冷却チューブと、を備えた電力変換装置について記載されている。この電力変換装置では、半導体モジュールと冷却チューブとが交互に積層されてなる積層体の両端に、一對のばね部材が設置される。

【0004】

また、特許文献2には、モールド面が互いに当接するように配置される複数対のパワーモジュールと、一對のパワーモジュールの放熱面を両側から挟持する冷却フィンと、を備えた電力用半導体装置について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2011-181687号公報

【特許文献2】特開2006-190972号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の電力変換装置は、断面視H字状を呈する収納ケースに積層体を固定し、この収納ケースの一方側から制御端子を露出させ、他方側からパワー端子を露出させる構成になっている。

【0007】

ところで、電力変換装置の耐電圧性を向上させる場合、パワー端子間を一定距離以上、離間させて絶縁性を確保することが求められる。一方、インダクタンスを低減させて、スイッチング時の電流の時間的变化に伴うスパイク電圧を抑制するには、パワー端子間の距

10

20

30

40

50

離を近づけることが求められる。つまり、電力変換装置において、耐電圧性の向上とインダクタンスの低減とはトレードオフの関係にある。

【0008】

例えば、特許文献1に記載の電力変換装置においてパワー端子間の距離を大きくして耐電圧性を向上させた場合を考える。この場合、パワー端子間の距離が大きくなる分、インダクタンスが増大してスパイク電圧が発生しやすくなるという問題がある。また、電力変換装置を大型化せざるを得ないという問題もある。

【0009】

特許文献2に記載の電力用半導体装置でも、主端子(パワー端子)が露出している。したがって、耐電圧性を向上させようとする、インダクタンスの増大及び装置の大型化を招いてしまう。さらに、製造時の作業性を向上させたいという要請もある。

10

【0010】

そこで本発明は、低インダクタンス化及び小型化を図ったパワーモジュール等を提供することを課題とする。また、本発明は、製造時の作業性を向上させたパワーモジュール等を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記課題を解決するために、本発明に係るパワーモジュールは、半導体素子と、前記半導体素子に接続される制御端子と、前記制御端子への電気信号に応じた電流が流れるパワー端子と、放熱層と、を有する本体部と、前記放熱層と熱交換可能に配置され、前記本体部を冷却する冷却部と、前記パワー端子に接続されるバスバーと、少なくとも前記バスバーとの接触箇所が絶縁性である筒体と、前記筒体を支持する金属部材と、を備え、前記金属部材に前記筒体が密着することで、一方側が開放された箱体が形成され、前記箱体の中に、少なくとも前記本体部及び前記バスバーが配置され、前記制御端子及び前記パワー端子は、前記半導体素子から前記一方側に延びており、前記箱体の内部に絶縁封止材が充填されることで、前記本体部及び前記バスバーが封止されることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、低インダクタンス化及び小型化を図ったパワーモジュール等を提供できる。また、本発明によれば、製造時の作業性を向上させたパワーモジュール等を提供できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の第1実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした斜視図である。

【図2】本体部の斜視図である。

【図3】図2に示すC-C線で切断した端面図である。

【図4】パワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

【図5】図1に示すA-A線で切断した端面図である。

【図6】図1に示すB-B線で切断した端面図である。

40

【図7】パワーモジュールの製造工程を説明するための斜視図である。

【図8】本発明の第1実施形態に係るパワーモジュールの変形例1を示す分解斜視図である。

【図9】本発明の第1実施形態に係るパワーモジュールの変形例2を示す分解斜視図である。

【図10】本発明の第2実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

【図11】パワーモジュールの端面図(図1に示すA-A線に対応)である。

【図12】本発明の第2実施形態に係るパワーモジュールの変形例1を示す分解斜視図である。

50

【図 1 3】本発明の第 2 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す分解斜視図である。

【図 1 4】本発明の第 2 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 3 を示す分解斜視図である。

【図 1 5】本発明の第 3 実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

【図 1 6】パワーモジュールの端面図（図 1 に示す A - A 線に対応）である。

【図 1 7】本発明の第 4 実施形態に係るパワーモジュールの端面図（図 1 に示す A - A 線に対応）である。

【図 1 8】本発明の第 5 実施形態に係るパワーモジュールの端面図（図 1 に示す A - A 線に対応）である。

10

【図 1 9】本発明の第 6 実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした斜視図である。

【図 2 0】パワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

【図 2 1】図 1 9 に示す A - A 線で切断した端面図である。

【図 2 2】本発明の第 6 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 3】本発明の第 6 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 4】本発明の第 7 実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

20

【図 2 5】パワーモジュールの端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 6】本発明の第 7 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 7】本発明の第 7 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 8】本発明の第 8 実施形態に係るパワーモジュールの端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。

【図 2 9】比較例に係るパワーモジュールの端面図である。

【発明を実施するための形態】

30

【0014】

本発明の各実施形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、向きを説明する場合、図 1 等に示す前後・左右・上下に基づいて説明する。

【0015】

第 1 実施形態

図 1 は、本実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした斜視図である。なお、図 1 では、各端子及び各バスバーを封止する絶縁封止材（ゲル）の図示を省略している。

パワーモジュール M は、例えば、高電圧用の電力変換装置（図示せず）に用いられ、外部の制御装置（図示せず）からの指令に応じてスイッチング動作を行うものである。パワーモジュール M は、三つの本体部 11 ~ 13（図 4 参照）と、四つの冷却部 21 ~ 24 と、金属部材 30 と、筒体 W（左壁 41、右壁 42、前壁 43、後壁 44）と、コレクタ連結バスバー 51 と、エミッタ連結バスバー 52 と、を備えている。

40

【0016】

（本体部）

図 2 は、本体部の斜視図である。本体部 11 は、制御端子 1b を介して入力される電気信号に応じて、コレクタ端子 1i 及びエミッタ端子 1j を導通・遮断するものである。なお、図 2 に示す例では、本体部 11 が直方体状を呈しているが、本体部 11 の形状はこれに限定されない。

【0017】

50

図3は、図2に示すC - C線で切断した端面図である。

本体部11は、主に、パワー半導体素子1aと、制御端子1b（図2参照）と、配線層1c、1fと、絶縁層1d、1gと、放熱層1e、1hと、コレクタ端子1iと、エミッタ端子1j（図2参照）と、を有している。なお、本体部11が有するパワー半導体素子1aの数を、通電容量に対応して増加させてもよい。

パワー半導体素子1a（半導体素子）は、例えば、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）であり、本体部11に内蔵されている。なお、パワー半導体素子1aの種類はこれに限定されず、MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor）、GTO（Gate Turn-Off thyristor）、ダイオード等、さまざまな素子を用いることができる。

10

#### 【0018】

図2に示す制御端子1bは、外部の制御装置（図示せず）から入力される電気信号をパワー半導体素子1aに入力するための端子である。制御端子1bは、パワー半導体素子1aのゲート電極に接続されており、パワー半導体素子1aから上方に延びている（図2参照）。

#### 【0019】

図3に示すように、パワー半導体素子1aから本体部11の左側面に向かって順に、コレクタ側の配線層1c、絶縁層1d、及び放熱層1eが積層されている。同様に、パワー半導体素子1aから本体部11の右側面に向かって順に、エミッタ側の配線層1f、絶縁層1g、及び放熱層1hが積層されている。

20

以下では、主にコレクタ側の配線層1c、絶縁層1d、及び放熱層1eについて説明するが、エミッタ側についても同様である。

#### 【0020】

配線層1cは、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、銅とアルミニウムの合金等、電気抵抗が小さい金属を含んでいる。なお、配線層1cと絶縁層1dとの間に、高熱伝導で低熱膨張な層（図示せず）を介在させることが好ましい。例えば、配線層1cの一方側（絶縁層1d側）に、モリブデン、タングステン、カーボン等を拡散させることで、前記した層が形成される。これによって、パワー半導体素子1aに付与される熱応力を緩和しつつ、電流耐量や熱広がり性を維持できる。

#### 【0021】

配線層1cは、薄板状を呈しており、その面方向が本体部11の左右側面と平行になっている。また、コレクタ側の配線層1cと、エミッタ側の配線層1fと、は互いに逆向きの電流が流れるように配置されている。このように配線層1c、1fを配置することで、配線層1c、1fの磁界が打ち消され、インダクタンスを低減できる。

30

パワー半導体素子1aと配線層1cとは、例えば、粒径が50μm以下の酸化銀（Ag<sub>2</sub>O、Ag<sub>2</sub>O）又は酸化銅（CuO）の粒子を主体とした接合材料を用いて電氣的に接合される。

#### 【0022】

コレクタ端子1i（パワー端子）及びエミッタ端子1j（パワー端子：図2参照）は、制御端子1b間の電圧に応じた電流を通流させるための端子である。コレクタ端子1iはコレクタ側の配線層1cに接続され（図3参照）、エミッタ端子1jはエミッタ側の配線層1fに接続されている。コレクタ端子1i及びエミッタ端子1jは、パワー半導体素子1aから上方に延びている。

40

#### 【0023】

図3に示す絶縁層1dは、アルミナ、窒化アルミ、窒化珪素等の高熱伝導な物質からなる焼結板に、アルミナ、窒化アルミ、窒化ホウ素等の高熱伝導なフィラーを分散させた樹脂である。

放熱層1eは、パワー半導体素子1a等で発生する熱を外部に逃がすために設けられ、銅、アルミニウム、又は銅とアルミニウム合金からなる高熱伝導な金属を含んでいる。なお、前記した金属に、モリブデン、タングステン、カーボンを拡散させることで、高熱伝

50

導かつ低熱膨張にすることが好ましい。

【0024】

図2、図3に示すように、それぞれの放熱層1e, 1hは、パワー半導体素子1aの左右側面から露出している。放熱層1e, 1hの露出面は平面状を呈するとともに、互いに平行であることが好ましい。これによって、冷却部21, 22(図4参照)から放熱層1e, 1hに作用する圧力が、前記した露出面上で均一化され、本体部11の冷却効率を高めることができる。

【0025】

樹脂部材1kは、トランスファー成型されることで、パワー半導体素子1aを含む各層を封止する部材である。トランスファー成型を行う際、制御端子1b、コレクタ端子1i、及びエミッタ端子1jが、図2、図3に示す配置で位置決めされる。

樹脂部材1kとして、接着性のあるフェノール系、アクリル系、ポリイミド系、ポリアミドイミド系、エポキシ系、シリコン系、ビスマレイミドトリアジン系、シアネートエステル系等の樹脂を用いることができる。なお、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、BN等のセラミックスや、ゲル、ゴムを樹脂部材1kに含有させることが好ましい。これによって、樹脂部材1kを低熱膨張とし、パワー半導体素子1aや絶縁層1d, 1gに作用する熱応力を低減できる。

【0026】

樹脂部材1kをトランスファー成形する際、この樹脂部材1kから放熱層1e, 1hを露出させる。なお、放熱層1e, 1hが露出しない場合、例えば、放熱層1e, 1hを隠している樹脂部材を研削することで放熱層1e, 1hを露出させることが好ましい。

図3に示すように、絶縁層1d(1g)の外側に放熱層1e(1h)を設け、さらに樹脂部材1kで封止することで、本体部11の絶縁性・伝熱性を十分に確保できる。なお、図3に示す構成は一例であり、本体部11の構成はこれに限定されない。また、他の本体部12, 13(図4参照)も同様の構成を有している。

【0027】

(冷却部)

図4は、パワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

冷却部21は、本体部11等を冷却するためのものであり、前記した放熱層1eと熱交換可能に配置されている。冷却部21は、伝熱性の高い金属部材(例えば、銅)であり、その外形は直方体状を呈している。その他の冷却部22~24についても同様である。

以下では、本体部11~13をまとめて「本体部10」と記載し、冷却部21~24をまとめて「冷却部20」と記すことがあるものとする。

【0028】

本実施形態に係るパワーモジュールMは、4個の冷却部21~24を備えている。図4に示すように、左右方向において本体部10と冷却部20が密着した状態で交互に配置(積層)されている。なお、本体部10及び冷却部20からなる積層体Kは、後記する締結具Q(図7参照)によって左右方向で押圧される。これによって、本体部10の放熱層1e, 1hと冷却部20とが密着し、パワー半導体素子1a等で発生した熱が放熱層1e, 1hを介して冷却部20に放熱される。

冷却部20には、冷水を通流させる流路H1(図5参照)が設けられている。前記した流路H1の上流端及び下流端には、それぞれ冷却用パイプP2が接続される(図4参照)。

【0029】

なお、グリース、カーボンシート等の高熱伝導シート(図示せず)を本体部10と冷却部20との間に介在させることが好ましい。このように、柔軟で変形しやすい熱伝導シートを設置することで、本体部10及び冷却部20の左右方向における寸法バラつきを吸収し、位置決め精度及び熱伝導性を向上させることができる。

【0030】

(金属部材)

10

20

30

40

50

図4に示す金属部材30は、後記する筒体Wを支持するものであり、上下方向に肉薄の直方体状を呈している。金属部材30は、冷却部20で吸熱した熱を外部に逃がす機能と、筒体Wに密着することで絶縁封止材Gの漏洩を防ぐ機能と、を有している。金属部材30は、銅(Cu)、アルミニウム(Al)、銅とアルミニウムの合金等、成形容易な金属で形成されることが好ましい。

金属部材30には、前記した本体部10及び冷却部20からなる積層体Kが載置される。

#### 【0031】

金属部材30の内部には、冷却水を通流させるための流路(図示せず)が形成されている。本実施形態では、金属部材30に右側面に冷却水の流入口及び流出口を設け、上面に冷却用パイプP2(図4参照)の接続口(8個)を設けた。金属部材30の内部に形成された流路は、前記した流入口から流入する冷却水を各冷却部21~24に対応して分流させ、冷却部21~24で吸熱した冷却水を合流させて流出口から取り出すように形成されている。

10

#### 【0032】

(筒体)

筒体W(左壁41、右壁42、前壁43、後壁44)は、平面視で矩形状の孔H2(図1参照)を有しており、前記した金属部材30に密着している。金属部材30に筒体Wが密着することで、一方側(上側)が開放された箱体B(図1参照)が形成される。

#### 【0033】

左壁41及び右壁42は、コレクタ連結バスバー51及びエミッタ連結バスバー52を固定・支持する絶縁部材であり、左右方向に肉薄の直方体状を呈している。つまり、前記した筒体Wのうち、少なくともバスバー51、52と接触する箇所(左壁41及び右壁42)は、絶縁性を有している。左壁41及び右壁42は、例えば、ポリフェニレンサルファイド樹脂(Poly Phenylene Sulfide Resin)から形成される。

20

#### 【0034】

図5は、図1に示すA-A線で切断した端面図である。

左壁41は、コレクタ連結バスバー51を支持する突起部41aと、エミッタ連結バスバー52を支持する突起部41bと、を有している。各突起部41a、41bは右方向に向かって突出しており、前後方向に延びている。突起部41a、41bは、後記する絶縁封止材Gで封止された状態において、バスバー51、52の絶縁距離を確保できるように形成されている。なお、右壁42に形成された突起部42a、42bについても同様である。

30

#### 【0035】

下方の突起部41aが設けられる位置(高さ)は、冷却部21の上下方向の長さに対応しており、金属部材30及び突起部41aによってできる凹部に冷却部21が嵌め込まれる。同様に、金属部材30及び突起部42aによってできる凹部に冷却部24が嵌め込まれる。これによって、本体部10及び冷却部20からなる積層体Kを容易かつ高精度に位置決めできる。

なお、右壁42に設けられた突起部42a、42bの上方には、各バスバー51、52の右端が嵌め込まれる凹部42c、42dが形成されている。

40

#### 【0036】

図4に示す前壁43及び後壁44は、前後方向に肉薄の直方体状を呈している。なお、コレクタ連結バスバー51とエミッタ連結バスバー52との絶縁性を確保するため、前壁43及び後壁44も絶縁部材(例えば、ポリフェニレンサルファイド樹脂)であることが好ましい。

#### 【0037】

(コレクタ連結バスバー)

図4に示すコレクタ連結バスバー51(バスバー)は、コレクタ端子1iと電氣的に接続される金属部材である。コレクタ連結バスバー51は、電気抵抗を小さくし、大電流に

50

伴うジュール熱を低減するために、薄板状を呈している。

コレクタ連結バスバー 5 1 には、制御端子 1 b を外部に引き出すための貫通孔 H 3 ( 6 個 ) と、エミッタ端子 1 j を上方に引き出すための貫通孔 H 4 ( 3 個 ) と、コレクタ端子 1 i とコレクタ連結バスバー 5 1 とを接続するための接続部 I ( 3 個 ) と、が設けられている。

特に、エミッタ端子 1 j が引き出される貫通孔 H 4 の孔径は、後記する絶縁封止材 G で封止された状態で、エミッタ端子 1 j とコレクタ連結バスバー 5 1 との絶縁距離を確保できるように設定されている。

【 0 0 3 8 】

接続部 I は、コレクタ連結バスバー 5 1 においてコレクタ端子 1 i に対応する箇所切入込みを入れ、当該箇所を上方に折り曲げることで形成される。これによって、コレクタ端子 1 i を引き出すための孔 H 5 と、コレクタ端子 1 i とコレクタ連結バスバー 5 1 とを接続するための接続部 I と、を同時に形成でき、作業性を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

( エミッタ連結バスバー )

図 6 は、図 1 に示す B - B 線で切断した端面図である。

エミッタ連結バスバー 5 2 ( バスバー ) は、エミッタ端子 1 j を介して電流が流れる薄板状の金属部材であり、エミッタ端子 1 j と電氣的に接続される。エミッタ連結バスバー 5 2 には、制御端子 1 b を引き出すための貫通孔 H 3 ( 6 個 : 図 4 参照 ) と、エミッタ端子 1 j とエミッタ連結バスバー 5 2 とを接続するための接続部 J ( 3 個 ) と、が設けられている。

【 0 0 4 0 】

( 各バスバーの配置・接続関係 )

図 4 ~ 図 6 に示すように、コレクタ連結バスバー 5 1 とエミッタ連結バスバー 5 2 とは、互いに平行に配置され、一方に流れる電流と他方に流れる電流とが逆向きになるように配置されている。これによって、各バスバー 5 1 , 5 2 に流れる電流によって発生する磁界が打ち消され、インダクタンスを低減できる。

また、後記するように、コレクタ連結バスバー 5 1 及びエミッタ連結バスバー 5 2 も、絶縁封止材 G で封止される。したがって、バスバー 5 1 , 5 2 との距離 L 1 ( 図 5 参照 ) を比較的小さくしても ( つまり、インダクタンスを低減させても )、放電が起こるおそれはない。

【 0 0 4 1 】

なお、コレクタ連結バスバー 5 1 とエミッタ連結バスバー 5 2 とを絶縁するために、空気中では各バスバー 5 1 , 5 2 間の距離 L 2 ( 図 5 参照 ) を十分に確保することが好ましい。本実施形態では、熱圧着又は射出成形によってコレクタ連結バスバー 5 1 と左壁 4 1 とを一体形成し、コレクタ連結バスバー 5 1 を側断面視で直線状とし、左壁 4 1 から露出させる構成にした。

【 0 0 4 2 】

同様に、エミッタ連結バスバー 5 2 と左壁 4 1 とを一体形成し、エミッタ連結バスバー 5 2 を左壁 4 1 の上面から露出させる ( つまり、左壁 4 1 の中でエミッタ連結バスバー 5 2 が L 字状に折れ曲がっている ) 構成にした。つまり、絶縁封止材 G で封止されている空間ではバスバー 5 1 , 5 2 間の距離 L 1 を比較的短くし、空気中ではバスバー 5 1 , 5 2 間の距離 L 2 を十分に長くすることで、バスバー 5 1 , 5 2 間の絶縁性を確保するようにした。

なお、バスバー 5 1 , 5 2 を左壁 4 1 と一体成形せずに別体とし、かしめ ( 図示せず ) によってバスバー 5 1 , 5 2 を左壁 4 1 に設置するようにしてもよい。

【 0 0 4 3 】

前記したように、本体部 1 1 , 1 2 , 1 3 のコレクタ端子 1 i はコレクタ連結バスバー 5 1 に接続され ( 図 5 参照 )、エミッタ端子 1 j はエミッタ連結バスバー 5 2 に接続される ( 図 6 参照 )。つまり、三個の本体部 1 1 , 1 2 , 1 3 は、電氣的に並列接続される。

例えば、同期した制御信号が各制御端子 1 b から入力されると、各パワー半導体素子 1 a (図 3 参照) も同期してオン/オフ動作し、これに伴う大電流がコレクタ連結バスバー 5 1 及びエミッタ連結バスバー 5 2 に流れる。この場合、パワーモジュール M 全体が、一つの大きなスイッチング回路として機能する。なお、パワーモジュール M の用途は、前記した例に限定されない。

#### 【 0 0 4 4 】

< パワーモジュールの製造工程 >

図 7 は、パワーモジュールの製造工程を説明するための斜視図である。

まず、本体部 1 1 ~ 1 3 (本体部 1 0 ) と冷却部 2 1 ~ 2 4 (冷却部 2 0 ) とを左右方向で交互に配置し、密着させた状態で位置決めする (位置決め工程)。例えば、本体部 1 0 及び冷却部 2 0 からなる積層体 K を金属部材 3 0 の上に載置し、金属部材 3 0 の前面を基準面として治具 (図示せず) を設置し、前後方向で本体部 1 0 及び冷却部 2 0 を位置決めする。

10

次に、左端に位置する冷却部 2 1 に対して左側から左壁 4 1 を押し当て、右端に位置する冷却部 2 4 に対して右側から右壁 4 2 を押し当てることで、左右方向で本体部 1 0 及び冷却部 2 0 を位置決めする。

#### 【 0 0 4 5 】

なお、位置決めを容易にするため、金属部材 3 0 の上面に左右方向の溝 (図示せず) を設け、この溝を基準として本体部 1 0 、冷却部 2 0 、及び筒体 W を設置するようにしてもよい。これによって前記した治具が不要になるため、作業性を高めることができる。

20

#### 【 0 0 4 6 】

左壁 4 1 及び右壁 4 2 を金属部材 3 0 に載置する際、前記した貫通孔 H 3 を介して制御端子 1 b を挿通し、貫通孔 H 4 を介してエミッタ端子 1 j を挿通し、孔 H 5 (図 4 参照) を介してコレクタ端子 1 i を挿通する。

また、コレクタ連結バスバー 5 1 を右壁 4 2 の凹部 4 2 c に嵌め込み、エミッタ連結バスバー 5 2 を右壁 4 2 の凹部 4 2 d に嵌め込む (図 5 参照)。このようにバスバー 5 1 , 5 2 を支持することで、コレクタ端子 1 i 及びエミッタ端子 1 j に作用する応力 (バスバー 5 1 , 5 2 の重量に伴って生じる応力) を抑制できる。

#### 【 0 0 4 7 】

次に、接続部 I (図 5 参照) においてコレクタ端子 1 i とコレクタ連結バスバー 5 1 とを溶接し (例えば、スポット溶接)、接続部 J (図 6 参照) においてエミッタ端子 1 j とエミッタ連結バスバー 5 2 とを溶接する。これによって、本体部 1 0 とバスバー 5 1 , 5 2 とが電氣的に接続される (接続工程)。

30

#### 【 0 0 4 8 】

次に、例えば、4 組の締結具 Q を左壁 4 1 及び右壁 4 2 に設置してボルト締めし、左壁 4 1 及び右壁 4 2 を左右から圧縮するように押圧する (押圧工程)。これによって、本体部 1 0 及び冷却部 2 0 からなる積層体 K が押圧され、放熱層 1 e , 1 h (図 3 参照) と冷却部 2 0 とが密着する。

なお、前後・上下方向において締結具 Q による押圧力が略均一であるため、放熱層 1 e , 1 h と冷却部 2 0 にも、その面方向において略均一な押圧力が作用する。したがって、本体部 1 0 と冷却部 2 0 との間の熱抵抗を低減できる。

40

#### 【 0 0 4 9 】

次に、図 7 に示すように、金属部材 3 0 の上面に設けられた孔 H 6 に冷却用パイプ P 2 の一方の開口を接続し、冷却部 2 0 に設けられた流路 H 1 に冷却用パイプ P 2 の他方の開口を接続する (パイプ設置工程)。冷却用パイプ P 2 は、金属部材 3 0 に干渉しないように、左右方向から視て湾曲している。

なお、前記した接続工程、押圧工程、パイプ設置工程の順序を適宜入れ替えてもよい。

#### 【 0 0 5 0 】

次に、前記した筒体 W (図 4 参照) と、金属部材 3 0 と、をネジ部材 (図示せず) によって複数個所で固定する。さらに、金属部材 3 0 と筒体 W とを密着させた状態で、その界

50

面にコーティング材を塗布する（コーティング工程）。その結果、金属部材 30 と筒体 W とによって、上側のみが開放された箱体 B（図 1 参照）が形成される。

【 0 0 5 1 】

次に、本体部 10、冷却部 20、コレクタ連結バスバー 51、及びエミッタ連結バスバー 52 が配置された箱体 B の内部に絶縁封止材 G を充填して封止する（封止工程）。充填時において絶縁封止材 G は液状であるが、前記したように、金属部材 30 と筒体 W との界面がコーティングされているため、絶縁封止材 G が外部に漏れるおそれはない。

【 0 0 5 2 】

絶縁封止材 G として、例えば、シリコーンゲル、ポットィングレジンを用いることができる。なお、絶縁封止材 G は前記したものに限定されず、他の種類のゲル又はレジンを用いてもよい。

絶縁封止材 G は、その液面がエミッタ連結バスバー 52 よりも高くなるまで注ぎ込まれる（図 5、図 6 参照）。絶縁封止材 G が充填されたパワーモジュール M を所定の温度範囲で維持することによって、絶縁封止材 G が固相化する。

【 0 0 5 3 】

< 効果 >

本実施形態によれば、金属部材 30 及び筒体 W（図 4 参照）からなる箱体 B（図 1 参照）に積層体 K を收容し、冷却部 20 に冷水を通流させることで本体部 10 を放熱させることができる。また、締結具 Q による押圧力によって本体部 10 と冷却部 20 とを密着させ、本体部 10 を高効率で冷却できる。

また、金属部材 30 及び筒体 W からなる箱体 B は上方のみが開放され、その界面にはコーティング材が塗布される。したがって、箱体 B の收容空間に注ぎ込まれる絶縁封止材 G が外部に漏れるおそれはなく、コレクタ端子 1i、エミッタ端子 1j、及びバスバー 51、52 を絶縁封止材 G で適切に封止できる。

また、前記した各製造工程では複雑な作業を要しないため、製造時の作業性を向上させることができる。

【 0 0 5 4 】

また、薄板状のコレクタ連結バスバー 51 及びエミッタ連結バスバー 52 を対向させて略平行に配置することで電流の流れに伴う磁界を打ち消し、バスバー 51、52 間のインダクタンスを低減できる。また、絶縁封止材 G によってバスバー 51、52 が封止されるため、上下方向においてバスバー 51、52 間の距離 L1（図 5 参照）を比較的小さくすることができる。

【 0 0 5 5 】

図 29 は、比較例に係るパワーモジュールの端面図である。

仮に、絶縁封止材 G でパワーモジュール M1 を封止しない場合、絶縁距離を確保するためにバスバー 51、52 間の距離 L3 を大きくせざるを得ず、インダクタンス L の増加及びパワーモジュール M1 の大型化を招く。なお、スイッチングによる電流の時間変化（ $di/dt$ ）が生じると、 $L(di/dt)$  の大きなスパイク電圧が発生し、パワー半導体素子 1a（図 3 参照）に不具合が生じるおそれがある。さらに、絶縁距離を確保するために貫通孔 H4 の径を大きくせざるを得ず（径 L4：図 29 参照）、これに伴ってコレクタ連結バスバー 51 の前後幅を大きくする必要が生じる。

【 0 0 5 6 】

これに対して、本実施形態では、バスバー 51、52 等を絶縁封止材 G で封止することで、絶縁距離を確保しつつバスバー 51、52 間を近付けることができる。したがって、インダクタンスを大幅に低減でき、スイッチング時のスパイク電圧を低減できる。これによって、スイッチングを短時間で行ってもパワー半導体素子 1a を損傷させることがないため、1 スwitching あたりの損失を低減でき、パワーモジュール M 全体の損失（つまり、発熱量）を抑制できる。また、各バスバー 51、52 を平行に配置するとともに、各バスバーの距離を小さくすることで、パワーモジュール M を小型化できる。

このように本実施形態によれば、パワーモジュール M の低インダクタンス化及び小型化

10

20

30

40

50

を図り、高電圧・大電流用途でも対応可能にすることができる。

【 0 0 5 7 】

第 1 実施形態：変形例 1

図 8 は、第 1 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す分解斜視図である。

それぞれの本体部 1 0 の発熱量が略同一である場合、左右両側に本体部 1 0 が配置される冷却部 2 2 , 2 3 の方が、片側のみに本体部 1 0 が配置される冷却部 2 1 , 2 4 よりも昇温しやすい。そこで、図 8 に示すように冷却部 2 2 , 2 3 を優先的に冷却するようにしてもよい。

【 0 0 5 8 】

図 8 に示す金属部材 3 0 の内部には、供給側の配管 P 1 , P a を介して流入する冷却水を、冷却部 2 2 , 2 3 に対応する冷却用パイプ P 2 に導く流路（図示せず）が形成されている。また、金属部材 3 0 の内部には、冷却部 2 1 , 2 4 に対応する冷却用パイプ P 2 からの冷却水を排出側の配管 P b , P 3 に導く流路（図示せず）と、が形成されている。

なお、本体部の前側（紙面奥側）には、冷却部 2 2 からの冷却水を冷却部 2 1 に導く冷却用パイプ（図示せず）と、冷却部 2 3 からの冷却水を冷却部 2 4 に導く冷却用パイプ（図示せず）と、が設置されている。

【 0 0 5 9 】

配管 P a に分流した冷却水は、冷却用パイプ P 2 を介して冷却部 2 2 , 2 3 に流入する。冷却部 2 2 , 2 3 を通流する際に吸熱した冷却水は、紙面奥側の冷却パイプ（図示せず）を介して冷却部 2 1 , 2 4 に流入する。冷却部 2 1 , 2 4 を通流する際にさらに吸熱した冷却水は、配管 P b を介して配管 P 3 で合流する。

図 8 に示す構成によって、各冷却部 2 0 の冷却効率を高めることができる。

【 0 0 6 0 】

第 1 実施形態：変形例 2

図 9 は、第 1 実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す分解斜視図である。

図 9 に示す例では、バスバー 5 1 , 5 2 が前後方向に延びている（第 1 実施形態では、バスバー 5 1 , 5 2 が左右方向に延びていた：図 4 参照）。なお、バスバー 5 1 , 5 2 と、左壁 4 1 及び右壁 4 2 と、は平面視において左右方向で隙間が設けられている。

【 0 0 6 1 】

このようにバスバー 5 1 , 5 2 の設置方向を変えることで、締結具 Q によって左壁 4 1 及び右壁 4 2 を押圧する際、バスバー 5 1 , 5 2 が左壁 4 1 及び右壁 4 2 に接触しなくなる。つまり、バスバー 5 1 , 5 2 からの抗力（反力）が左壁 4 1 及び右壁 4 2 に作用せず、比較的小さな力（締結具 Q による締め付け）で積層体 K を十分に押圧できる。

なお、前壁 4 3 及び後壁 4 4 によってバスバー 5 1 , 5 2 を支持し、左壁 4 1 及び右壁 4 2 のいずれか一方を介してバスバー 5 1 , 5 2 を外部に露出させるようにしてもよい。この場合でも、左壁 4 1 及び右壁 4 2 のうち他方にバスバー 5 1 , 5 2 が接触しないため、比較的小さな力で積層体 K を十分に押圧できる。

【 0 0 6 2 】

このように、バスバー 5 1 , 5 2 を取り出す方向を選択可能にすることで、複数のパワーモジュール M を備える（つまり、複数のバスバーが電氣的に接続される）装置において、レイアウトの自由度を高めることができ、ひいてはこの装置全体を小型化できる。

【 0 0 6 3 】

第 2 実施形態

第 2 実施形態は、左壁 4 1 を絶縁部材 4 1 1（図 1 0 参照）と加圧部材 4 1 2 とに分割し、右壁 4 2 も絶縁部材 4 2 1 と加圧部材 4 2 2 とに分割した点が第 1 実施形態と異なるが、その他は第 1 実施形態と同様である。したがって、第 1 実施形態と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

【 0 0 6 4 】

< パワーモジュールの構成 >

図 1 0 は、本実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図であ

10

20

30

40

50

る。左壁 4 1 は、バスバー 5 1 , 5 2 が設置される絶縁部材 4 1 1 と、この絶縁部材 4 1 1 を支持する加圧部材 4 1 2 と、を有している。右壁 4 2 も同様に、絶縁部材 4 2 1 と、加圧部材 4 2 2 と、を有している。

#### 【 0 0 6 5 】

一对の加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 は、直方体状を呈しており、本体部 1 0 及び冷却部 2 0 からなる積層体 K の積層方向（左右方向）の両側に配置される。また、加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 は、締結具 Q によって左右から押圧される。これによって、積層体 K が左右から圧縮されるように押圧されるため、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とが密着する。

加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 が金属部材 3 0 に固定された状態において、その界面にコーティング材が塗布される。

10

#### 【 0 0 6 6 】

なお、加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 は、金属製（例えば、銅）であることが好ましい。加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 の剛性を高め、加圧による曲げ変形を小さくすることで、積層体 K の左右側面に対して押圧力を均一に作用させるためである。これによって、本体部 1 0 と冷却部 2 0 との熱交換の効率を高めることができる。また、バスバー 5 1 , 5 2 で発生した熱が加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 を介して金属部材 3 0 に伝わりやすくなり、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 の温度上昇を抑制できる。

#### 【 0 0 6 7 】

図 1 1 は、パワーモジュールの端面図（図 1 に示す A - A 線に対応）である。図 1 1 に示すように、一对の絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 は、前記した加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 の上に設置される。絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 は、例えば、ポリフェニレンサルファイド樹脂からなり、直方体状を呈している。左側の絶縁部材 4 1 1 は、コレクタ連結バスバー 5 1 及びエミッタ連結バスバー 5 2 と一体成型されている。また、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 には、エミッタ連結バスバー 5 2 を支持する突起部 4 1 b , 4 2 b が形成されている。

20

#### 【 0 0 6 8 】

< パワーモジュールの製造工程 >

締結具 Q（図 1 0 参照）を設置して加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 を左右から押圧した状態で、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 を加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 の上に設置する。図 1 1 に示すように、相対する一对の絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 が、相対する一对の加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 に密着した状態で支持されることで、左壁 4 1 及び右壁 4 2（一对の側壁）が形成される。

30

次に、図 1 0 に示すように、前壁 4 3 及び後壁 4 4（別の側壁）を金属部材 3 0 に設置する。そして、「筒体」（加圧部材 4 1 2 , 4 2 2、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1、前壁 4 3、後壁 4 4）と金属部材 3 0 との界面にコーティング材を塗布する。前記した「筒体」と金属部材 3 0 とによって、絶縁封止材 G が充填される「箱体」が形成される。

#### 【 0 0 6 9 】

< 効果 >

本実施形態によれば、締結具 Q によって加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 が左右方向で押圧された場合、バスバー 5 1 , 5 2 からの抗力（反力）によって、前記した押圧が妨げられることがない。締結具 Q の設置時、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 は加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 に固定

40

されていないからである。したがって、比較的小さな力で積層体 K を適切に押圧できる。また、バスバー 5 1 , 5 2 による抗力を受けないため、締結具 Q による左右方向の押圧力が積層体 K の左右側面に対して均一に作用する。したがって、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とを密着させ、両者が熱交換する際の熱抵抗を低減できる。

#### 【 0 0 7 0 】

第 2 実施形態：変形例 1

図 1 2 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す分解斜視図である。

第 1、第 2 実施形態では、左右方向から見て湾曲状を呈する冷却用パイプ P 2（図 1 0 では図示省略、図 4 参照）を用いる場合について説明したが、図 1 2 に示すように配管 P 1 , P c , P 3 を設置してもよい。

50

## 【 0 0 7 1 】

供給側の配管 P 1 は、積層体 K の後側（紙面手前側）に設置され、左右方向に延びている。配管 P 1 には、それぞれの冷却部 2 0 に向けて冷却水を分流させるように、4 本の配管 P c が接続されている。それぞれの配管 P c の流出口は、冷却部 2 0 に設けられた孔（図示せず）に接続されている。

同様に、排出側の配管 P 3 は、積層体 K の前側（紙面奥側）に設置され、左右方向に延びている。配管 P 3 には、それぞれの冷却部 2 0 から流出する冷却水を合流させるように、4 本の配管（図示せず）が接続されている。

右側の加圧部材 4 2 2 には、供給側の配管 P 1 を貫通させる孔 H 7 と、排出側の配管 P 3 を貫通させる孔 H 8 と、が形成されている。

10

## 【 0 0 7 2 】

前記した孔 H 7 , H 8 を介して配管 P 1 , P 3 を貫通させ、その流入口及び流出口が外部に臨むようにする。この状態において、右側の加圧部材 4 2 2 は左右方向でスライド可能である。加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 に締結具 Q（図 1 0 参照）を設置して左右から押圧することで、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とが密着する。

## 【 0 0 7 3 】

供給側の配管 P 1 を介して冷却水が供給されると、この冷却水は 4 本の配管 P c に分流する。冷却部 2 0 を通流する冷却水は本体部 1 0 から吸熱し、積層体 K の前方に位置する配管（図示せず）に流入する。各配管を通流する冷却水は排出用の配管 P 3 で合流し、排出される。

20

図 1 2 に示すように各配管を配置することで、金属部材 3 0 の内部に流路を設ける必要がなくなり、金属部材 3 0 を製造する際の手間を省くことができる。

## 【 0 0 7 4 】

## 第 2 実施形態：変形例 2

図 1 3 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す分解斜視図である。

第 1 実施形態の変形例 1（図 8 参照）と同様に、左右両端に位置する冷却部 2 1 , 2 4 よりも、中央付近に位置する冷却部 2 2 , 2 3 を優先的に冷却するようにしてもよい。

## 【 0 0 7 5 】

図 1 3 に示すように、左右方向に延びる供給側の配管 P 1 は、配管 P d を介して冷却部 2 2 , 2 3 に接続されている。左右方向に延びる排出用の配管 P 3 は、配管 P e を介して冷却部 2 1 , 2 4 に接続されている。冷却部 2 1 ~ 2 4 の前側（紙面奥側）には、冷却部 2 2 , 2 3 で吸熱した冷却水を冷却部 2 1 , 2 4 に供給するための配管（図示せず）が設置されている。右側の加圧部材 4 2 2 には、配管 P 1 , P 3 を貫通させる孔 H 9 , H 1 0 が設けられている。

30

このように、特に発熱しやすい冷却部 2 2 , 2 3 を優先的に冷却することで、冷却部 2 0 による冷却効率を高めることができる。

## 【 0 0 7 6 】

## 第 2 実施形態：変形例 3

図 1 4 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 3 を示す分解斜視図である。

図 1 4 に示すように、絶縁材料で構成された前壁 4 3 及び後壁 4 4 と、第 2 実施形態で説明した左右一対の絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1 と、を一体成型してもよい。

40

パワーモジュール M をこのように構成することで、製造コストを低減できる。また、第 2 実施形態で説明した絶縁部材 4 1 1 と前壁 4 3 ・後壁 4 4 との界面、絶縁部材 4 2 1 と前壁 4 3 ・後壁 4 4 との界面がなくなるため、コーティング材を塗布すべき箇所が少なくなり、生産効率を高めることができる。

## 【 0 0 7 7 】

## 第 3 実施形態

第 3 実施形態は、第 2 実施形態で説明した金属部材 3 0 と加圧部材 4 1 2 , 4 2 2 とを一体化させて、新たに「金属部材 3 0 A」とした点と、この金属部材 3 0 A の左右の内壁面と積層体 K との間にバネ部材 R を介在させた点が、第 2 実施形態とは異なる。なお、そ

50

の他は第2実施形態と同様である。したがって、第2実施形態と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

【0078】

<パワーモジュールの構成>

図15は、本実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。図15に示すように、金属部材30は、前後方向から見てU字状を呈しており、積層体Kを収容可能に形成されている。金属部材30は、例えば、引き抜き法や押し出し法によって成型される。これによって、金属部材30Aの左壁と右壁とが互いに平行となるように、高精度で金属部材30Aを形成できる。

【0079】

図16は、パワーモジュールの端面図(図1に示すA-A線に対応)である。バネ部材Rは、例えば、板バネである。二つのバネ部材Rは、金属部材30Aの左右の内壁面と、積層体Kと、の間に介在している。金属部材30Aの底面に積層体Kを横置きで載置し、さらに積層体Kの左右両側にバネ部材Rを設置した状態において、積層体Kはバネ部材Rによって左右から押圧(圧縮)される。これによって、本体部10と冷却部20を密着させ、本体部10の冷却効率を高めることができる。

【0080】

<パワーモジュールの製造工程>

まず、金属部材30Aに積層体K及びバネ部材Rを収容して位置決めし(位置決め工程)、バネ部材Rによって積層体Kを左右から押圧する(押圧工程)。次に、コレクタ端子1iとコレクタ連結バスバー51とを接続し、エミッタ端子1jとエミッタ連結バスバー52とを接続する(接続工程)。

続いて、前後方向でU字状を呈する金属部材30Aに前壁43及び後壁44を嵌め込んで固定し、バスバー51, 52が取り付けられた一対の絶縁部材411, 421を金属部材30Aの上に固定する。次に、金属部材30A、前壁43、後壁44、及び絶縁部材411, 421の界面にコーティング材を塗布した後(コーティング工程)、絶縁封止材Gを充填する(封止工程)。

【0081】

<効果>

本実施形態によれば、金属部材30Aの左壁、底壁、及び右壁が一体形成されているため、これらが別部材である場合と比較して、金属部材30Aの剛性を高めることができる。したがって、左右方向で積層体Kと金属部材30Aとの間にバネ部材Rを介在させても、金属部材30Aの左壁及び右壁が変形しにくくなる。その結果、積層体Kの左右側面の面方向において押圧力を略均一に作用させ、本体部10の冷却効率を高めることができる。

【0082】

第4実施形態

第4実施形態は、冷却部20及び金属部材30を一体形成して「放熱部材60」とし、さらに冷却水循環部材70を追加した点が第1実施形態(図5参照)とは異なるが、その他は第1実施形態と同様である。したがって、第1実施形態と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

【0083】

<パワーモジュールの構成>

図17は、本実施形態に係るパワーモジュールの端面図(図1に示すA-A線に対応)である。放熱部材60は、金属製(例えば、銅)であり、筒体Wを支持する板状の支持部61(金属部材)と、この支持部61から上方に延びる冷却部62a~62dと、を有している。支持部61は、水平面に沿って延びており、平面視で矩形状を呈している。パワーモジュールMを組み立てた状態で、その両端付近が左壁41及び右壁42から突出するように、支持部61の左右幅が設定されている。支持部61には、ネジ部材Tを挿通させるためのネジ孔が複数設けられている。

## 【 0 0 8 4 】

冷却部 6 2 ( 6 2 a ~ 6 2 d ) はそれぞれ、直方体状を呈しており、その側面に本体部 1 0 の側面 ( 略全面 ) が密着するように形成されている。左右方向で隣り合う冷却部 6 2 の距離は、本体部 1 0 の左右幅に対応している。つまり、図 1 7 に示すように左右方向で隣り合う冷却部 6 2 の間に本体部 1 0 が収容される。左端の冷却部 6 2 a、及び右端の冷却部 6 2 d には、上方からクサビ F を差し込めるように、上下・前後の面方向に沿う切込みが設けられている。

## 【 0 0 8 5 】

放熱部材 6 0 は、例えば、引き抜き法や押し出し法を用いて形成される。このように放熱部材 6 0 を一体形成することで、冷却部 6 2 の熱抵抗を小さくすることができる。つまり、冷却部 6 2 で吸熱した熱が支持部 6 1 に向けて伝わりやすくなり、冷却部 6 2 を介した熱伝導がスムーズに進む。

10

なお、本実施形態では、冷却水を通流させる流路を冷却部 6 2 に設ける必要はなく、冷却部 6 2 の製造工程を簡単化できる。

## 【 0 0 8 6 】

冷却水循環部材 7 0 は、上下方向に肉薄の直方体状を呈しており、その内部には前後方向に沿って複数 ( 図 1 7 では 4 つ ) の流路 H 1 1 が形成されている。この流路 H 1 1 を介して冷却水を通流させることで、本体部 1 0 から冷却部 6 2 に放熱された熱を外部に逃がすことができる。冷却水循環部材 7 0 は、支持部 6 1 の下面に密着するように設置される。

20

## 【 0 0 8 7 】

< パワーモジュールの製造工程 >

冷却水循環部材 7 0 の上に放熱部材 6 0 を載置し、ネジ部材 T によって放熱部材 6 0 を金属部材 3 0 に固定する ( 位置決め工程 )。このようにネジ部材 T を螺合することで、前後・左右方向において放熱部材 6 0 を容易に位置決めできる。

なお、放熱部材 6 0 と冷却水循環部材 7 0 との間にグリース、カーボンシート等の熱伝導シート ( 図示せず ) を介在させることが好ましい。これによって、放熱部材 6 0 及び冷却水循環部材 7 0 の寸法バラつき ( 厚さバラつき ) を熱伝導シートで吸収し、熱抵抗を低減できる。

## 【 0 0 8 8 】

次に、冷却部 6 2 に設けられた切込みに、金属製のクサビ F を差し込んで積層体 K を左右から押圧する ( 押圧工程 )。このようにクサビ F が差し込まれることで、冷却部 6 2 が左右に押し広げられるように弾性変形する。その結果、冷却部 6 2 及び本体部 1 0 からなる積層体 K が左右方向で押圧 ( 圧縮 ) され、本体部 1 0 と冷却部 6 2 とが密着する。したがって、本体部 1 0 と冷却部 6 2 との間の熱抵抗を低減できる。

30

## 【 0 0 8 9 】

次に、バスター 5 1 , 5 2 が設置された左壁 4 1 及び右壁 4 2 を積層体 K の両脇に設置し、さらに前壁 4 3 ( 図示せず ) 及び後壁 4 4 ( 図示せず ) を設置し、本体部 1 0 とバスター 5 1 , 5 2 とを電氣的に接続する ( 接続工程 )。

次に、支持部 6 1、左壁 4 1、右壁 4 2、前壁 4 3、及び後壁 4 4 の界面にコーティング材を塗布した後 ( コーティング工程 )、絶縁封止材 G を充填する ( 封止工程 )。

40

なお、冷却水循環部材 7 0 との位置決め工程は、封止工程の後でも構わない。これによって、パワーモジュール M を単体で製造することが可能となり、生産性を向上させることができる。

## 【 0 0 9 0 】

< 効果 >

本実施形態によれば、放熱部材 6 0 に冷却水の流路を設ける必要がないため、放熱部材 6 0 を容易に成形できる。また、ネジ部材 T によって放熱部材 6 0 を冷却水循環部材 7 0 に固定することで、治具 ( 図示せず ) を用いて位置決めする第 1 実施形態 ( 図 5 参照 ) と比較して、位置決め工程を容易に行うことができる。

50

## 【 0 0 9 1 】

また、冷却部 6 2 a , 6 2 d に設けられた切込みにクサビ F を差し込むことで積層体 K を左右から押圧し、本体部 1 0 と冷却部 6 2 とを密着させる。これによって、第 1 実施形態のように締結具 Q ( 図 7 参照 ) を用いる場合と比較して、簡単な構成で積層体 K を押圧できるため、パワーモジュール M の生産効率を高めることができる。

## 【 0 0 9 2 】

## 第 5 実施形態

第 5 実施形態は、第 4 実施形態で説明した放熱部材 6 0 にフィン 6 3 を追加して一体形成し、新たに「放熱部材 6 0 A」とした点が第 4 実施形態とは異なるが、その他は第 4 実施形態と同様である。したがって、第 4 実施形態と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

10

## 【 0 0 9 3 】

## &lt; パワーモジュールの構成 &gt;

図 1 8 は、本実施形態に係るパワーモジュールの端面図 ( 図 1 に示す A - A 線に対応 ) である。放熱部材 6 0 A は、金属製 ( 例えば、銅 ) であり、水平面に沿って延びる板状の支持部 6 1 ( 金属部材 ) と、支持部 6 1 から上側に延びる冷却部 6 2 a ~ 6 2 d と、支持部 6 1 から下側に延びるフィン 6 3 と、を有している。

第 4 実施形態と同様に、支持部 6 1 は、その両端付近が左壁 4 1 及び右壁 4 2 から突出しており、複数のネジ孔が形成されている。冷却部 6 2 ( 6 2 a ~ 6 2 d ) は、直方体状を呈しており、左右方向において隣り合う他の冷却部 6 2 と所定間隔 ( 本体部 1 0 の横幅に対応 ) を空けて配置されている。左右両端の冷却部 6 2 a , 6 2 d には、クサビ F が差し込まれる切込みが設けられている。

20

## 【 0 0 9 4 】

複数のフィン 6 3 は、前後・上下方向に沿って延びる薄板状の金属である。本体部 1 0 で発生した熱は、空冷用のフィン 6 3 を介して空気と熱交換し、放熱される。

## 【 0 0 9 5 】

## &lt; パワーモジュールの製造工程 &gt;

左右方向において隣り合う冷却部 6 2 の間に本体部 1 0 を収容し、冷却部 6 2 に設けられた切込みにクサビ F を差し込む ( 位置決め工程、押圧工程 )。次に、バスバー 5 1 , 5 2 が設置された左壁 4 1 及び右壁 4 2 を、本体部 1 0 及び冷却部 6 2 からなる積層体の両脇に設置し、さらに前壁 4 3 ( 図示せず ) 及び後壁 4 4 ( 図示せず ) を設置する。

30

## 【 0 0 9 6 】

次に、ネジ部材 T によって、筒体 ( 左壁 4 1、右壁 4 2、前壁 4 3、後壁 4 4 ) を支持部 6 1 に固定した後、本体部 1 0 とバスバー 5 1 , 5 2 とを電氣的に接続する ( 接続工程 )。

次に、支持部 6 1、左壁 4 1、右壁 4 2、前壁 4 3、及び後壁 4 4 の界面にコーティング材を塗布した後 ( コーティング工程 )、絶縁封止材 G を充填する ( 封止工程 )。

## 【 0 0 9 7 】

## &lt; 効果 &gt;

本実施形態によれば、支持部 6 1、冷却部 6 2、及び空冷用のフィン 6 3 を一体形成して放熱部材 6 0 A とすることで、かしめ又はろう材で支持部にフィン 6 3 を接合する場合と比較して熱抵抗を低減し、本体部 1 0 を効率的に冷却できる。また、冷却水を通流させるための流路を放熱部材 6 0 A に設ける必要がないため、放熱部材 6 0 A の製造工程を簡単化できる。

40

## 【 0 0 9 8 】

## 第 6 実施形態

第 6 実施形態は、第 1 実施形態 ( 図 4 参照 ) と比較して、左壁 4 1 を絶縁部材 4 1 1 ( 図 1 9 参照 ) と加圧部材 4 1 2 とに分割し、右壁 4 2 を絶縁部材 4 2 1 と加圧部材 4 2 2 とに分割した点、及び金属部材 3 0 B の構成・配置が異なるが、その他については第 1 実施形態と同様である。したがって、第 1 実施形態と異なる部分について説明し、重複する

50

部分については説明を省略する。

【 0 0 9 9 】

< パワーモジュールの構成 >

図 1 9 は、本実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした斜視図である。

パワーモジュール M は、本体部 1 0 と、冷却部 2 0 と、左右方向で交互に配置された本体部 1 0 及び冷却部 2 0 を仕切る金属部材 3 0 B と ( 図 2 1、図 2 2 参照)、本体部 1 0 及び冷却部 2 0 を左右から押圧する加圧部材 4 1 2、4 2 2 と、を備えている。

【 0 1 0 0 】

図 2 0 は、パワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。

それぞれの冷却部 2 0 は、直方体状を呈しており、冷却水を通流させるための流路が形成されている。加圧部材 4 1 2、4 2 2 は、例えば、金属製であり、冷却部 2 0 と略等しい高さの直方体状を呈している。

10

【 0 1 0 1 】

金属部材 3 0 B は、例えば、伝熱性の高い銅又はアルミニウムを含んでおり、薄板状の板状部 3 1 と、本体部 1 0 を収容するポケット部 3 2 ( 3 2 a、3 2 b、3 2 c ) と、を有している。板状部 3 1 は、平面視で矩形状を呈しており、水平面に沿って延びている。ポケット部 3 2 は、本体部 1 0 の外形 ( 直方体状 ) に対応して形成される凹部であり、板状部 3 1 から下方に凹んでいる。左右方向で隣り合うポケット部 3 2 の距離は、冷却部 2 0 の横幅に略等しい。

【 0 1 0 2 】

金属部材 3 0 B は、例えば、銅、アルミニウム、これらの合金等、熱伝導率が高く加工が容易な金属を用いることが好ましい。金属部材 3 0 B は、例えば、絞り加工・曲げ加工によって形成される。

20

【 0 1 0 3 】

図 2 1 は、図 1 9 に示す A - A 線で切断した端面図である。図 2 1 に示すように、金属部材 3 0 B は、断面視で蛇腹折状を呈しており、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とを仕切る仕切り板として機能する。また、冷却部 2 0 と、ポケット部 3 2 に収容された本体部 1 0 と、は左右方向において交互に配置されている。例えば、本体部 1 1 の両側に配置される冷却部 2 1、2 2 は、ポケット部 3 2 a を介して本体部 1 1 と熱交換可能になっている。つまり、一体的に形成された金属部材 3 0 B は、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とが交互に配置された状態で、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とを熱交換可能に仕切る機能を有している。

30

また、本体部 1 0 と冷却部 2 0 とが交互に配置され、かつ、金属部材 3 0 B によって仕切られた状態で、本体部 1 0 は金属部材 3 0 B から上側 ( 一方側 ) に臨み、冷却部 2 0 は金属部材 3 0 B から下側 ( 他方側 ) に臨んでいる。なお、金属部材 3 0 B の形状は図 2 0 等に示すものに限定されず、前記した機能を有する別の形状 ( 凹凸状 ) としてもよい。

また、板状部 3 1 の下面は、冷却部 2 0 及び加圧部材 4 1 2、4 2 2 の上面に当接している。

【 0 1 0 4 】

図 2 0 に示す絶縁部材 4 1 1、4 2 1 は、左右方向に肉薄の直方体状を呈している。前壁 4 3 及び後壁 4 4 は、前後方向に肉薄の直方体状を呈している。絶縁部材 4 1 1、4 2 1、前壁 4 3、及び後壁 4 4 が互いに固着されることで、平面視で矩形状の孔 H 2 を有する筒体 W が形成される。この筒体 W は、バスバー 5 1、5 2 が設置された状態で板状部 3 1 に固定される。

40

【 0 1 0 5 】

< パワーモジュールの製造工程 >

まず、左右方向で所定間隔を空けて冷却部 2 0 を配置し、その両脇に加圧部材 4 1 2、4 2 2 を配置し、治具 ( 図示せず ) を用いて位置決めする ( 位置決め工程 )。このとき、左右方向で隣り合う冷却部 2 0 を、ポケット部 3 2 ( 外形 ) の横幅と略等しい距離だけ離しておく。

次に、前後・左右方向の位置決めをする際の基準として加圧部材 4 1 2、4 2 2 を用い

50

つつ、金属部材30Bを上方から設置する。そうすると、冷却部21, 22の間にポケット部32aが、冷却部22, 23の間にポケット部32bが、冷却部23, 24の間にポケット部32cが嵌まり込む(図21参照)。

#### 【0106】

次に、それぞれのポケット部32に対して上方から本体部10を設置し、本体部10をポケット部32に収容する。次に、締結具Q(図19参照)を設置し、加圧部材412, 422を左右から締め付ける(押圧工程)。これによって、金属部材30Bを介在させた状態で交互に配置された本体部10及び冷却部20が左右から押圧(圧縮)される。

#### 【0107】

次に、バスバー51, 52を設置した状態の絶縁部材411, 421、前壁43、及び後壁44からなる筒体W(図20参照)を板状部31に載置する。この状態において、前記した筒体Wは、薄板状の金属部材30Bを介して加圧部材412, 422によって支持されている。

そして、前記した筒体W、板状部31、及び加圧部材412, 422を固定する。例えば、接着剤を用いてこれらを固着させてもよいし、ボルト等の締結具を用いて固定してもよい。その結果、筒体Wと、金属部材30Bと、によって上方に開放された「箱体」が形成される。

#### 【0108】

次に、コレクタ連結バスバー51とコレクタ端子1iとを接続し、エミッタ連結バスバー52とエミッタ端子1jとを接続する(接続工程)。続いて、左右の絶縁部材411, 421、前壁43、及び後壁44からなる筒体Wと、板状部31との界面にコーティング材を塗布する(コーティング工程)。

次に、前記した筒体W及び金属部材30Bからなる「箱体」に絶縁封止材Gを充填し、本体部10、バスバー51, 52等を封止する(封止工程)。

#### 【0109】

<効果>

本実施形態によれば、仕切り板として機能する金属部材30Bを設置することで、冷却部20・加圧部材412, 422と、本体部10・絶縁部材411, 421・前壁43・後壁44と、を上下方向において完全に仕切ることができる。したがって、筒体W及び金属部材30Bからなる「箱体」に注ぎ込まれる絶縁封止材Gの漏洩を防止できる。

また、本実施形態に係る金属部材30Bは薄板状を呈しており(図21参照)、内部に冷却水の流路(図示せず)が形成される第1実施形態の金属部材(図4参照)と比較して体積が小さい。したがって、パワーモジュールMを小型化できる。

#### 【0110】

また、前記した「箱体」をなす絶縁部材411, 412、前壁43、後壁44、及び金属部材30Bの界面のみにコーティング材を塗布すればよく、第1実施形態と比較して製造時の作業性を高めることができる。

また、絶縁封止材Gが外部に漏れるおそれはないため、図20に示す金属部材30Bよりも下方まで前壁43及び後壁44を延ばす必要がない。つまり、前後方向において冷却部20が完全に開放された状態になる。したがって、冷却部20の流路H1に接続される冷却用パイプ(図示せず)の構成及び配設作業を簡単にすることができ、製造時における作業性を高めることができる。

#### 【0111】

また、図12に示すように、配管P1, P3を貫通させるための孔H7, H8を加圧部材412, 422に設ける必要がなくなる。したがって、コーティング処理を行うべき箇所を少なくして、製造時における作業性を高めることができる。

#### 【0112】

また、金属部材30Bは、図21に示すように、側断面視で蛇腹折状を呈するため、左右方向での剛性が比較的小さい。したがって、加圧部材412, 422が締結具Qによって左右から押圧されると、これに伴って金属部材30Bも容易に変形する。

10

20

30

40

50

これによって、ポケット部 3 2 の内壁面と本体部 1 0 とのクリアランスや、ポケット部 3 2 の外壁面と冷却部 2 0 とのクリアランスが金属部材 3 0 B で吸収されやすくなる。その結果、ポケット部 3 2 の内壁面と本体部 1 0 とが密着するとともに、ポケット部 3 2 の外壁面と冷却部 2 0 とが密着し、本体部 1 0 と冷却部 2 0 との熱交換を効率的に行うことができる。

また、第 1 実施形態と同様に、ポケット部 3 2 と本体部 1 0 との間や、ポケット部 3 2 と冷却部 2 0 との間に、グリース、カーボンシート等の高熱伝導シート（図示せず）を挿入することで、熱抵抗を低減することが可能である。

#### 【 0 1 1 3 】

##### 第 6 実施形態：変形例 1

図 2 2 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。図 2 2 に示す例では、左側の加圧部材 4 1 2、右側の加圧部材 4 2 2、及び底壁 4 5 が、断面視 U 字状となるように一体形成されている。また、左端の冷却部 2 1 と加圧部材 4 1 2 との間にバネ部材 R（板バネ）が介在し、右端の冷却部 2 4 と加圧部材 4 2 2 との間にバネ部材 R が介在している。

なお、本実施形態では、第 6 実施形態で説明した締結具 Q（図 1 9 参照）を設置する必要はない。

#### 【 0 1 1 4 】

図 2 2 に示すように加圧部材 4 1 2、4 2 2 及び底壁 4 5 を一体成形することで、加圧部材 4 1 2、4 2 2 の剛性を高くすることができる。したがって、図 2 2 に示すようにバネ部材 R を設置した場合、本体部 1 0 及び冷却部 2 0 に対して左右からの押圧力が略均一に作用する。したがって、本体部 1 0 の冷却効率を高めることができる。

#### 【 0 1 1 5 】

##### 第 6 実施形態：変形例 2

図 2 3 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す端面図（図 1 9 に示す A - A 線に対応）である。図 2 3 に示すように、左側の加圧部材 4 1 2 は、前後方向から見て逆 L 字状を呈しており、左方に張り出した張出部 4 1 2 a を有している。この張出部 4 1 2 a には、上下方向に沿うネジ孔が形成されている。右側の加圧部材 4 2 2 についても同様である。

また、金属部材 3 0 B の左右両端付近にもネジ孔が形成され、左右の絶縁部材 4 1 1、4 2 1 にもネジ部材 T と螺合するネジ穴が形成されている。

#### 【 0 1 1 6 】

前壁 4 3（図示せず）、後壁 4 4（図示せず）、及び左右の絶縁部材 4 1 1、4 2 1 は一体形成され、平面視で矩形状の孔を有する「筒体」になっている。図 2 3 に示すように、ネジ部材 T を設置することで、加圧部材 4 1 2、4 2 2、金属部材 3 0 B、及び前記した「筒体」を容易に位置決めし、固定できる。また、第 6 実施形態で説明した締結具 Q（図 1 9 参照）が不要になるため、パワーモジュール M の製造コストを削減できる。

さらに、前壁 4 3、後壁 4 4、及び左右の絶縁部材 4 1 1、4 2 1 が一体形成されることで、第 6 実施形態と比較してコーティングすべき箇所が減るため、製造時における作業性を高めることができる。

#### 【 0 1 1 7 】

##### 第 7 実施形態

第 7 実施形態は、第 6 実施形態と比較して、金属部材 3 0 C の縁が起立している点と、バスバー 5 1、5 2 の形状・配置と、が異なるが、その他は第 6 実施形態と同様である。したがって、第 6 実施形態と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

#### 【 0 1 1 8 】

##### < パワーモジュールの構成 >

図 2 4 は、本実施形態に係るパワーモジュールを右後方から見下ろした分解斜視図である。図 2 4 に示すように、金属部材 3 0 C は、水平面に沿って延びる板状部 3 1 と、板状

10

20

30

40

50

部 3 1 から下方に凹むポケット部 3 2 ( 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c ) と、この板状部 3 1 の縁から上方に起立する起立部 3 3 と、を有している。

起立部 3 3 は、平面視で四角棒状を呈している。絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1、前壁 4 3、後壁 4 4 からなる筒体 W を金属部材 3 0 C に設置した状態において、起立部 3 3 は筒体 W を囲んでいる。なお、四角棒状である起立部 3 3 の内壁面は、筒体 W の外壁面に近接している ( 図 2 5 参照 ) 。

【 0 1 1 9 】

図 2 5 は、パワーモジュールの端面図 ( 図 1 9 に示す A - A 線に対応 ) である。コレクタ連結バスバー 5 1 及びエミッタ連結バスバー 5 2 は、左側の絶縁部材 4 1 1 と一体形成され、この絶縁部材 4 1 1 の上面から露出している。なお、本実施形態では、バスバー 5 1 , 5 2 のうち露出している部分の前後幅は、空気中での絶縁距離を確保するように設定されている。

10

【 0 1 2 0 】

左側の絶縁部材 4 1 1 は、前後方向に延びるとともに上方に突出する突起部 4 1 1 a を有している。このように突起部 4 1 1 a を設けることで、コレクタ連結バスバー 5 1 の露出部分と、エミッタ連結バスバー 5 2 の封止部分 ( 絶縁封止材 G が充填される部分 ) と、の壁面に沿う長さを確保し、絶縁性を高めることができる。

なお、パワーモジュール M の製造工程は、第 6 実施形態と同様であるから説明を省略する。

【 0 1 2 1 】

20

< 効果 >

本実施形態によれば、コレクタ連結バスバー 5 1 及びエミッタ連結バスバー 5 2 を左側の絶縁部材 4 1 1 の上面から露出させることで、複数のパワーモジュール M の接続関係を考慮してバスバー 5 1 , 5 2 を横並びで引き出したほうが良い場合にも対応できる。

【 0 1 2 2 】

また、第 6 実施形態と比較して、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1、前壁 4 3、及び後壁 4 4 からなる筒体 W と、金属部材 3 0 C と、の界面にコーティング材を塗布する際、重力の影響でコーティング材が下方に垂れるおそれがない。この界面に塗布されたコーティング材は、前記した筒体 W の外壁面と、起立部 3 3 の内壁面と、の隙間に入り込むからである。したがって、コーティング処理を容易に行うことができ、パワーモジュール M を製造する際の作業性を高めることができる。

30

【 0 1 2 3 】

第 7 実施形態：変形例 1

図 2 6 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 1 を示す端面図 ( 図 1 9 に示す A - A 線に対応 ) である。図 2 6 に示すように、金属部材 3 0 D の起立部 3 3 を立ち上げる高さを、「箱体」に充填される絶縁封止材 G の液面よりも高くしてもよい ( 図 2 6 に示す距離 L 5 を参照 ) 。なお、図 2 6 の端面図には表れていないが、金属部材 3 0 D の板状部 3 1 の縁から立ち上がる四角棒状の起立部 3 3 全体 ( 前側、後側を含む ) に関して、起立部 3 3 の上端面が絶縁封止材 G の液面よりも高くなっている。

【 0 1 2 4 】

40

このように金属部材 3 0 D を構成することで、仮に、絶縁部材 4 1 1 , 4 2 1、前壁 4 3、及び後壁 4 4 からなる「筒体」と、金属部材 3 0 D との隙間を介して絶縁封止材 G が漏れ出た場合でも、図 2 6 に示す絶縁封止材 G の液面高さを超えて、絶縁封止材 G が上昇するおそれはない。パスカルの原理から、大気圧によって絶縁封止材 G の液面高さを等しくしようとする力が作用するためである。このように、図 2 6 に示す構成によれば、絶縁封止材 G が外部に漏れ出ることを確実に防止できる。

【 0 1 2 5 】

第 7 実施形態：変形例 2

図 2 7 は、本実施形態に係るパワーモジュールの変形例 2 を示す端面図 ( 図 1 9 に示す A - A 線に対応 ) である。図 2 7 に示すように、左側の加圧部材 4 1 2 は、前後方向から

50

視て逆L字状を呈しており、左方に張り出した張出部412aには、上下方向に沿うネジ孔が形成されている。右側の加圧部材422についても同様である。図27に示すように、ネジ部材Tを設置することで、加圧部材412、422、金属部材30D、及び筒体(絶縁部材411、421、前壁43、後壁44)を容易に位置決めし、固定できる。

#### 【0126】

##### 第8実施形態

第8実施形態は、冷却部20に冷却水を通流させる構成としていた第7実施形態(変形例2)と比較して、冷却部20にヒートシンク80(図28参照)を設置する点が異なるが、その他は第7実施形態(変形例2)と同様である。したがって、第7実施形態(変形例2)と異なる部分について説明し、重複する部分については説明を省略する。

10

#### 【0127】

##### <パワーモジュールの構成>

図28は、本実施形態に係るパワーモジュールの端面図(図19に示すA-A線に対応)である。ヒートシンク80は、冷却部20から吸熱した熱を空気に放熱するために設けられる。ヒートシンク80は、伝熱性の高い金属(例えば、アルミニウム)を含んでおり、基部81と、フィン82と、を有している。それぞれの基部81は、前後・上下方向の面に沿って下方(他方側)に延びる板状部材であり、かしめ又はろう材で冷却部20の下面に接合される。

#### 【0128】

フィン82は、前記した基部81に設置され、他のフィン82に干渉しないように水平面に沿って延びている。なお、図28に示すように、左右方向で隣り合う基部81に設置されるフィン82同士を上下方向で互い違いになるように配置し、その一部を重ねるようにすることが好ましい。これによって、フィン82の表面積を大きくすることができ、空気との熱交換を効率的に進めることができる。

20

なお、本体部10の発熱量が大きい場合、ヒートシンク80に代えて、冷却用のヒートパイプ(図示せず)を上下方向又は前後方向に挿入してもよい。

#### 【0129】

##### <効果>

本実施形態によれば、冷却水を通流させるための流路を冷却部20に設ける必要がないため、冷却部20の製造工程を簡単化できる。また、図28に示すように多数のフィン82を設けることで、フィン82と空気との接触面積を確保し、フィン82から空気中に放熱する際の伝熱効率を高めることができる。

30

#### 【0130】

##### その他の変形例

以上、本発明に係るパワーモジュールMについて説明したが、本発明は前記した各実施形態に限定されるものではなく、適宜変更できる。

例えば、前記各実施形態では、パワーモジュールMが三つの本体部10を備える場合について説明したが、これに限らない。すなわち、パワーモジュールMの通電容量等に応じて、本体部10の数を適宜変更し、本体部10と冷却部20とを交互に配置して積層体Kを構成するようにしてもよい。

40

#### 【0131】

また、例えば、第1実施形態では、左壁41が突起部41a、41b(図5参照)を有し、右壁42が突起部42a、42bを有する場合について説明したが、各突起部を省略してもよい。この場合でも、治具(図示せず)を用いることで、積層体K、左壁41及び右壁42を位置決めできる。

#### 【0132】

また、前記各実施形態は、適宜組み合わせることができる。例えば、第3実施形態(図16参照)を第4実施形態(図17参照)に適用してもよい。すなわち、冷却部20及び金属部材30を一体形成した放熱部材60に積層体Kを収容してパネ部材Rを設置し(図16参照)、この放熱部材60に冷却水循環部材70(図17参照)に設置するようにし

50

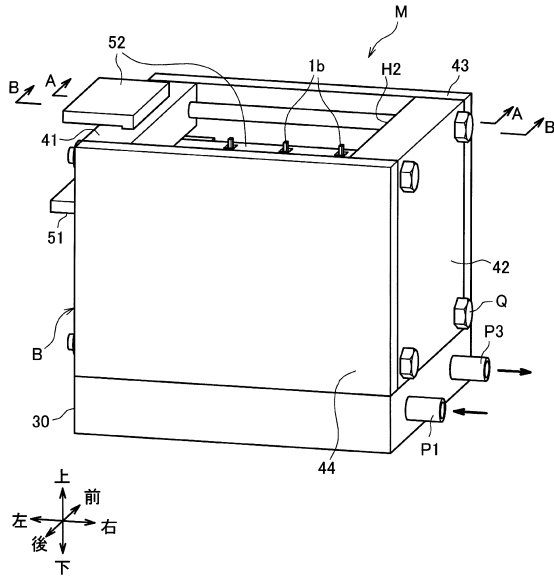
てもよい。この場合、冷却水を通流させるための流路を冷却部 2 0 に設ける必要がなく、冷却部 2 0 の構成を簡単化できる。

【符号の説明】

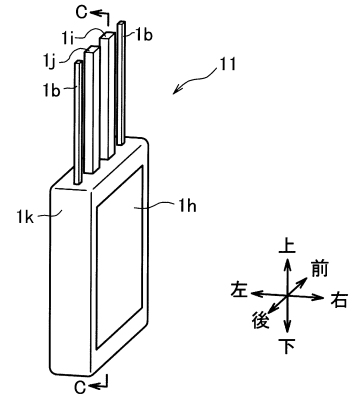
【 0 1 3 3 】

M	パワーモジュール	
1 0 , 1 1 , 1 2 , 1 3	本体部	
1 a	パワー半導体素子 (半導体素子)	
1 b	制御端子	
1 e , 1 h	放熱層	
1 i	コレクタ端子 (パワー端子)	10
1 j	エミッタ端子 (パワー端子)	
2 0 , 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 , 6 2 , 6 2 a , 6 2 b , 6 2 c , 6 2 d	冷却部	
3 0 , 3 0 A , 3 0 B , 3 0 C , 3 0 D , 4 0 ,	金属部材	
3 1	板状部	
3 2 , 3 2 a , 3 2 b , 3 2 c	ポケット部	
3 3	起立部	
4 1	左壁 (一対の側壁、筒体)	
4 2	右壁 (一対の側壁、筒体)	
4 3	前壁 (別の側壁、筒体)	
4 4	後壁 (別の側壁、筒体)	20
4 1 2 , 4 2 2	加圧部材	
4 1 1 , 4 2 1	絶縁部材	
5 1	コレクタ連結バスバー (バスバー)	
5 2	エミッタ連結バスバー (バスバー)	
6 0 , 6 0 A	放熱部材	
6 1	支持部	
6 3	フィン	
7 0	冷却水循環部材	
8 0	ヒートシンク	
8 1	基部	30
8 2	フィン	
K	積層体	
W	筒体	
B	箱体	
H 1	流路	
G	絶縁封止材	

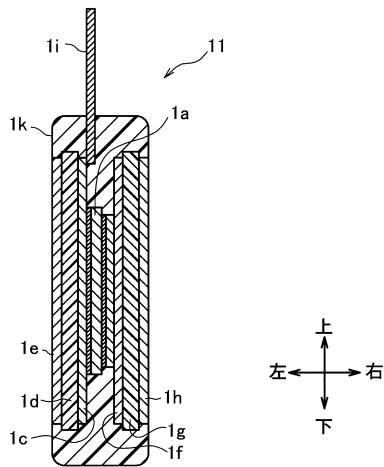
【図1】



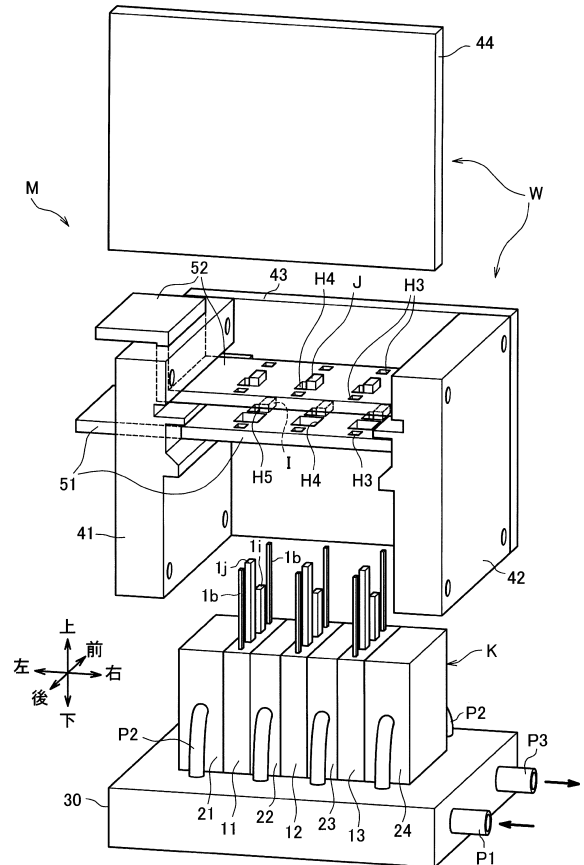
【図2】



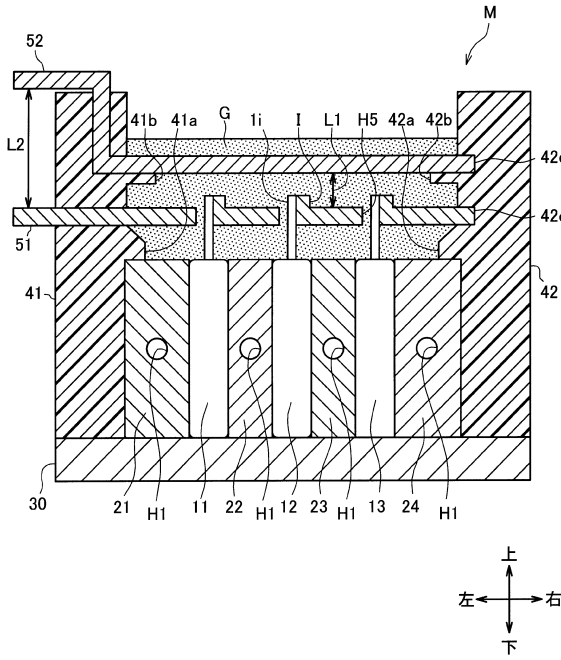
【図3】



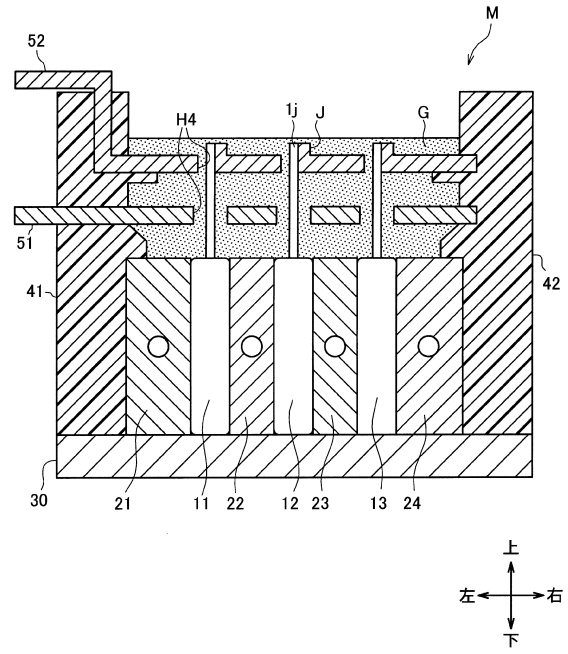
【図4】



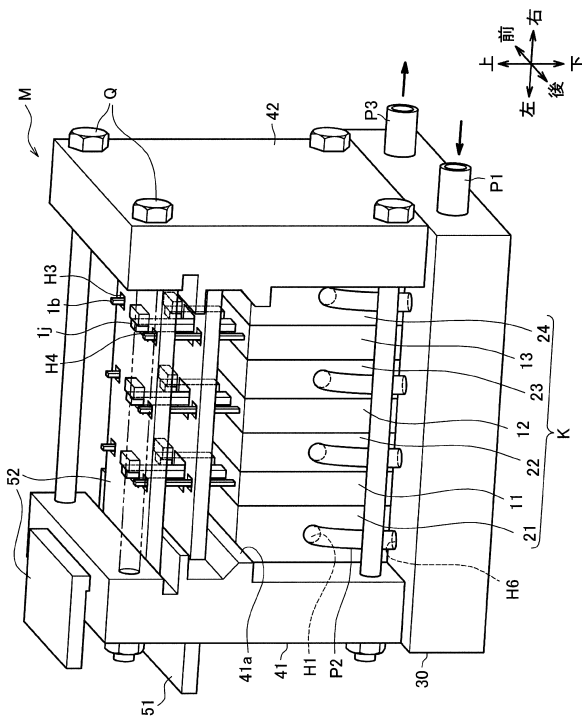
【図5】



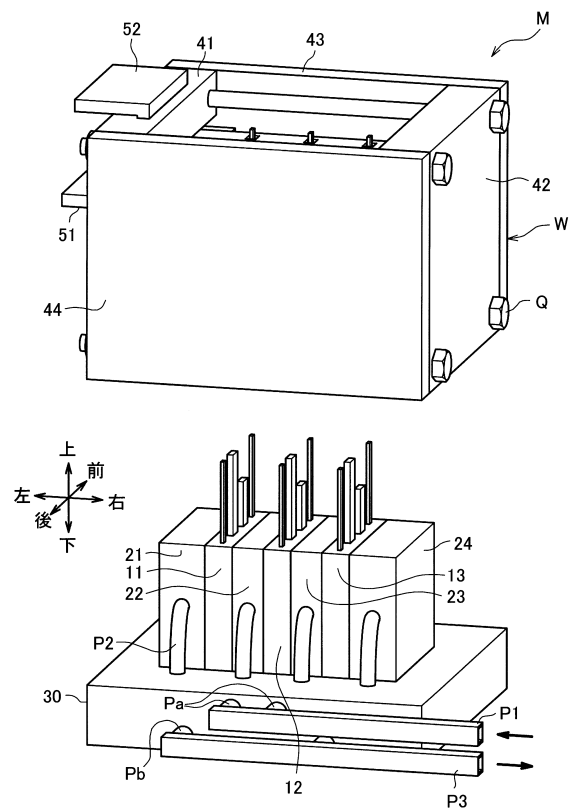
【図6】



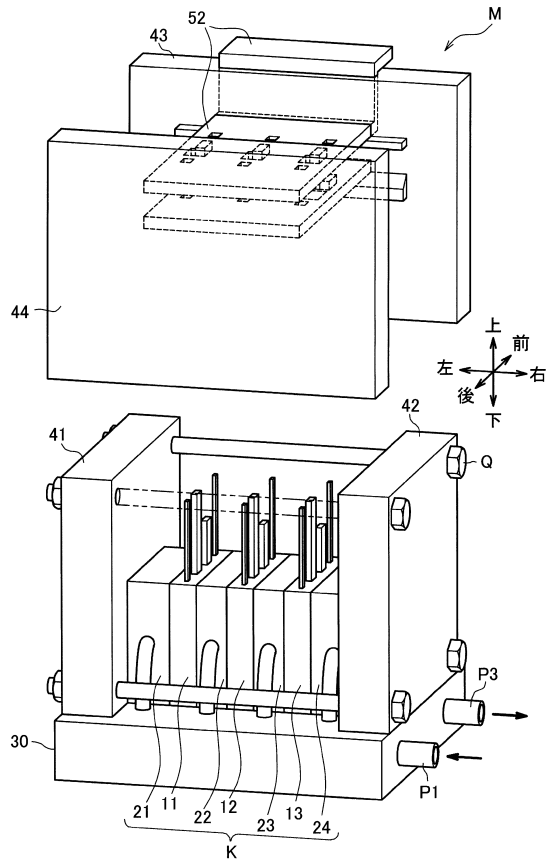
【図7】



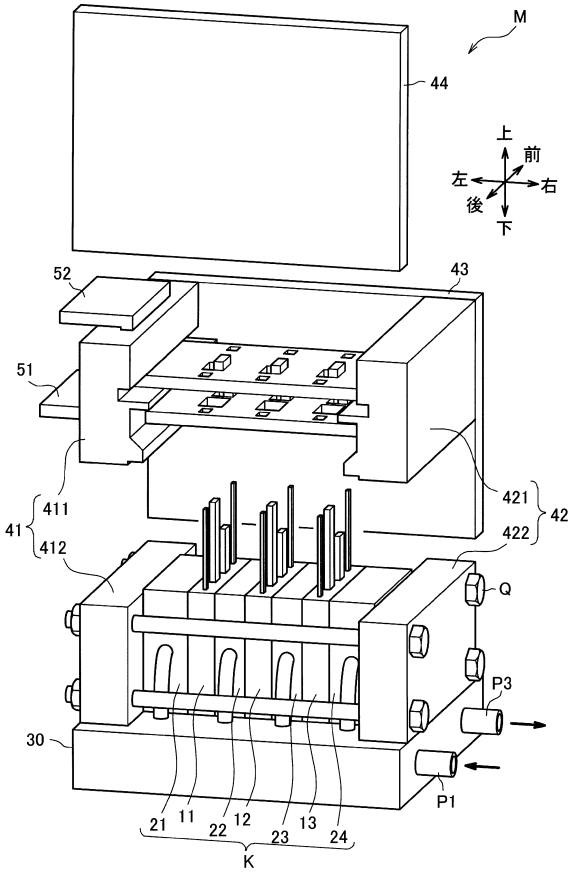
【図8】



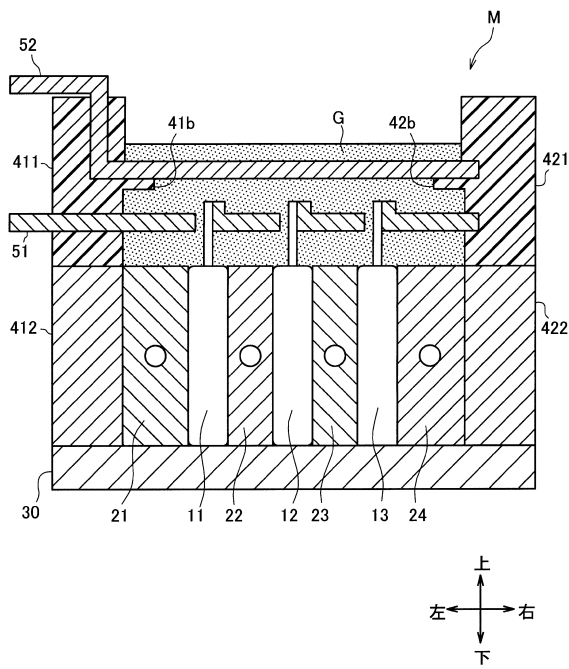
【図9】



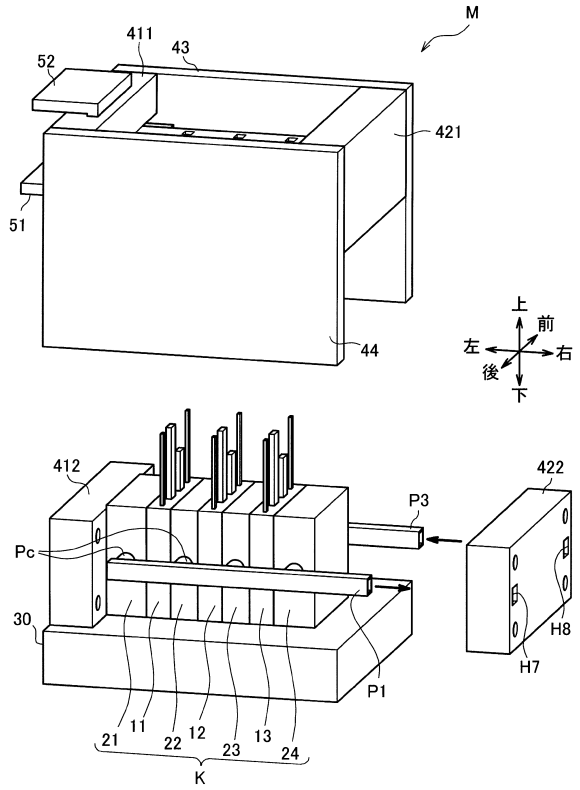
【図10】



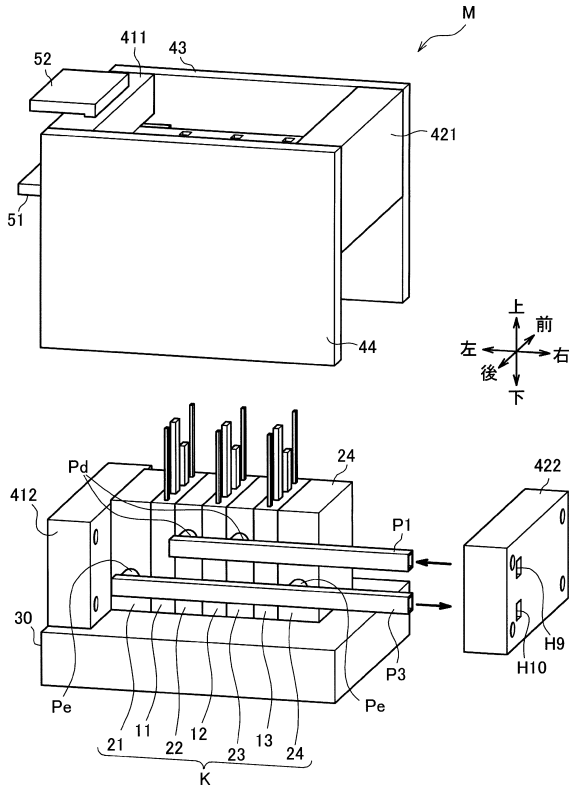
【図11】



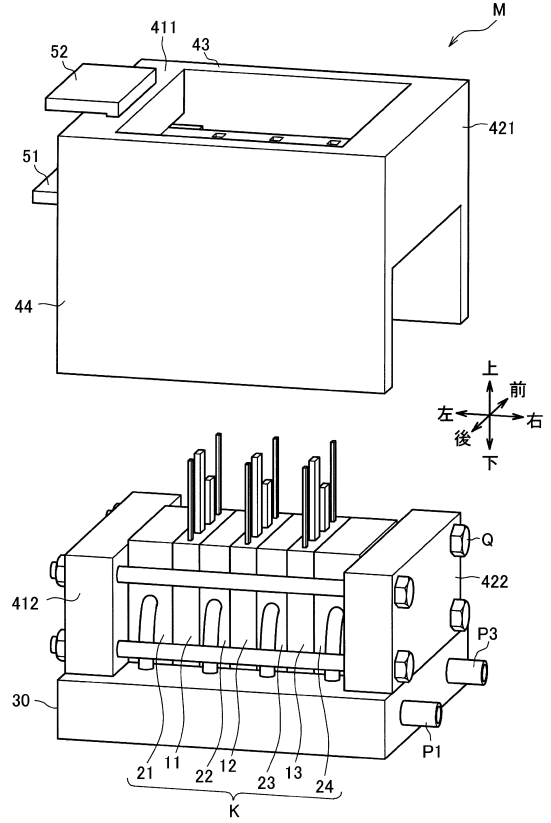
【図12】



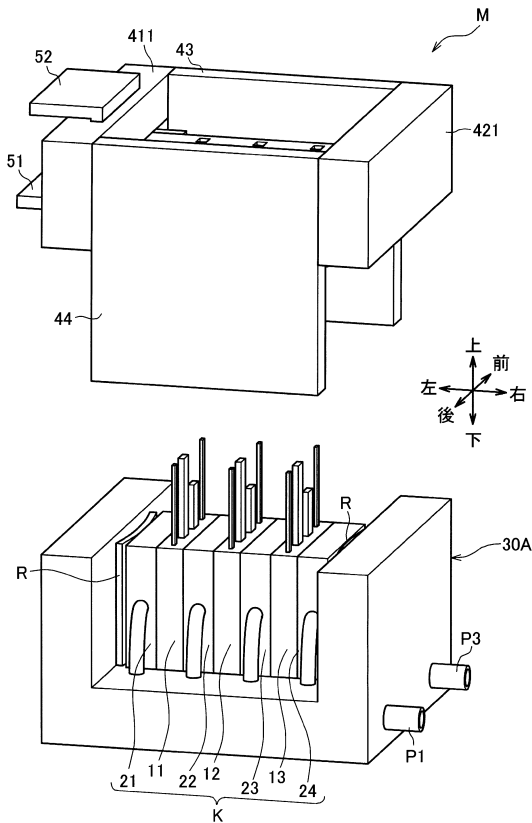
【図13】



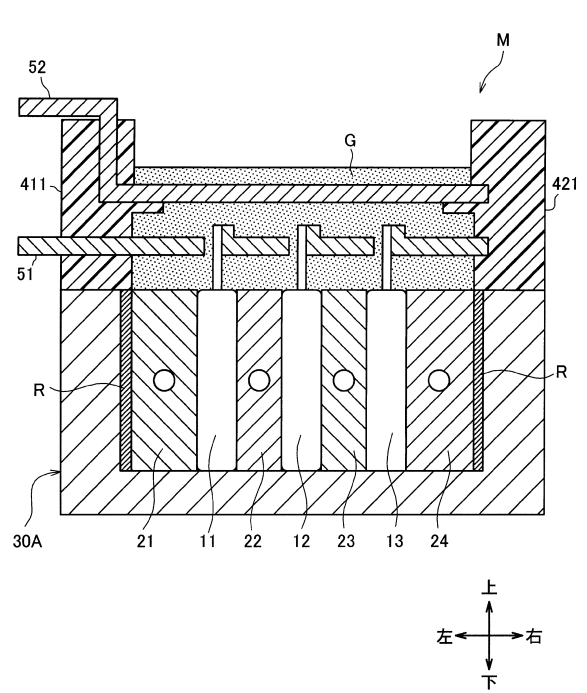
【図14】



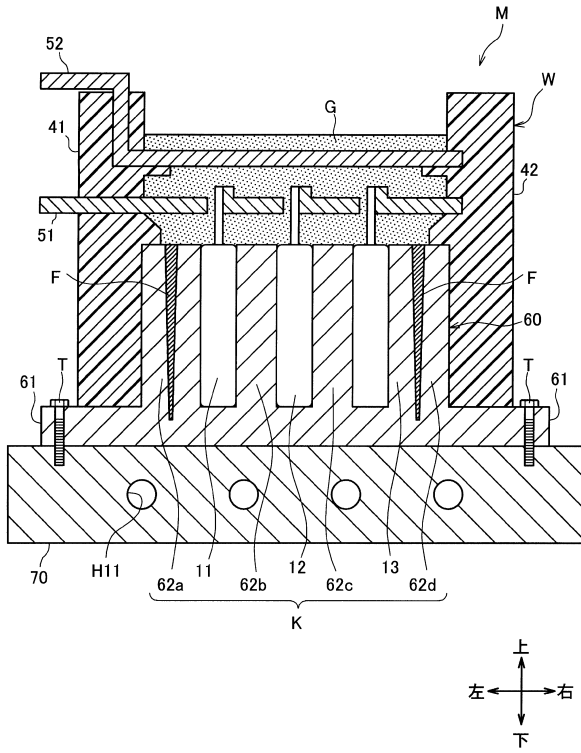
【図15】



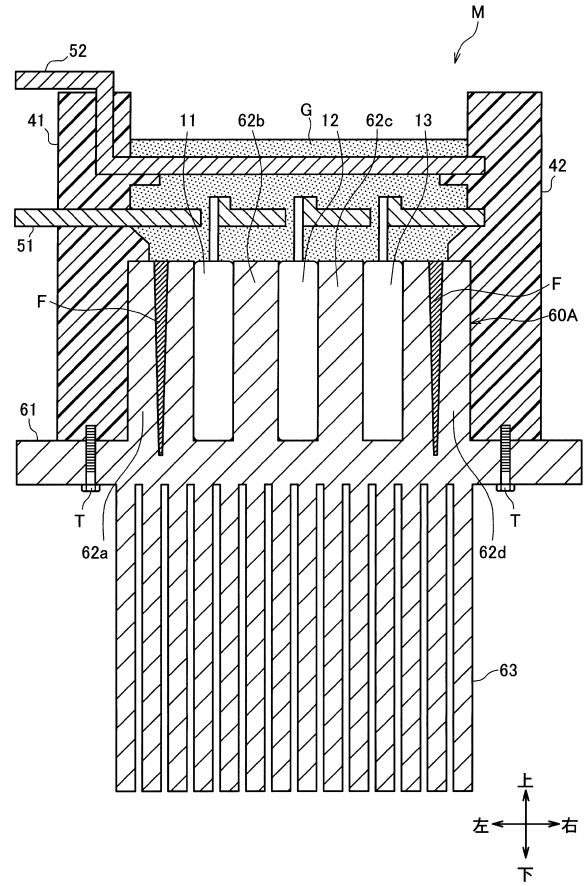
【図16】



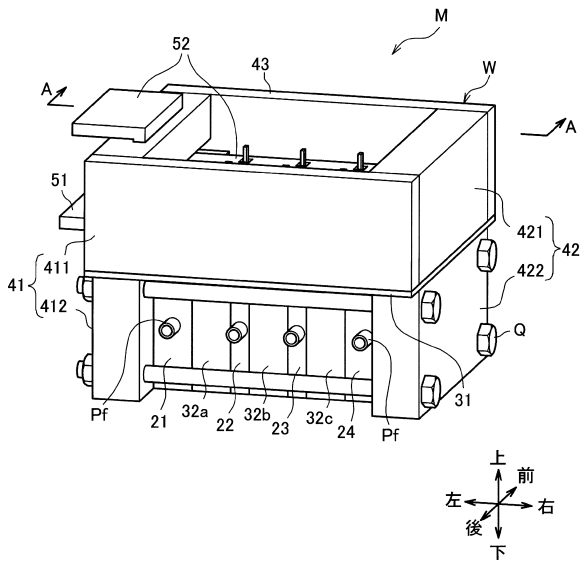
【図17】



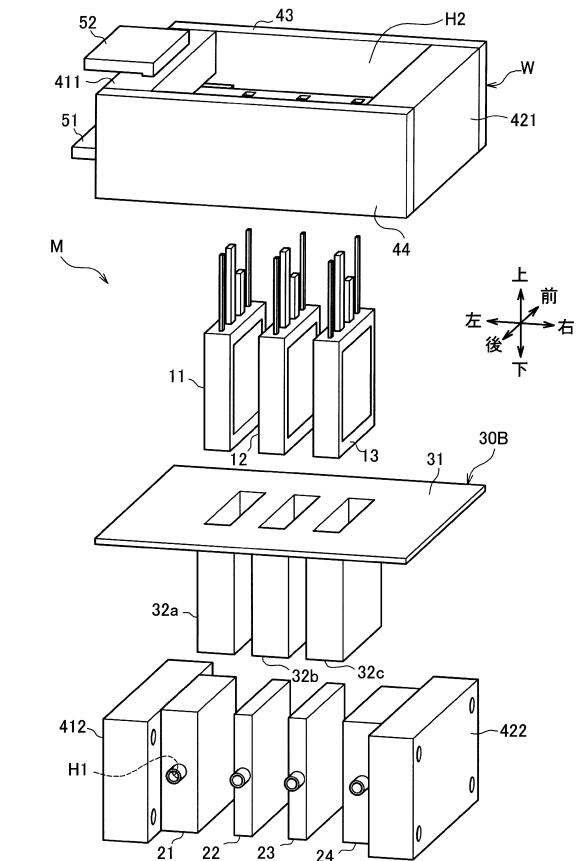
【図18】



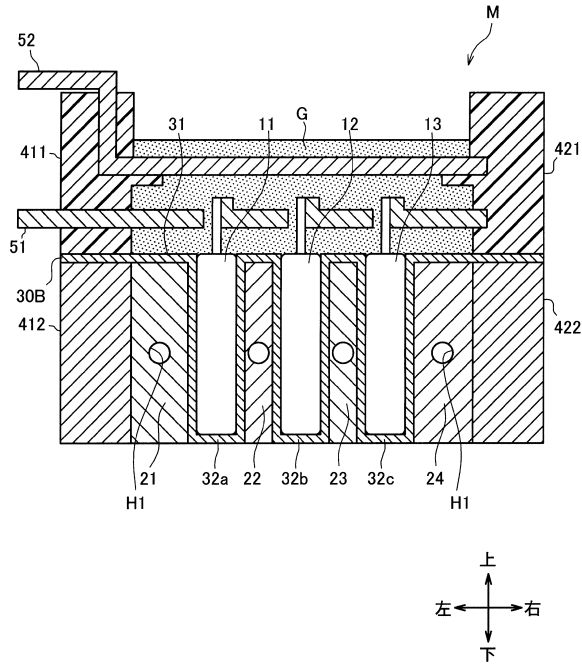
【図19】



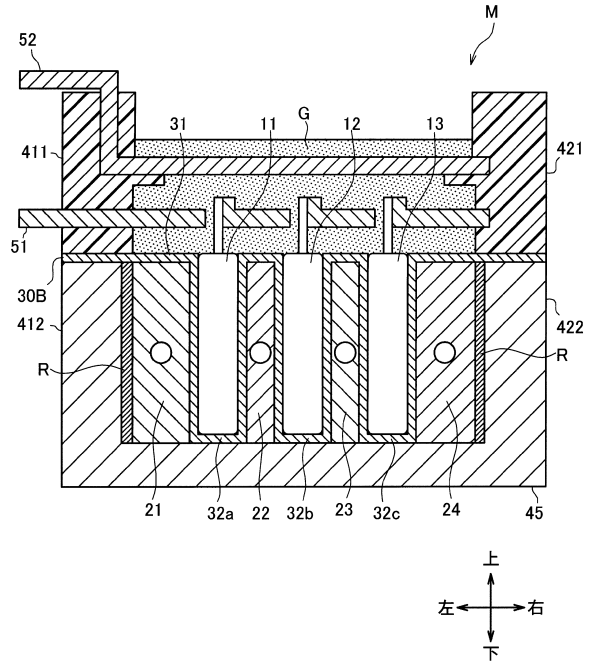
【図20】



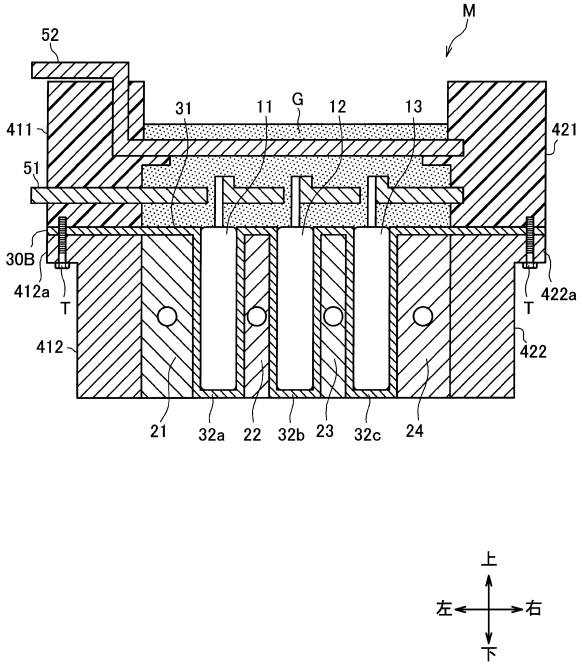
【図 2 1】



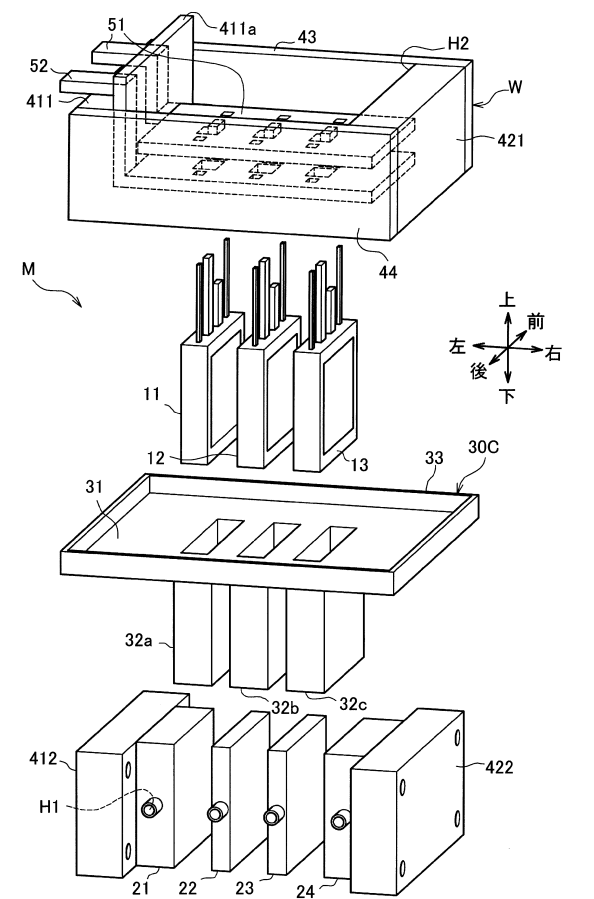
【図 2 2】



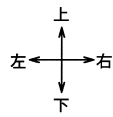
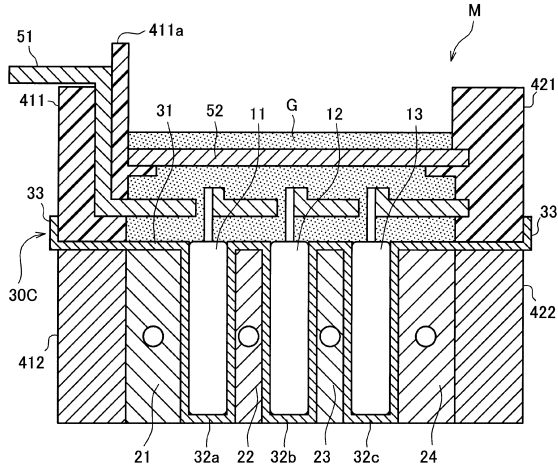
【図 2 3】



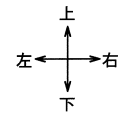
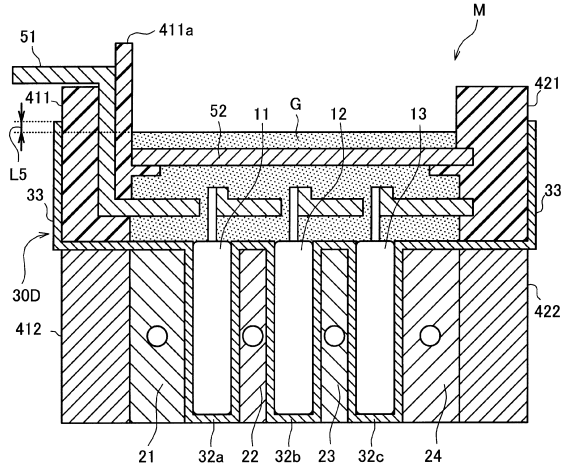
【図 2 4】



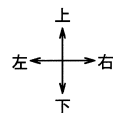
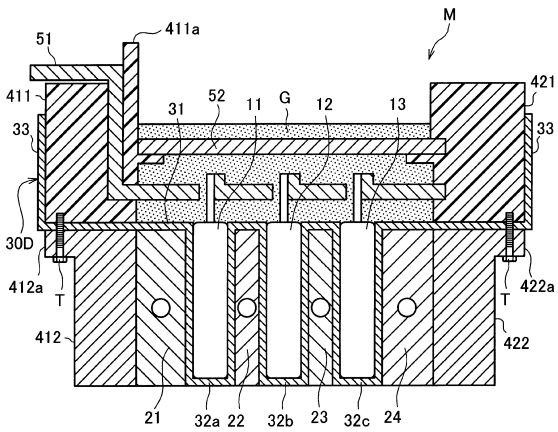
【図 25】



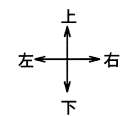
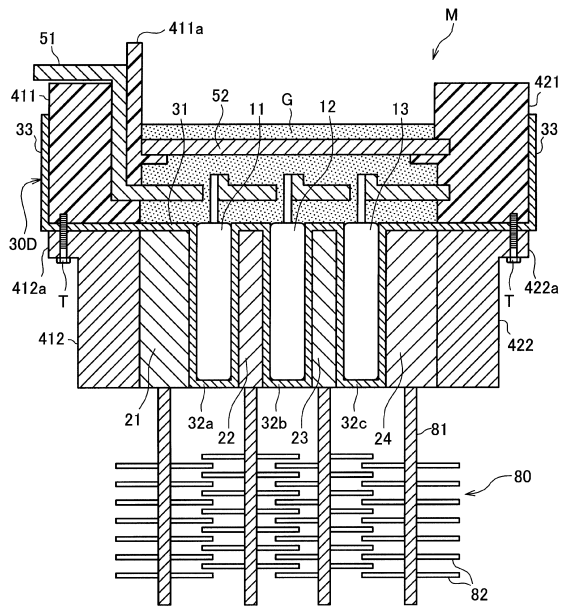
【図 26】



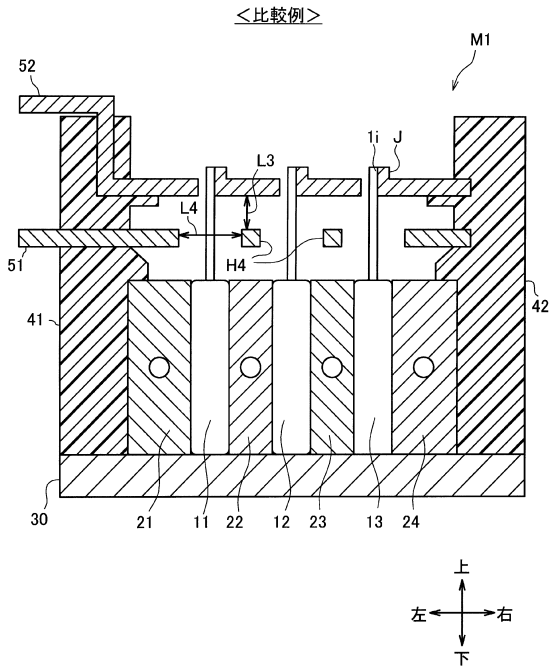
【図 27】



【図 28】



【図 29】



---

フロントページの続き

(72)発明者 谷江 尚史

日本国東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 秋山 直人

(56)参考文献 特開2013-115322(JP,A)

国際公開第2013/005474(WO,A1)

特開2007-053295(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 25/07

H01L 23/29

H01L 23/473

H01L 25/18