

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6286541号
(P6286541)

(45) 発行日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)

(24) 登録日 平成30年2月9日 (2018. 2. 9)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 23/36 (2006. 01)

H O 1 L 23/36 D

H O 1 L 25/07 (2006. 01)

H O 1 L 25/04 C

H O 1 L 25/18 (2006. 01)

H O 1 L 23/46 Z

H O 1 L 23/473 (2006. 01)

H O 5 K 7/20 N

H O 5 K 7/20 (2006. 01)

H O 5 K 7/20 T

請求項の数 7 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-528741 (P2016-528741)
 (86) (22) 出願日 平成26年6月20日 (2014. 6. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/066368
 (87) 国際公開番号 W02015/194023
 (87) 国際公開日 平成27年12月23日 (2015. 12. 23)
 審査請求日 平成28年9月15日 (2016. 9. 15)

(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
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (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
 (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
 (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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーモジュール装置及び電力変換装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体部品と冷却部材を交互に配置することで前記半導体部品を前記冷却部材により両面側から冷却するように構成し、前記半導体部品は複数であり、前記半導体部品は、半導体素子と、前記半導体素子に接続される端子を含み、前記半導体素子の少なくとも一部はスイッチング動作をなすものであり、前記半導体部品と前記冷却部材を隔離するように板材が成型された一体的なケースを有し、前記ケースは、前記端子を封止材で封止するための延長部を有し、薄板を折り曲げ加工により成型されているものであって、さらに、前記冷却部材を互いに接続する冷却媒体路、あるいは、前記冷却部材に熱的に接続される冷却フィンを有することを特徴とするパワーモジュール装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記ケースはアルミまたは銅を主成分とすることを特徴とするパワーモジュール装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記半導体部品の少なくともいづれかが、前記半導体素子の両主面に放熱部材が配置されることを特徴とするパワーモジュール装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかにおいて、前記冷却部材の数が前記半導体部品の数よりも 1 つ多いことを特徴とするパワーモジュール装置。

【請求項 5】

20

請求項 1 から 4 のいずれかにおいて、前記冷却部材がヒートパイプを含むことを特徴とするパワーモジュール装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかにおいて、前記半導体部品は、前記ケースに形成された窪み部分に配置されることを特徴とするパワーモジュール装置。

【請求項 7】

半導体部品と冷却部材を交互に配置することで前記半導体部品を前記冷却部材により両面側から冷却するように構成し、前記半導体部品は複数であり、前記半導体部品は、半導体素子と、前記半導体素子に接続される端子を含み、前記半導体素子の少なくとも一部はスイッチング動作をなすものであり、前記半導体部品と冷却部材を隔離するように板材が成型された一体的なケースを有し、前記ケースは、前記端子を封止材で封止するための延長部を有し、薄板を折り曲げ加工により成型されているものであって、前記冷却部材を互いに接続する冷却媒体路、あるいは、前記冷却部材に熱的に接続される冷却フィンを有し、前記スイッチング動作を制御することで電力変換することを特徴とする電力変換装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、パワーモジュール装置及び半導体素子に関する。

【背景技術】

【0002】

電気自動車やハイブリッド自動車、鉄道、電力機器など様々な製品において、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) や FWD (Free Wheel Diode) などのパワー半導体素子を搭載した電力変換装置が用いられる。これらのパワー半導体素子は動作時に発熱するため、パワー半導体素子を適切に冷却することが求められる。そのために、水を循環させる水冷、或いは、フィンを利用した風冷等の冷却器を設け、この冷却器と熱交換することでパワー半導体素子を冷却する。

20

【0003】

ここで、一般の電力変換装置等では複数の半導体素子が必要であり、さらに、この複数の半導体素子の実装密度を密にすることが要求されている。それらを効率良く冷却するために、半導体部品（半導体素子が格納されている）を両面から冷却する構造が開発されている。このように半導体素子の発熱を効率良く冷却するには、半導体素子を内蔵する半導体部品と冷却装置を交互に配置することが有効である。例えば、半導体部品と、冷却のための冷却チューブとを交互に配置して積層する技術が知られている。このような技術は、例えば、特開 2011-181687 号公報（特許文献 1）に記載されている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011-181687 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

上記の従来技術は半導体部品と冷却装置を交互に配置することで半導体素子の高効率の冷却を実現しているものの、単に空間で絶縁を確保しているため、冷却には一般的に冷却部材を互いに接続する冷却媒体路を用い、あるいは前記冷却部材に熱的に接続される冷却フィンを用いるところ、しかも、半導体部品と冷却装置を交互に配置することで配置密度が高くなる傾向にあるが、上記の従来技術では、封止材で半導体部品の一部を封止することまでは配慮されてなかった。

【0006】

本発明の目的は、冷却効率を維持しつつ、なお封止材を用いて高圧化に対応するのに適したパワーモジュール装置及び電力変換装置を提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明では、半導体部品と冷却部材を交互に配置することで前記半導体部品を前記冷却部材により両面側から冷却するように構成し、前記半導体部品は複数であり、前記半導体部品は、半導体素子と、前記半導体素子に接続される端子を含み、前記半導体素子の少なくとも一部はスイッチング動作をなすものであり、前記半導体部品と冷却部材を隔離するように板材が成型された一体的なケースを有し、前記ケースは、前記端子を封止材で封止するための延長部を有するものであって、さらに、前記冷却部材を互いに接続する冷却媒体路、あるいは、前記冷却部材に熱的に接続される冷却フィンを有するように構成した。

10

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、冷却効率を維持しつつ、なお高圧化に適することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の外観図である。

【図2】図2は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の側面図および断面図である。

【図3】図3は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置を構成する部品である半導体素子を内蔵する半導体部品の外観図および断面図である。

20

【図4】図4は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置を構成する部品であるヒートシンクの外観図および断面図である。

【図5】図5は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置を構成する部品である端子ブロックの断面図である。

【図6】図6は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置を構成する部品であるケースの外観図および断面図である。

【図7】図7は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置を構成する部品であるケースの製造方法を説明する図である。

【図8】図8は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の製造方法を示す第1の図である。

30

【図9】図9は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の製造方法を示す第2の図である。

【図10】図10は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の製造方法を示す第3の図である。

【図11】図11は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の製造方法を示す第4の図である。

【図12】図12は本発明を備えた第1の実施例である半導体装置の加圧方法を示す図である。

【図13】図13は本発明を備えた第2の実施例である半導体装置を構成する部品であるケースの製造方法を説明する図である。

40

【図14】図14は本発明を備えた第2の実施例である半導体装置の製造方法を示す図である。

【図15】図15は本発明を備えた第3の実施例である半導体装置を示す図である。

【図16】図16は本発明を備えた第4の実施例である半導体装置を示す図である。

【図17】図17は本発明を備えた第4の実施例である半導体装置を構成する部品であるヒートパイプを説明する図である。

【図18】図18は本発明を備えた第5の実施例である半導体装置を示す図である。

【図19】図19は本発明を備えた第5の実施例である半導体装置を構成する部品であるヒートパイプを説明する図である。

【図20】図20は本発明を備えた第6の実施例である半導体装置の外観図および断面図

50

である。

【図 2 1】図 2 1 は本発明を備えた第 6 の実施例である半導体装置を構成する部品であるケースの製造方法を説明する図である。

【図 2 2】図 2 2 は本発明を備えた第 6 の実施例である半導体装置の製造方法を示す第 1 の図である。

【図 2 3】図 2 3 は本発明を備えた第 6 の実施例である半導体装置の製造方法を示す第 2 の図である。

【図 2 4】図 2 4 は本発明を備えた第 6 の実施例である半導体装置の製造方法を示す第 3 の図である。

【図 2 5】図 2 5 は本発明を備えた第 6 の実施例である半導体装置の製造方法を示す第 4 10
の図である。

【図 2 6】図 2 6 は本発明を備えた第 1 の実施例である半導体装置の電力変換装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、図面を用いて実施例を説明する。

【実施例 1】

【0011】

図 2 6 に本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置の回路図を示す。半導体モジュールとして、ケース 1 には、半導体部品 2 7 - 1、半導体部品 2 7 - 2 及び半導体部品 2 7 - 3 が格納される。この例では、2 組のケース 1 と、コンデンサ 1 0 1、コンデンサ 1 0 2 で電力変換装置が形成される。 20

【0012】

半導体部品 2 7 - 1 (上側) (S 1)、2 7 - 2 (上側) (S 2)、2 7 - 2 (下側) (S 3)、2 7 - 1 (下側) (S 4) が直流端子 + E 及び - E の間で直列に、各々のケース 1 の外部端子 3 - 2 を介して接続される (半導体部品 2 7 - 1、2 7 - 2、2 7 - 3 を総称して半導体部品 2 7 と記する。他の構成部品についても同様に「- 1」「- 2」... と記することで総称部品の一部をなすことを意味する。)。ここで、半導体部品 2 7 - 1、2 7 - 2 は、I G B T 等のスイッチング素子と還流ダイオード (逆接続) の並列回路から構成される。直流端子 + E 及び - E の間には、半導体部品 2 7 の直列回路と並列に、コンデンサ 1 0 1 及び 1 0 2 が直列に接続さる。コンデンサ 1 0 1 及び 1 0 2 の接続点は中性極性として中性端子 N が構成される。中性端子 N と、半導体部品 2 7 - 1 (上側) と 2 7 - 2 (上側) の接続点は、各々のケース 1 に配される外部端子 3 - 3 を介して、半導体部品 2 7 - 3 (上側) により接続される。同様に、半導体部品 2 7 - 1 (下側) と 2 7 - 2 (下側) の接続点は半導体部品 2 7 - 3 (下側) により接続される。 30

【0013】

半導体部品 2 7 - 1 は内部端子 2 8 - 1 - 1 及び内部端子 2 8 - 1 - 2 を介して各々外部端子 3 - 1 及び半導体部品 2 7 - 2 の内部端子 2 8 - 2 - 1 に接続される。半導体部品 2 7 - 2 は内部端子 2 8 - 2 - 2 及び内部端子 2 8 - 2 - 2 を介して各々半導体部品 2 7 - 2 の内部端子 2 8 - 2 - 1 及び外部端子 3 - 2 に接続される。半導体部品 2 7 - 3 は内部端子 2 8 - 3 - 1 及び内部端子 2 8 - 3 - 2 を介して各々半導体部品 2 7 - 1 の内部端子 2 8 - 1 - 2 と半導体部品 2 7 - 2 の内部端子 2 8 - 2 - 1 の接続点、及び外部端子 3 - 3 及びに接続される。 40

【0014】

半導体部品 2 7 - 3 はダイオードとして構成される。このような構成において、半導体部品 2 7 - 1、2 7 - 2 のオン/オフを制御することで、直流電圧 + E、中性電圧 N、直流電圧 - E のいずれかを選択的に半導体部品 2 7 - 2 (上側) と 2 7 - 2 (下側) の間に出力するか、あるいは、半導体部品 2 7 - 2 (上側) と 2 7 - 2 (下側) の間に印加された交流を直流として直流端子 + E、直流端子 - E に出力、すなわち、電力変換するのである。

【0015】

図 1 に本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置の外観図，図 2 に側面図および断面図を示す。ケース 1 の下部に 4 個のヒートシンク 5 が，ケース 1 の上部に端子ブロック 4 が配置されており，端子ブロック 4 の側面には外部端子 3 が突出している。この外部端子 3 によって外部との電氣的導通をとることで，電力変換装置として機能する。

【 0 0 1 6 】

図 2 に示す断面図を用いて，本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置の内部構造を説明する。ケース 1 は，薄い金属板によって構成されており，ケース 1 の断面形状は，両側面が封止材 2 より高く，中央部に 3 箇所の窪みを持つ形状である。本実施例では，ケース 1 に曲げ加工した厚さ約 0 . 1 mm のアルミ板を用いた。このケース 1 の窪みそれぞれに，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 が配置されており，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 を合計で 3 個備えている。それぞれの半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 は，内部に半導体素子 2 1 ，金属回路 2 2 ，絶縁材 2 3 ，放熱部材 2 4 が積層され，これらの部材がモールド樹脂 2 5 で封止されている。また，金属回路 2 2 との電氣的導通がとられた端子 2 6 がモールド樹脂 2 5 から突出し，端子ブロック 4 から突出する内部端子 2 8 と接続されている，内部端子 2 8 は，端子ブロック 4 の内部において外部端子 3 と接続され，半導体素子 2 1 と外部との電氣的導通がとられる。本実施例において，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 のモールド樹脂 2 5 から突出する端子 2 6 と端子ブロック 4 から突出する内部端子 2 8 は，溶接によって強固に接合されている。また，モールド樹脂 2 5 から突出する端子 2 6 と端子ブロック 4 から突出する内部端子 2 8 は，封止材 2 で封止されている。本実施例では，封止材 2 にシリコンゲルを用いており，高耐圧な半導体素子を用いる場合であっても，十分な耐圧を確保できる。ケース 1 の外側，すなわち図 2 の断面図に示すケース 1 より下側には，ケース 1 を介して半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 を挟む様に 4 個のヒートシンク 5 が配置されている。この様にヒートシンクを配置することで，いずれの半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 も両面から冷却できる。

【 0 0 1 7 】

本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置では，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 全ての両面にヒートシンク 5 が配置されているので，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 内部での発熱を効率良く冷却できる。このとき，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 とヒートシンク 5 は，薄い金属性のケース 1 を介して面しており，熱抵抗の大きい部材を介さないことから，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 とヒートシンク 5 の間の熱抵抗を小さくできる。なお，図示はしていないが，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 とケース 1 の間や，ケース 1 とヒートシンク 5 の間に，熱伝導率の高い低弾性体やグリースを設けることで，接触抵抗をより低減できる。半導体素子 2 1 ，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 ，端子 2 6 ，内部端子 2 8 は，全てモールド樹脂 2 5 あるいは封止材 2 で封止されており，高電圧を扱う電力変換装置に用いた場合であっても，十分な耐圧性を確保できる。さらに，半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 やヒートシンク 5 が薄く，隣接する半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 の端子 2 6 の間隔が短い場合であっても，シリコンゲルによって十分な耐圧性を確保できることから，電力変換装置をより小型省スペース化することができる。

【 0 0 1 8 】

図 3 から 6 を用いて，本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成する各部材を詳細に説明する。

【 0 0 1 9 】

図 3 a に，本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成する半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 の外観図を示す。本実施例で用いる半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 は，主面の中央部に放熱部材 2 4 が露出し，上部から端子 2 6 a ， 2 6 b が突出し，これらをモールド樹脂 2 5 で封止する構造である。放熱部材 2 4 はケース 1 と面で接して半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 内部の熱をヒートシンク 5 に伝える役割を持つ。本実施例では，平面度の高い銅製の部材を用いた。銅は熱伝導率が高く，半導体部品 2 7 とヒートシンク 5 の間の熱抵抗をより小さくできる。端子 2 6 a ， 2 6 b において，大電

流を流す端子 26a の断面積を大きくすることで電流密度が小さくなって通電時のジュール熱を低減できる。一方、大電流を流さない制御用の端子 26b の断面積を小さくすることで導体部品 27 を小型化できる。

【0020】

図 3b に、本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成する半導体素子を内蔵する半導体部品 27 の断面図を示す。半導体部品 27 は、少なくとも 1 つ以上の半導体素子 1 を内蔵し、半導体素子 1 の両面に金属回路 22 が配置され、その一部は端子 26 となっている。本実施例では、半導体素子 1 と金属回路 22 をはんだで接合している。半導体素子 1 の両面に配置される金属回路 22 のうち少なくとも片側は、半導体素子 1 と接する箇所の厚みが他の箇所よりも大きい。これによって、半導体素子 1 の両面に配置される金属回路 22 の回路間距離を確保できるので、高電圧を扱う場合でも十分な信頼性を確保できる。金属回路 22 において、半導体素子 21 と面する側と反対側の面には、それぞれ絶縁材 23 が配置され、半導体素子 21 や金属回路 22 を、ケース 1 などから絶縁し、回路の信頼性を確保する。絶縁材 23 の厚さは、使用する電圧に応じて選定することができる。本実施例では、絶縁材 23 に厚さ約 0.64mm の窒化珪素を用いた。必要な耐圧や熱抵抗に応じて、他のセラミック材料や絶縁性を持つ樹脂シートなどを用いることも可能である。用いる絶縁材の熱伝導率が大きく、厚さが薄いほど熱抵抗を小さくできる。絶縁材 23 において、金属回路 22 を面する側と反対側の面には、放熱部材 24 が配置されている。本実施例では、半導体素子 21 から放熱部材 24 の間は、銅と窒化珪素とはんだのみが配置されており、いずれも熱伝導率が高く薄い部材であることから、半導体素子 21 と放熱部材 24 の間の熱抵抗を小さくできる。なお、本実施例では金属回路 22 や放熱部材 24 に銅を用いたが、アルミや他の金属材料を用いることも可能である。アルミを用いた場合、銅と比較して熱伝導率が小さいため熱抵抗は増加する一方、軽量や加工し易さといった特徴がある。用途に応じて使い分けることができる。半導体素子 21、金属回路 22、絶縁材 23、放熱部材 24、端子 26 は、放熱部材と端子 26 の一部を除き、モールドレジン 25 で封止されている。モールドレジン 25 で封止することで、電気的な短絡を防止し、耐圧性を確保すると共に、動作時に生じる各部材の熱変形差を低減し、強度的信頼性を確保することができる。

【0021】

図 4 に、本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成するヒートシンク 5 の外観図および断面図を示す。ヒートシンク 5 は、主面である 2 面がケースと接して半導体部材 27 を冷却する役割を持つ。ヒートシンク 5 の内部は、主面に略直交する方向にフィンを設けることで、水路 41 が形成されている。なお、図示はしていないが、ヒートシンク 5 の長手方向の両端部には、冷却水の吸水口と排水口が設けられており、冷却水の流入を可能にしている。本実施例では、ヒートシンクの材料に銅を用いた。熱伝導率の高い銅を用いることで、熱抵抗を低減できる。なお、冷却媒体の種類や必要な放熱性能に応じて、アルミなど異なる材料を用いることも可能である。アルミを用いた場合、銅と比較して熱伝導率が小さいため熱抵抗は増加する一方、軽量や加工し易さといった特徴がある。用途に応じて使い分けることができる。

【0022】

図 5 に、本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成する端子ブロック 4 の外観図を示す。本実施例において、端子ブロック 4 はエポキシ系の樹脂で構成されており、外側に銅製の外部端子 3、内側に銅製の内部端子 28 が突出し、端子ブロック 4 の内部で外部端子 3 と内部端子 28 が結合している。

【0023】

図 6 に、本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置を構成するケース 1 の外観図および断面図を示す。本実施例において、ケース 1 は厚さ 0.1mm のアルミ板を折り曲げ加工することで構成されている。半導体素子を内蔵する半導体部品 27 を挿入する窪みが 3 箇所設けられていると共に、端部が略同一平面上に配置される様に折り曲げ加工されていることから、液状のシリコンゲルを注入しても漏れることがなく、シリコンゲル

による封止が可能である。さらに、半導体素子を内蔵する半導体部品 27 やヒートシンク 5 と面して放熱経路となる箇所は平面であり、熱抵抗低減に有効な形状となっている、また、半導体部品 27 やヒートシンク 5 と面して放熱経路となる面に垂直な方向、すなわち部品などを搭載した後に接触熱抵抗低減のために加圧する方向に対して、ケース 1 はパネに類似した形状となっており、非常に低剛性である。そのため、加圧する際に、ケース 1 の剛性が妨げとなることはない。なお、本実施例では、ケース 1 の材料にアルミを用いたが、銅など他の材料や、アルミや銅の合金などを用いることもできる。ケース 1 に銅を用いる場合、熱伝導率がアルミよりも大きいので熱抵抗をより小さくできる。一方、剛性がアルミよりも大きくなる。これらを鑑みて、選択することができる。

【0024】

図 7 から 12 を用いて、本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置の製造方法を説明する。

【0025】

はじめに、図 7 を用いてケース 1 の製造方法を説明する。ケース 1 は、略四角形の薄板 71 を曲げ加工して製造される。図中に示す点線箇所を谷折し、一点鎖線箇所を山折りすると、ケース 1 が形成できる。本実施例ではケース 1 の材料に厚さ 0.1 mm のアルミ板を用いている。加工性に優れたアルミを用いることで、加工時の破断を防止しながら曲げ加工ができるので、完成したケース 1 にはシリコングエルが漏れる穴や破断箇所は発生しない。薄板 71 において、寸法 L1 ~ L7 は折り曲げ加工後にそれぞれ、L1 は半導体部品 27 搭載位置の窪みの幅、L2 は半導体部品 27 搭載位置の窪みの深さ、L3 はヒートシンク 5 設置位置の幅、L4 はケース 1 端部のヒートシンク 5 設置位置の幅、L5 はケース 1 縁の高さ、L6 は半導体部品 27 搭載位置の窪みの長さ、L7 は半導体部品 27 を搭載する際の長手方向のケース 1 寸法となる。薄板 71 の寸法や折り曲げ箇所を搭載する半導体部品 27 やヒートシンクの寸法や搭載数に応じて決めることで、任意の部品数や部品寸法に対応するケースを製造できる。

【0026】

次に、図 8 a に示す様に、4 個のヒートシンク 5 を並べ、その間にケース 1 を設置する。なお、図示はしていないが、各ヒートシンク 5 には注水口と排水口が設けられており、全てのヒートシンク 5 に冷却水が流れる用に各ヒートシンク 5 の口はパイプなどで連結されている。連結方法によって、各ヒートシンク 5 に冷却水を直列に流すことも、並列に流すことも可能である。4 個のヒートシンク 5 にケース 1 を設置すると、図 8 b に示す形状となる。

【0027】

次に、図 9 a に示す様に、ケース 1 の 3 箇所の窪みに、それぞれ半導体素子を内蔵する半導体部品 27 を設置する。このとき、半導体部品 27 の主面であり放熱部材 24 が露出している面を、ヒートシンク 5 の主面と面しているケース 1 の面と接する様に配置することで、半導体部品 27 の両面にヒートシンク 5 を配置できる。なお、本実施例では、ヒートシンク 5 の上部にケース 1 を設置した後にケース 1 の窪みに半導体部品 27 を設置したが、ケース 1 の窪みに半導体部品 27 を設置した後にヒートシンク 5 の上部にケース 1 を設置しても良い。

【0028】

次に、図 10 に示す様に、ケース 1 の上部に端子ブロック 4 を配置し、半導体部品 27 の端子 26 と端子ブロックの内部端子 28 とを溶接で接合する。

【0029】

次に、図 11 に示す様に、ケース 1 の内側で半導体部品 27 が搭載されている位置に、硬化前の液状のシリコングエルを封止材 2 として注入する。液状のシリコングエルは、その液面が半導体部品 27 の端子 26 や端子ブロックの内部端子 28 よりも上になる様に注入することで、半導体部品 27 や半導体部品 27 の端子 26 や端子ブロックの内部端子 28 を封止できる。このとき、ケース 1 は一枚のアルミ板の端部が略同一平面上に配置される様に折り曲げ加工されていることから、液面が端部の平面より下に位置すれば液状のシリコ

10

20

30

40

50

ーンゲルが漏れることはない。シリコングエル注入後、ゲルを硬化させることで封止が完了する。

【 0 0 3 0 】

最後に、図 1 2 に示す様に、両端に配置される 2 つのヒートシンク 5 の外側に位置する主面を加圧面 1 2 1 として、加圧面 1 2 1 に加圧力 1 2 2 を加えることで、半導体部品 2 7 - ケース 1 間やケース 1 - ヒートシンク 5 間の接触熱抵抗を低減する。図示はしないが、本実施例では加圧方法にボルト締結を用いた。ヒートシンク 5 の外側にボルト用の穴を設けた 2 枚の板を配置し、4 本のボルトで 2 枚の板をボルト締結することで加圧した。

【 0 0 3 1 】

図 1 から 1 2 を用いて、構造および製造方法を説明した本発明を備えた第 1 の実施例である電力変換装置は、半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 全ての両側にヒートシンク 5 が配置され、半導体素子 2 1 を両面から効率的に冷却できる。また、加圧方向において、ケース 1 の剛性が小さいので、加圧して熱抵抗を低減する場合に、ケース 1 の剛性が妨げになることが無い。さらに、薄板の折り曲げ加工によって、薄板の外形を構成する辺全てが略同一面上に配置されるケース形状を実現し、その窪みとなる位置に導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 を配置しているため、半導体素子 2 1 を内蔵する半導体部品 2 7 をシリコングエル封止するために液状のシリコングエルを注入しても漏れることがなく、適切に封止できる。これらのことから、冷却性や耐圧性に優れた電力変換装置を提供できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 2 】

図 1 3 に、本発明を備えた第 2 の実施例である電力変換装置を構成するケース 1 3 1 およびその展開図 1 3 2 を示す。実施例 1 で用いたケース 1 との相違点は、実施例 1 で用いたケース 1 には半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 を配置する窪みが 3 箇所あったのに対して、本実施例で用いるケース 1 3 1 には 2 箇所である点である。そのため、図 7 で示したケース 1 の展開図と比較して、ケース 1 3 1 の展開図 1 3 2 は折り曲げ前のアルミ板の長手方向寸法が短く、折り曲げ箇所が少ない。この様に、本発明を備えた電力変換装置に用いるケースは、用いるアルミ板の寸法や折り曲げ箇所を選択することで、設置する半導体部品 2 7 の数や寸法に応じた形状とすることができる点が、本発明の大きな特徴である。

【 0 0 3 3 】

図 1 4 を用いて、本発明を備えた第 2 の実施例である電力変換装置の製造方法を説明する。3 個のヒートシンク 5 を並べ、その間にケース 1 3 2 を設置する。なお、実施例 1 と同様に、図示はしていないが、各ヒートシンク 5 には注水口と排水口が設けられており、全てのヒートシンクに冷却水が流れる用に各ヒートシンクの口はパイプなどで連結されている。次に、ケース 1 3 2 の 2 箇所の窪みに、それぞれ半導体素子を内蔵する半導体部品 2 7 を設置する。このとき、半導体部品 2 7 の主面であり放熱部材 2 4 が露出している面を、ヒートシンク 5 の主面と面しているケース 1 の面と接する様に配置することで、半導体部品 2 7 の両面にヒートシンク 5 を配置できる。以降の製造方法は実施例 1 と同様である。ケース 1 3 2 の上部に端子ブロック 4 を配置し、半導体部品 2 7 の端子 2 6 と端子ブロックの内部端子 2 8 とを溶接で接合し、ケース 1 3 2 の内側に硬化前の液状のシリコングエルを封止材 2 として注入し硬化させることで、電力変換装置が完成する。

【 0 0 3 4 】

実施例 1 では、電力変換装置の内部に 3 個の半導体部品 2 7 を備えるのに対して、本実施例では電力変換装置の内部に 2 個の半導体部品 2 7 を備えており、電力変換装置として使用する電圧や電流の条件が実施例 1 とは異なる。この様に、本発明を備えた電力変換装置では、同じ半導体部品 2 7 とヒートシンク 5 を用意して、使用する数を自由に変更することで、使用目的に適した電力変換装置を構成できる。そのため、同じ半導体部品 2 7 を用いて、様々な使用目的に対応する幅広いラインナップを構築することができる。

【 実施例 3 】

【 0 0 3 5 】

図 15 に、本発明を備えた第 3 の実施例である電力変換装置を説明する図を示す。本実施例と第 1 の実施例との相違点は、図 15 a に示す様にケース 1 に 3 個の半導体部品 27 を搭載し、図 15 b に示す様に端子ブロック（図示せず）を設置してシリコンゲル（輪郭を図示）で封止してゲルが硬化した後、図 15 c に示す様にケース長手両端部の台形形状の領域を切断する点である。ケース長手両端部の台形形状の領域は、液状のシリコンゲルを注入する場合には漏れ防止の役割をする。ただし、シリコンゲルが硬化した後は、この領域を切断しても漏れは発生しない。この領域を切断することで、使用時のケースを小型化できると共に、ヒートシンクの小型化も可能になるため、電力変換装置全体を小型化できる。その一方、ケースと硬化後のシリコンゲルを切断する工程が必要になるため、小型化と工程短縮の目的に応じて実施例 1 と使い分けることができる。

10

【実施例 4】

【0036】

図 16 に、本発明を備えた第 4 の実施例である電力変換装置の外観図を示す。第 1 の実施例との相違点は、水冷のヒートシンク 5 ではなく、ヒートパイプ 161 を用いて冷却する点である。図 17 に、本実施例で用いるヒートパイプ 161 を示す。ヒートパイプのケースとの接触部 171 から内部に液体の入ったパイプ部 172 が突出し、突出部分には冷却フィン 173 が接続されている。図 16 の電力変換装置において、4 個のヒートパイプ 161 がヒートパイプのケースとの接触部 171 がケース 1 を介して半導体部品 27 の両側に配置され、半導体部品 27 を両面から冷却する。なお、図ではヒートパイプ 161 が電力変換装置の下に配置されているが、動作時にはヒートパイプの方が上に配置される。その結果、パイプ部 172 の内部の液体は半導体部品 27 の近傍に配置され、半導体部品 27 の発熱によって気化し、冷却フィン 173 の近傍に移動し、冷却されて液化して再び半導体部品 27 の近傍に移動する。このサイクルを繰り返すことで、半導体部品 27 を冷却する。なお、本実施例では、4 個のヒートパイプ 161 を用いたが、これらのヒートパイプ 161 が冷却フィン 173 の位置で連結されていても良い。この場合、取り付け作業などの取り扱いは容易になる一方、剛性が大きくなって加圧の妨げにならない様に、冷却フィン 173 の形状などを注意する必要がある。

20

【0037】

本発明を備えた電力変換装置では、半導体部品や配線と、冷却部分がケース 1 によって分離されているため、半導体部品や配線を変更することなく、異なる冷却方式を用いることができることが、大きな特徴である。本実施例では、ヒートパイプによる冷却方式を用いたが、必要な冷却能力によっては、空冷方式など他の冷却方式を用いることも可能である。いずれの冷却方式を用いる場合でも、半導体部品 27 を両面から冷却することができる。

30

【実施例 5】

【0038】

図 18 に、本発明を備えた第 5 の実施例である電力変換装置の外観図を示す。ヒートパイプ 161 を用いて冷却する点は第 4 の実施例と同じであるが、ヒートパイプ 161 が電力変換装置の横方向に設けられている点が第 4 の実施例との相違点である。第 4 の実施例では、ヒートパイプ 161 を電力変換装置の下方方向に配置しており、動作時にはヒートパイプを上側に配置する必要があるため全体を大きく回転させる必要があった。本実施例では、全体をわずかに回転させるだけでヒートパイプとして機能させることができる。さらに、ヒートパイプ 161 のパイプ部 172 を「く」の字型にすることで、電力変換装置を回転させることなく、ヒートパイプ 161 のパイプ部先端を根本部分よりも上に配置してヒートパイプとして機能させることができる。これは、本発明を備えた電力変換装置では、ヒートパイプ 161 のヒートパイプのケースとの接触部 171 とケース 1 を接触させる位置において、ケース 1 が下方方向だけでなく左右方向にも無く、ヒートパイプ 161 のパイプ部 172 を下方方向だけでなく左右方向にも引き回せる特長を持つためである。この様に、本発明を備えた電力変換装置では、搭載する冷却部品の形状自由度が大きいことが特徴である。なお、本実施例を用いる場合、図 19 に示す様に、ヒートパイプのケースとの接

40

50

触部 171 と冷却フィン 173 の間の距離を第 4 の実施例よりも大きく確保して、冷却フィン 173 とケース 1 の接触を防止する必要がある。電力変換装置を設置する設置空間の形状や空気の流れに応じて、これらの実施例を選択できる。

【実施例 6】

【0039】

図 20 に、本発明を備えた第 6 の実施例である電力変換装置の外観図および断面図を示す。外観図は、実施例 1 と同様である。実施例 1 との相違点は、断面図において、半導体素子を内蔵する半導体部品 27 のモールド樹脂 25 が無く、シリコーンゲルである封止材 2 のみで全ての封止を行う点である。本実施例では、半導体素子を内蔵する半導体部品 27 を製造する際に、樹脂でモールドする必要がないので、製造工程を簡略化できる。また、モールド樹脂が無い分、半導体部品 27 の外寸を小さくできるので、電力変換装置全体の小型化に有効である。本実施例において、絶縁部材 23 の外寸を金属回路 22 より大きくすることで、モールド樹脂 25 が無くてもケース 1 に半導体部品 27 を設置する際にケース 1 と金属回路 22 は接触せず、電気的な短絡を防止できる。さらに、シリコーンゲル注入後は、十分な耐圧性を確保できる。ただし、半導体素子 21 や金属回路 22 など

10

20

【0040】

図 21 から 25 を用いて、本発明を備えた第 6 の実施例である電力変換装置の製造方法を示す。図 21 に示すケース 1 の製造方法は実施例 1 と同様である。ただし、半導体部品 27 の外寸が小さくなるため、ケース 1 を小型化することができる。次に、図 22 に示す様に、ケース 1 をヒートシンク 5 に設置する。半導体部品 27 の外寸が小さくなるため、ヒートシンク 5 も小型化することができる。次に、図 23 に示す様に、半導体部品 27 をケース 1 に設置する。このとき、半導体部品 27 はモールドされていないため、金属回路 22 や半導体素子 21 が露出しているため、扱いには注意が必要である。次に、図 24 に示す様に、ケース 1 の上部に端子ブロック 4 を設置し、端子 26 と 28 を接続する。次に、ケース 1 に液状のシリコーンゲルを注入し、ゲルを硬化させることで半導体素子 21 や金属回路 22 や端子 26 など

30

【0041】

以上の実施例で説明したとおりに、略 4 角形の薄板を山折および谷折りすることで半導体素子を内蔵する半導体部品を搭載する数の窪みを持つ形状を形成すると同時に、上記折り曲げ方向と直交する方向の側辺を折り曲げることで、薄板の外形を構成する縁全てが略同一面上に配置されるケースを設け、そのケースの窪みとなる位置に半導体素子を内蔵する半導体部品を配置し、ケースを介して半導体素子を内蔵する半導体部品を挟む様に冷却装置を配置し、半導体素子を内蔵する半導体部品をシリコーンゲル封止することで解決できる。また、好ましくは、前記ケースは熱伝導率の高い金属で構成される。さらに望ましくは、前記ケースはアルミや銅またはこれらを主成分とする合金で構成される。

40

【0042】

冷却装置は、半導体素子を内蔵する半導体部品の両側に複数の独立した冷却モジュールを配置し、それぞれの冷却モジュールを加圧方向に低剛性な連結部で連結する。さらに、端子ブロックを支持する部材を、半導体素子を内蔵する半導体部品の側部に配置して端子ブロックを支持する。このとき、端子ブロックを支持する部材の厚みを、半導体素子を内蔵する半導体部品よりも小さくする。

【0043】

このような構成をとるので、半導体素子を内蔵する半導体部品と冷却装置を交互に配置できるため、半導体素子を両面から効率的に冷却できる。また、ケースの剛性は、半導体

50

素子を内蔵する半導体部品と冷却装置が交互に配置される方向に小さいので、半導体素子を内蔵する半導体部品と冷却装置の間を加圧して熱抵抗を低減する場合に、ケースの剛性が妨げになることが無い。さらに、薄板の折り曲げ加工によって全ての縁が略同一面上に配置されるケース形状を実現でき、その窪みとなる位置に導体素子を内蔵する半導体部品を配置しているため、液状のシリコンゲルなどの封止材を注入しても漏れることなく、適切に封止できる。これらのことから、冷却性や耐圧性に優れた電力変換装置を提供できる。さらに、冷却装置や端子ブロックを支持する部材が、半導体素子を内蔵する半導体部品と冷却装置の加圧の妨げになることを防止でき、適切な加圧を実現できる。

【 0 0 4 4 】

以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

10

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

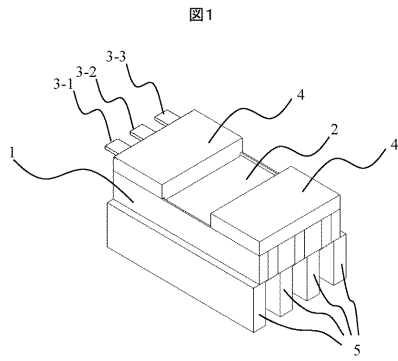
- 1 . . . ケース
- 2 . . . 封止材
- 3 . . . 外部端子
- 4 . . . 端子ブロック
- 5 . . . ヒートシンク
- 2 1 . . . 半導体素子
- 2 2 . . . 金属回路
- 2 3 . . . 絶縁材
- 2 4 . . . 放熱部材
- 2 5 . . . モールド樹脂
- 2 6 , 2 6 a , 2 6 b . . . 半導体素子を内蔵する半導体部品の端子
- 2 7 . . . 半導体素子を内蔵する半導体部品
- 2 8 . . . 内部端子
- 4 1 . . . 水路
- 7 1 . . . ケース折り曲げ加工前の薄板
- L 1 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 2 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 3 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 4 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 5 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 6 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- L 7 . . . 薄板の折り曲げ寸法
- 1 2 1 . . . 加圧面
- 1 2 2 . . . 加圧力
- 1 3 1 . . . 実施例 2 のケース
- 1 3 2 . . . 実施例 2 のケース展開図
- 1 6 1 . . . ヒートパイプ
- 1 7 1 . . . ヒートパイプのケースとの接触部
- 1 7 2 . . . ヒートパイプのパイプ部
- 1 7 3 . . . ヒートパイプの冷却フィン部

20

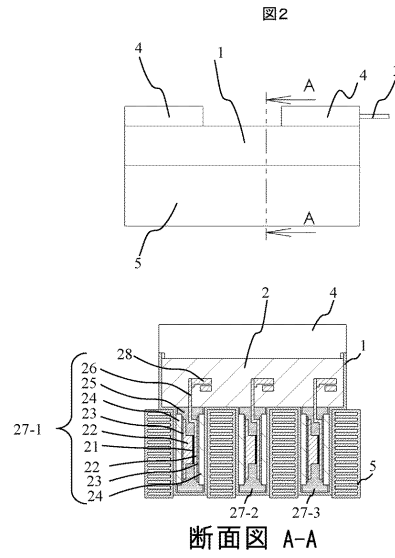
30

40

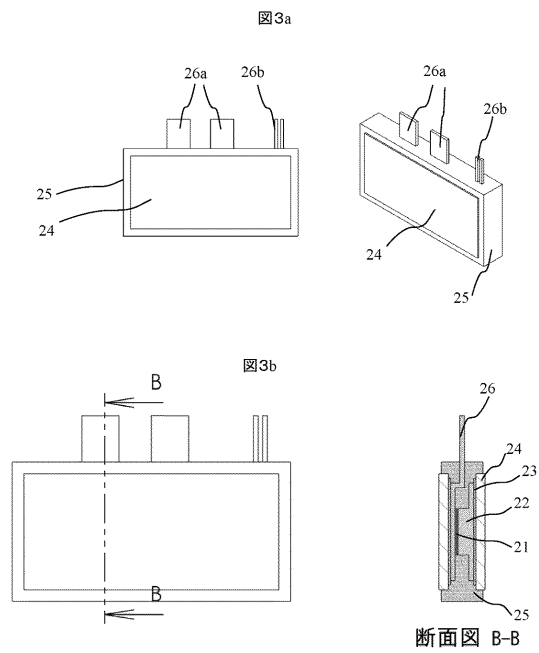
【図 1】



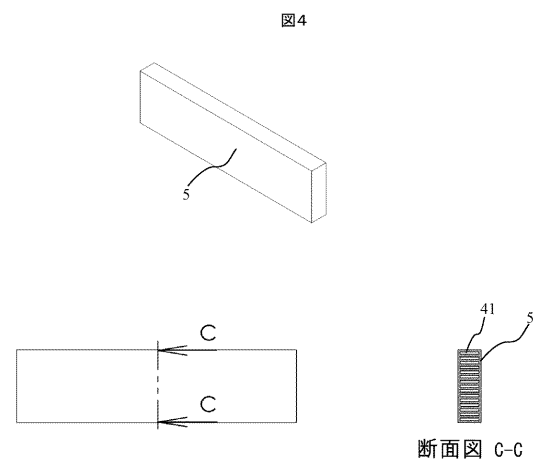
【図 2】



【図 3】

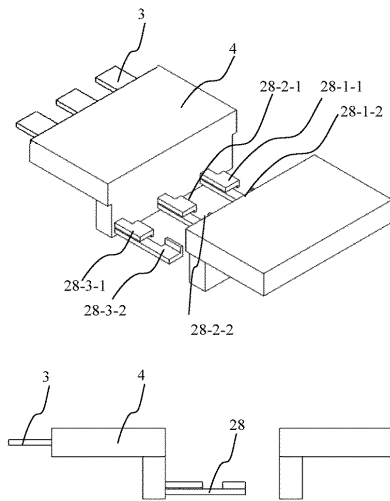


【図 4】



【図 5】

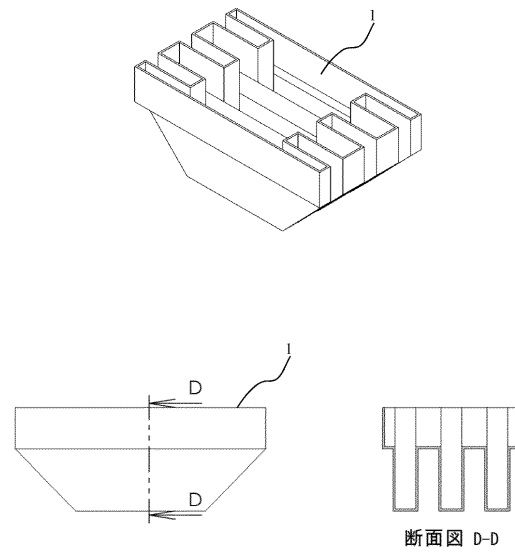
図5



端子ブロック

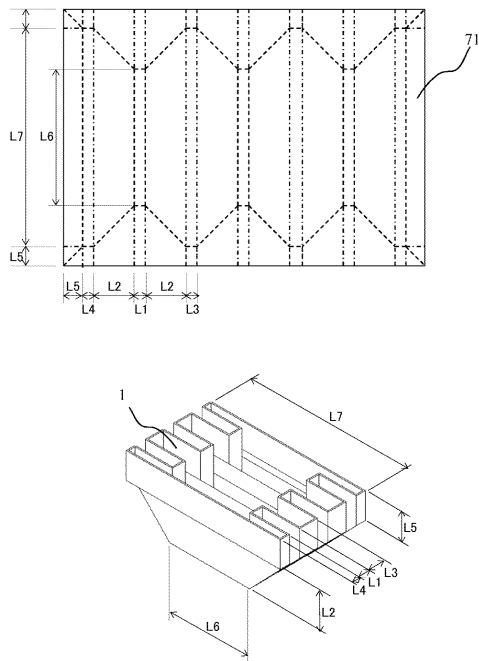
【図 6】

図6



【図 7】

図7



【図 8】

図8a

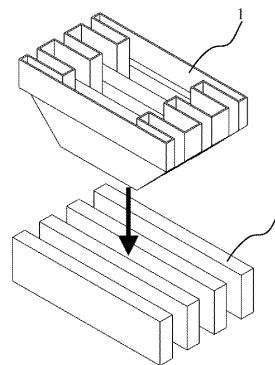
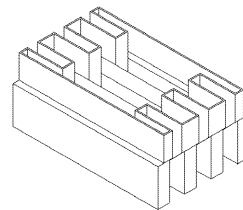
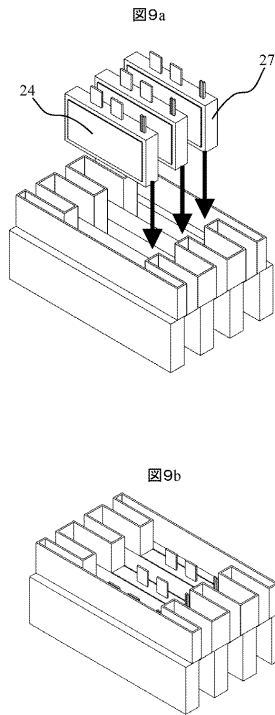


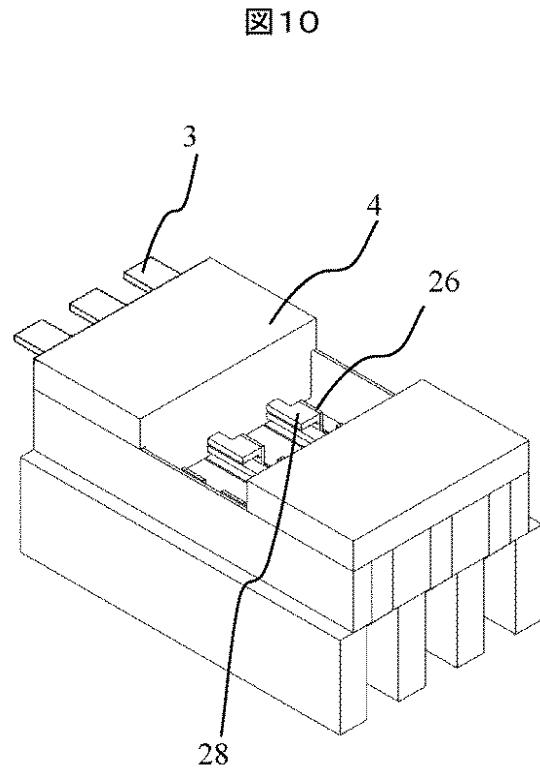
図8b



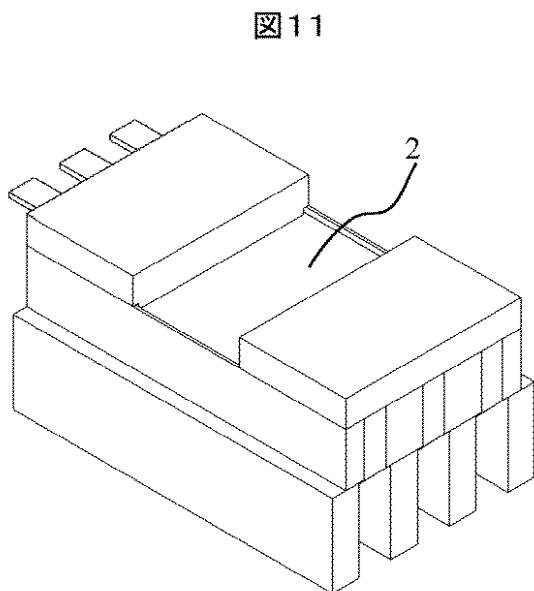
【図 9】



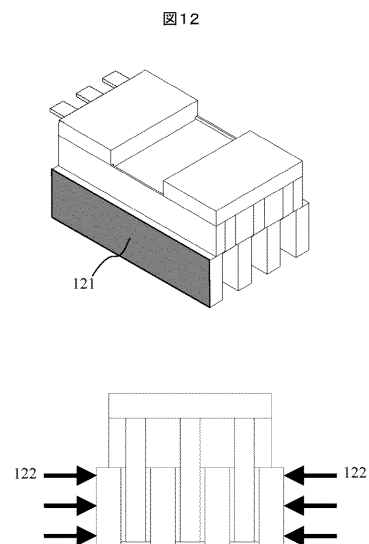
【図 10】



【図 11】

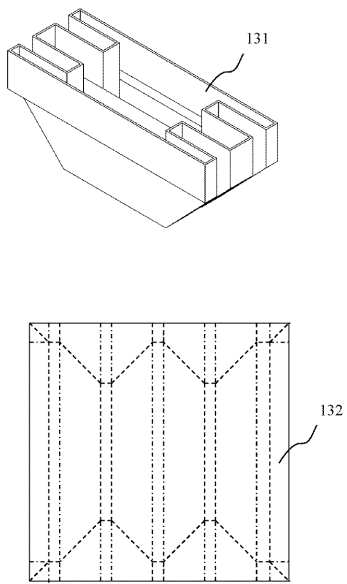


【図 12】



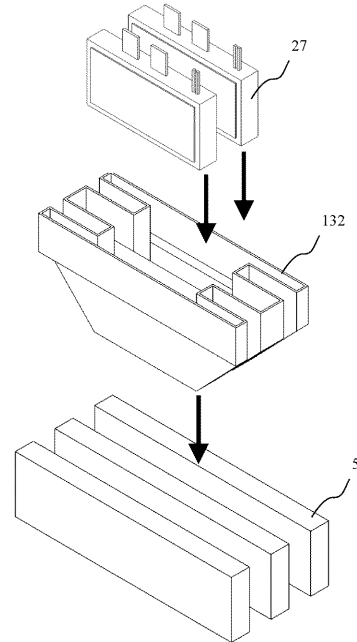
【図 13】

図13



【図 14】

図14



【図 15】

図15a

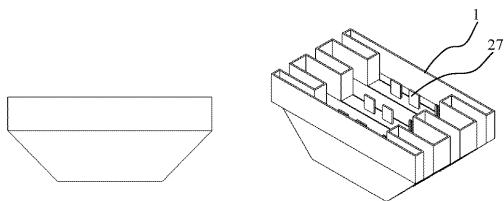


図15b

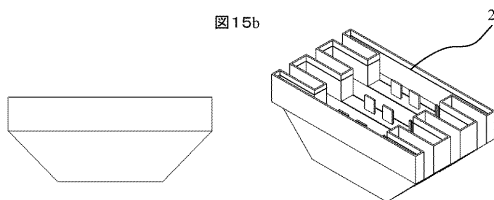
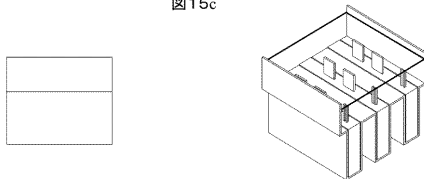
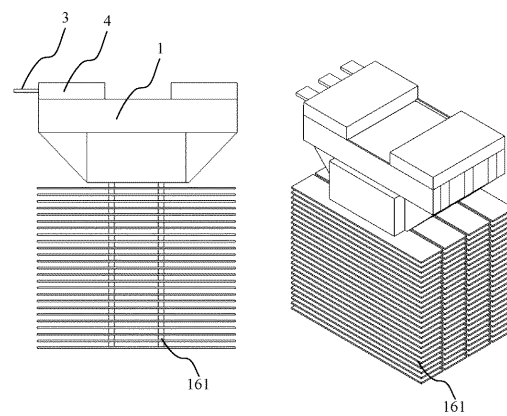


図15c



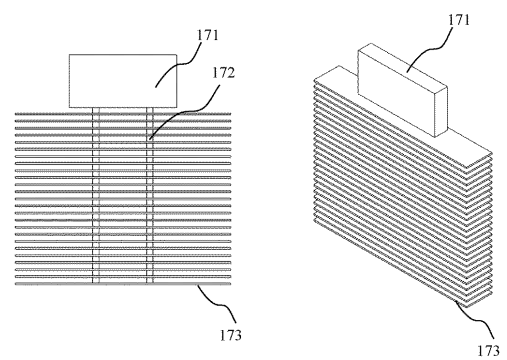
【図 16】

図16



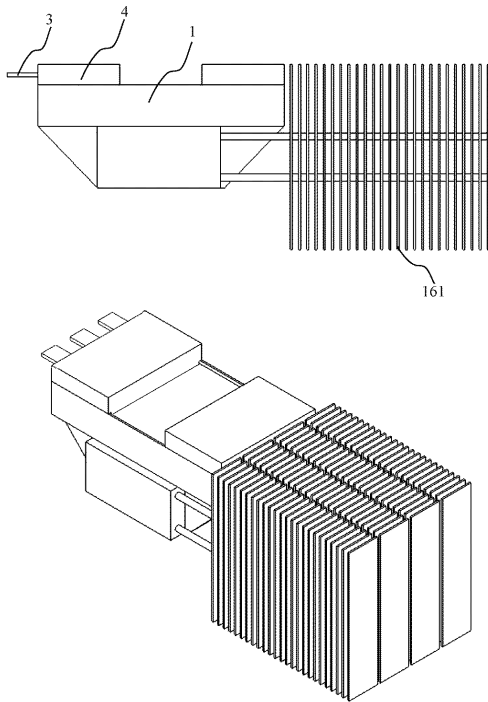
【図 17】

図17



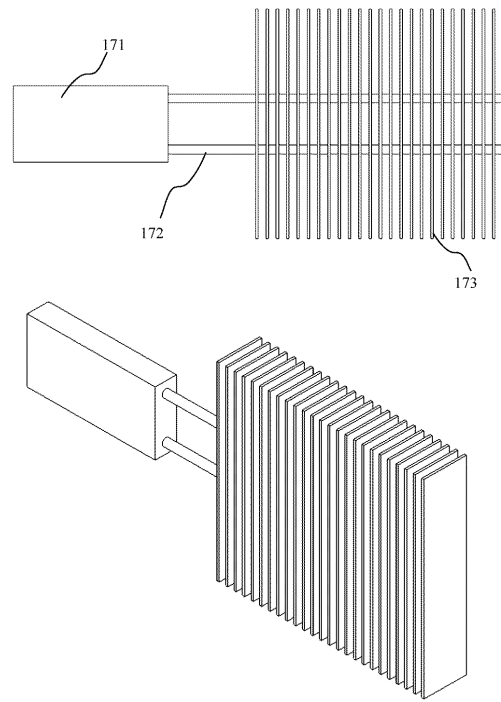
【図18】

図18



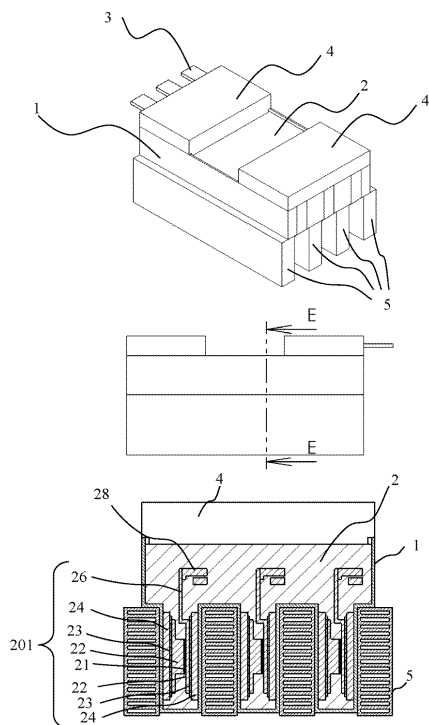
【図19】

図19



【図20】

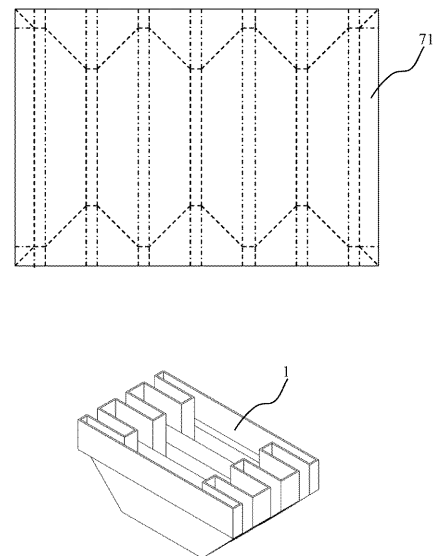
図20



断面図 E-E

【図21】

図21



【図 2 2】

図22a

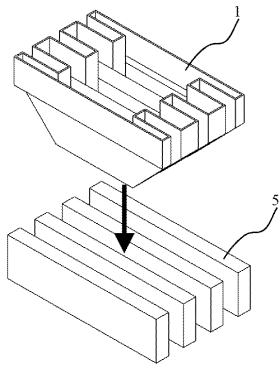
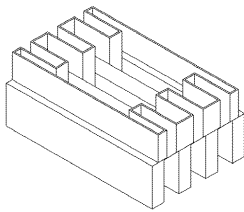


図22b



【図 2 3】

図23a

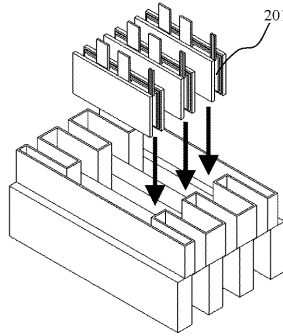
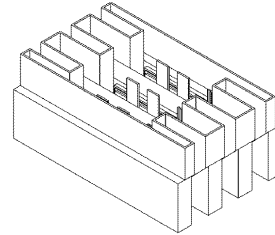
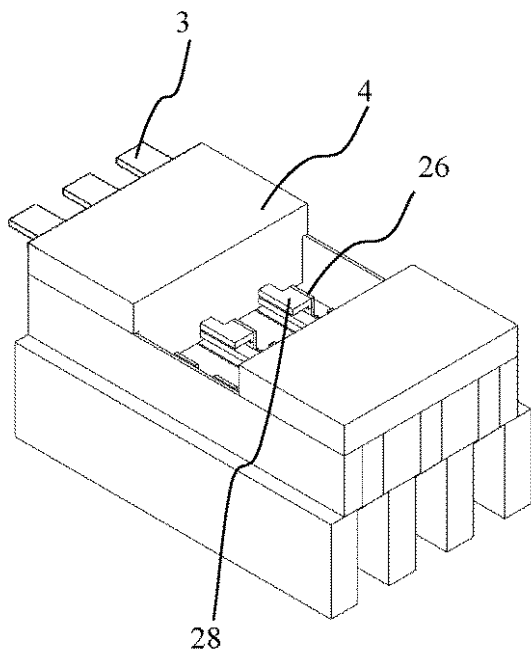


図23b



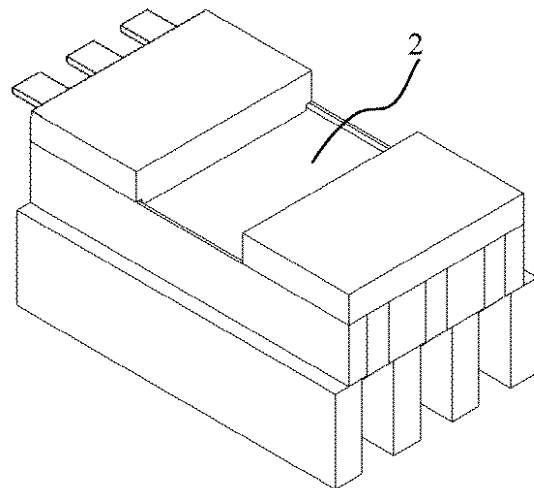
【図 2 4】

図24



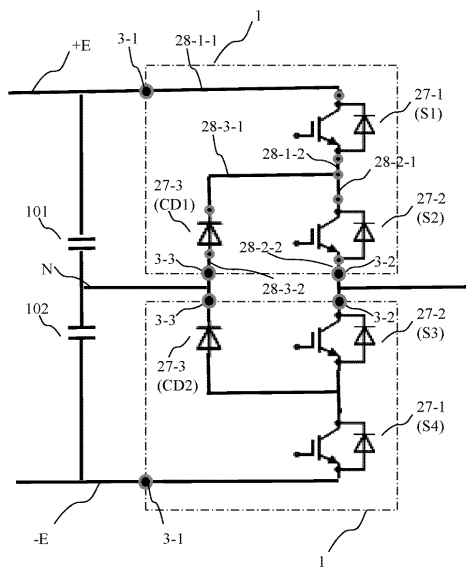
【図 2 5】

図25



【図 26】

図26



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 K 7/20 R

(72)発明者 西原 淳夫
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 木下 直哉

(56)参考文献 特開2005-237141(JP,A)
実開平05-031248(JP,U)
特開昭60-195956(JP,A)
特開2005-026627(JP,A)
特開2008-271770(JP,A)
米国特許第05823249(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 3 / 3 4 - 2 3 / 4 7 3
H 0 1 L 2 5 / 0 0 - 2 5 / 1 8
H 0 5 K 7 / 2 0