

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-5603

(P2021-5603A)

(43) 公開日 令和3年1月14日(2021.1.14)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
H O 1 L 25/07 (2006.01)		H O 1 L 25/04		C	5 F 1 3 6
H O 1 L 25/18 (2006.01)		H O 1 L 23/40		D	
H O 1 L 23/40 (2006.01)		H O 1 L 23/46		Z	
H O 1 L 23/473 (2006.01)					

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2019-117752 (P2019-117752)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	令和1年6月25日 (2019.6.25)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100106149
			弁理士 矢作 和行
		(74) 代理人	100121991
			弁理士 野々部 泰平
		(74) 代理人	100145595
			弁理士 久保 貴則
		(72) 発明者	林 宜宏
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	榊原 義彦
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
			社デンソー内
		Fターム(参考)	5F136 CB07 DA27 EA13 EA38 FA03

(54) 【発明の名称】 パワーモジュールおよびその製造方法

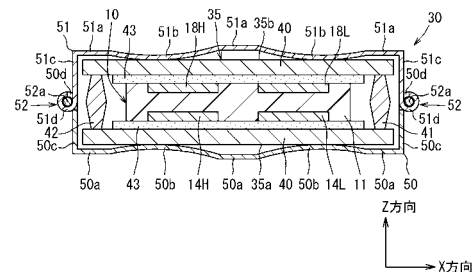
(57) 【要約】

【課題】 搭載性の高いパワーモジュールおよびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 パワーモジュール30において、半導体装置10は、冷却器40とともに積層体35をなしている。挟持部材50、51は、湾曲部50b、51bを有している。挟持部材50、51は、積層方向において積層体35を挟持しつつ、弾性変形の反力により積層体35を積層方向に加圧している。固定部52は、積層方向に直交する一方向において積層体35の両側で挟持部材50、51同士を固定し、挟持部材50、51による加圧状態を保持している。

【選択図】 図6

図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体素子（12H、12L）を含む半導体装置（10）と、
前記半導体装置に対して積層され、前記半導体装置とともに積層体（35）をなす冷却器（40）と、

少なくとも一方がばね部（50b、51b）を有し、積層方向において前記積層体を挟持しつつ、前記ばね部の弾性変形の反力により前記積層体を前記積層方向に加圧する一对の挟持部材（50、51）と、

前記積層方向に直交する一方向において前記積層体の両側で一对の前記挟持部材同士を固定し、前記挟持部材を加圧状態で保持する複数の固定部（52）と、
を備えるパワーモジュール。

10

【請求項 2】

前記固定部は、前記積層方向において前記積層体の一面と前記一面とは反対の裏面との間の位置に設けられている請求項 1 に記載のパワーモジュール。

【請求項 3】

一对の前記挟持部材のひとつは第 1 被挿通部（50d）を有し、他のひとつは第 2 被挿通部（51d）を有し、

前記加圧状態において、前記第 1 被挿通部および前記第 2 被挿通部は、前記積層方向および前記一方向に直交する方向に並んで配置され、

前記固定部は、並設された前記第 1 被挿通部および前記第 2 被挿通部を挿通する固定ピン（52a）を含んでいる請求項 2 に記載のパワーモジュール。

20

【請求項 4】

一对の前記挟持部材は、前記ばね部をそれぞれ含む請求項 1～3 いずれか 1 項に記載のパワーモジュール。

【請求項 5】

一对の前記挟持部材の対向領域に配置され、前記半導体装置および前記冷却器を一体的に封止する封止材（60）を、さらに備える請求項 1～4 いずれか 1 項に記載のパワーモジュール。

【請求項 6】

半導体素子（12H、12L）を含む半導体装置（10）と冷却器（40）とを積層して積層体（35）を形成し、

少なくとも一方がばね部（50b、51b）を有する一对の挟持部材（50、51）のひとつを、積層方向において前記積層体の一面側に配置し、他のひとつを前記一面とは反対の裏面側に配置して、前記積層体を挟持し、

前記挟持の状態を維持しつつ前記ばね部による前記積層体を前記積層方向に加圧する力を高めるように、前記ばね部を有する前記挟持部材の固定部位を前記積層方向と直交する一方向において前記積層体から遠ざかる側に変位させ、

変位させた状態の前記挟持部材を保持するように、前記一方向において前記積層体の両側で一对の前記挟持部材の固定部位同士を固定する、

パワーモジュールの製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この明細書における開示は、パワーモジュールおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、半導体素子を含む半導体装置と冷却器との積層体を備えたパワーモジュールを開示する。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2017-93272号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1は、積層体の加圧構造を提供する。特許文献1では、板ばね、支持ピン、加圧部材、およびケースを備える。支持ピンは、ケースに固定されており、板ばねを積層体とは反対側から支持する。板ばねは、加圧部材を介して、ケースの壁面との間で積層体を加圧する。上述の観点において、または言及されていない他の観点において、パワーモジュールにはさらなる改良が求められている。

10

【0005】

開示されるひとつの目的は、搭載性の高いパワーモジュールおよびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

ここに開示されたパワーモジュールは、

半導体素子（12H、12L）を含む半導体装置（10）と、

半導体装置に対して積層され、半導体装置とともに積層体（35）をなす冷却器（40）と、

20

少なくとも一方がばね部（50b、51b）を有し、積層方向において積層体を挟持しつつ、ばね部の弾性変形の反力により積層体を積層方向に加圧する一対の挟持部材（50、51）と、

積層方向に直交する一方向において積層体の両側で一対の挟持部材同士を固定し、挟持部材を加圧状態で保持する複数の固定部（52）と、を備える。

【0007】

開示されたパワーモジュールによると、一対の挟持部材により積層体に加圧される。挟持部材の加圧状態は、積層方向ではなく、一方向において積層体の両側に設けた固定部により保持される。この結果、搭載性の高いパワーモジュールを提供することができる。

【0008】

30

ここに開示されたパワーモジュールの製造方法は、

半導体素子（12H、12L）を含む半導体装置（10）と冷却器（40）とを積層して積層体（35）を形成し、

少なくとも一方がばね部（50b、51b）を有する一対の挟持部材（50、51）のひとつを、積層方向において積層体の一面側に配置し、他のひとつを一面とは反対の裏面側に配置して、積層体を挟持し、

挟持の状態を維持しつつばね部による積層体を積層方向に加圧する力を高めるように、ばね部を有する挟持部材の固定部位を積層方向と直交する一方向において積層体から遠ざかる側に変位させ、

変位させた状態の挟持部材を保持するように、一方向において積層体の両側で一対の挟持部材の固定部位同士を固定する。

40

【0009】

開示されたパワーモジュールの製造方法によると、ばね部を有する挟持部材の固定部位を一方向に変位させることで、ばね部による加圧力を高めることができる。そして、変位状態の固定部位同士を一方向の両側で固定することで、加圧力を高めた状態を保持することができる。この結果、搭載性の高いパワーモジュールを提供することができる。

【0010】

この明細書における開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに異なる技術的手段を採用する。請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態の部分との対応関係を例示的に示すものであって、技術的範囲を限定する

50

ことを意図するものではない。この明細書に開示される目的、特徴、および効果は、後続の詳細な説明、および添付の図面を参照することによってより明確になる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】第1実施形態に係るパワーモジュールの半導体装置が適用される電力変換装置の回路図である。

【図2】半導体装置の平面図である。

【図3】封止樹脂体の被覆部分の構造を示す平面図である。

【図4】図2のIV-IV線に沿う断面図である。

【図5】パワーモジュールを示す平面図である。

10

【図6】図5のVI-VI線に沿う断面図である。

【図7】パワーモジュールの製造方法を示す断面図である。

【図8】パワーモジュールの製造方法を示す断面図である。

【図9】パワーモジュールの製造方法を示す断面図である。

【図10】変形例を示す図である。

【図11】第2実施形態に係るパワーモジュールを示す断面図である。

【図12】電力変換装置を示す図である。

【図13】第3実施形態に係るパワーモジュールを示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

20

以下、図面に基づいて複数の実施形態を説明する。複数の実施形態において、機能的および／または構造的に対応する部分および／または関連付けられる部分には同一の参照符号が付される場合がある。対応する部分および／または関連付けられる部分については、他の実施形態の説明を参照することができる。

【0013】

(第1実施形態)

先ず、図1に基づき、パワーモジュールの半導体装置が適用される電力変換装置について説明する。

【0014】

<電力変換装置>

30

図1に示す電力変換装置1は、たとえば電気自動車やハイブリッド自動車に搭載される。電力変換装置1は、直流電源2とモータジェネレータ3との間で電力変換を行う。

【0015】

直流電源2は、リチウムイオン電池やニッケル水素電池などの充放電可能な二次電池である。モータジェネレータ3は、三相交流方式の回転電機である。モータジェネレータ3は、車両の走行駆動源、すなわち電動機として機能する。モータジェネレータ3は、回生時に発電機として機能する。

【0016】

電力変換装置1は、平滑コンデンサ4と、電力変換器であるインバータ5を備えている。平滑コンデンサ4の正極側端子は、直流電源2の高電位側の電極である正極に接続され、負極側端子は、直流電源2の低電位側の電極である負極に接続されている。インバータ5は、入力された直流電力を所定周波数の三相交流に変換し、モータジェネレータ3に出力する。インバータ5は、モータジェネレータ3により発電された交流電力を、直流電力に変換する。インバータ5は、DC-AC変換部である。

40

【0017】

インバータ5は、三相分の上下アーム回路6を備えて構成されている。各相の上下アーム回路6は、正極側の電源ラインである高電位電源ライン7と、負極側の電源ラインである低電位電源ライン8の間で、2つのアーム6H、6Lが直列に接続されてなる。各相の上下アーム回路6において、上アーム6Hと下アーム6Lの接続点は、モータジェネレータ3への出力ライン9に接続されている。

50

【0018】

本実施形態では、各アームを構成するスイッチング素子として、nチャネル型の絶縁ゲートバイポーラトランジスタ6i（以下、IGBT6iと示す）を採用している。IGBT6iのそれぞれには、還流用のダイオードであるFWD6dが逆並列に接続されている。一相分の上下アーム回路6は、2つのIGBT6iを有して構成されている。上アーム6Hにおいて、IGBT6iのコレクタ電極が、高電位電源ライン7に接続されている。下アーム6Lにおいて、IGBT6iのエミッタ電極が、低電位電源ライン8に接続されている。そして、上アーム6HにおけるIGBT6iのエミッタ電極と、下アーム6LにおけるIGBT6iのコレクタ電極が相互に接続されている。

【0019】

電力変換装置1は、上記した平滑コンデンサ4およびインバータ5に加えて、インバータ5とは別の電力変換器であるコンバータ、インバータ5やコンバータを構成するスイッチング素子の駆動回路などを備えてもよい。コンバータは、直流電圧を異なる値の直流電圧に変換するDC-DC変換部である。

【0020】

<半導体装置>

次に、図2、図3、および図4に基づき、半導体装置について説明する。図3では、封止樹脂体に覆われた部分を示すために、図2に対して封止樹脂体を除去した構造を示している。以下において、半導体素子の厚み方向をZ方向、Z方向に直交する一方向をX方向と示す。また、Z方向およびX方向の両方向に直交する方向をY方向と示す。特に断わりのない限り、上記したX方向およびY方向により規定されるXY面に沿う形状を平面形状とする。

【0021】

図2～図4に示すように、半導体装置10は、封止樹脂体11と、半導体素子12H、12Lと、ヒートシンク14H、14Lと、ターミナル16H、16Lと、ヒートシンク18H、18Lを備えている。さらに半導体装置10は、上アーム6Hと下アーム6Lとをつなぐ継手部29a～29cと、外部接続端子である主端子21～23および信号端子25を備えている。半導体装置10を構成する要素の一部について、符号末尾に上アーム6H側を示す「H」を付与し、下アーム6L側を示す「L」を付与している。

【0022】

封止樹脂体11は、半導体装置10を構成する他の要素の一部を封止している。他の要素の残りの部分は、封止樹脂体11の外に露出している。封止樹脂体11は、たとえばエポキシ系樹脂を材料とする。封止樹脂体11は、たとえばトランスファモールディングにより成形されている。本実施形態の封止樹脂体11は、平面略矩形状をなしている。封止樹脂体11は、Z方向において、一面11aと、一面11aと反対の裏面11bを有している。一面11aおよび裏面11bは、たとえば平坦面となっている。

【0023】

半導体素子12H、12Lは、封止樹脂体11により封止されている。半導体素子12H、12Lは、一相分の上下アーム回路6を構成する。半導体素子12Hの半導体基板には、上アーム6Hを構成するIGBT6iおよびFWD6dが形成されている。半導体素子12Lを構成する半導体基板には、下アーム6Lを構成するIGBT6iおよびFWD6dが形成されている。このように、半導体素子12H、12Lとして、RC（Reverse Conducting）-IGBTを採用している。半導体素子12H、12Lは、図示しないゲート電極を有している。ゲート電極は、たとえばトレンチ構造をなしている。

【0024】

半導体素子12H、12Lは、主電流が流れる主電極を、自身の厚み方向、すなわちZ方向の両面に有している。半導体素子12H、12Lは、主電極として、一面側にコレクタ電極12c、一面とは反対の面である裏面側にエミッタ電極12eをそれぞれ有している。コレクタ電極12cはFWD6dのカソード電極を兼ね、エミッタ電極12eはアノード電極を兼ねている。コレクタ電極12cは、一面のほぼ全域に形成されている。エミ

10

20

30

40

50

ッタ電極 12e は、裏面の一部に形成されている。図示を省略するが、裏面には、信号用の電極であるパッドも形成されている。半導体素子 12H、12L は、たとえばゲート電極用のパッドを含んでいる。

【0025】

ヒートシンク 14H は、はんだ 13H を介して、半導体素子 12H のコレクタ電極 12c に接続されている。ヒートシンク 14L は、はんだ 13L を介して、半導体素子 12L のコレクタ電極 12c に接続されている。ヒートシンク 14H、14L は、対応する半導体素子 12H、12L の熱を外部に放熱する放熱部材である。ヒートシンク 14H、14L は、対応する半導体素子 12H、12L のコレクタ電極 12c に電氣的に接続された配線部材である。ヒートシンク 14H、14L としては、たとえば Cu などを材料とする金属板、DBC (Direct Bonded Copper) 基板などを採用することができる。

10

【0026】

ヒートシンク 14H、14L は、Z 方向からの平面視において、対応する半導体素子 12H、12L を内包している。ヒートシンク 14H、14L において、それぞれの放熱面 14a は、封止樹脂体 11 から露出している。放熱面 14a は、半導体素子 12H、12L の実装面とは反対の面である。放熱面 14a は、封止樹脂体 11 の一面 11a と略面一となっている。ヒートシンク 14H、14L の放熱面 14a は、封止樹脂体 11 の一面 11a から露出されるとともに、互いに X 方向に並んでいる。

【0027】

ターミナル 16H は、はんだ 15H を介して、半導体素子 12H のエミッタ電極 12e に接続されている。ターミナル 16L は、はんだ 15L を介して、半導体素子 12L のエミッタ電極 12e に接続されている。ターミナル 16H、16L は、対応する半導体素子 12H、12L とヒートシンク 18H、18L との熱伝導、電気伝導経路の途中に位置する。ターミナル 16H、16L は、Cu などの金属材料を用いて形成されている。

20

【0028】

ヒートシンク 18H は、はんだ 17H を介して、ターミナル 16H に接続されている。ヒートシンク 18L は、はんだ 17L を介して、ターミナル 16L に接続されている。ヒートシンク 18H、18L は、対応する半導体素子 12H、12L の熱を外部に放熱する放熱部材である。ヒートシンク 18H、18L は、対応する半導体素子 12H、12L のエミッタ電極 12e に電氣的に接続された配線部材である。ヒートシンク 18H、18L としては、ヒートシンク 14H、14L 同様、金属板、DBC 基板などを採用することができる。

30

【0029】

ヒートシンク 18H、18L は、Z 方向からの平面視において、対応する半導体素子 12H、12L を内包している。ヒートシンク 18H、18L において、それぞれの放熱面 18a は、封止樹脂体 11 から露出している。放熱面 18a は、ターミナル 16H、16L の実装面とは反対の面である。放熱面 18a は、封止樹脂体 11 の裏面 11b と略面一となっている。ヒートシンク 18H、18L の放熱面 18a は、封止樹脂体 11 の裏面 11b から露出されるとともに、互いに X 方向に並んでいる。本実施形態では、ヒートシンク 18H、18L を共通部材としており、ヒートシンク 18H、18L の配置は Z 軸を回転軸とする 2 回対称となっている。

40

【0030】

継手部 19a は、ヒートシンク 14L に連なっている。継手部 19b は、ヒートシンク 18H に連なっている。継手部 19a は、はんだ 20 を介して継手部 19b に接続されている。継手部 19a、19b は、ヒートシンク 14L、18H を電氣的に接続する配線部である。継手部 19c は、ヒートシンク 18L に連なっている。継手部 19a、19c は、X 方向において半導体素子 12H 側に延びている。継手部 19b は、X 方向において半導体素子 12L 側に延びている。

【0031】

主端子 21 は、平滑コンデンサ 4 の正極端子と電氣的に接続される。主端子 22 は、平

50

滑コンデンサ 4 の負極端子と電氣的に接続される。このため、主端子 2 1 は P 端子、主端子 2 2 は N 端子と称されることがある。主端子 2 1 は、ヒートシンク 1 4 H に連なっている。主端子 2 1 は、ヒートシンク 1 4 H における Y 方向の一端に連なっている。主端子 2 1 は、Y 方向に延設され、封止樹脂体 1 1 の側面 1 1 c から外部に突出している。主端子 2 2 は、図示しないはんだを介して、継手部 1 9 c に接続されている。主端子 2 2 は、Y 方向に延設されて、主端子 2 1 と同じ側面 1 1 c から外部に突出している。

【0032】

主端子 2 3 は、上アーム 6 H と下アーム 6 L との接続点に接続されている。主端子 2 3 は、モータジェネレータ 3 の対応する相のコイルと電氣的に接続される。主端子 2 3 は、O 端子、交流端子とも称される。主端子 2 3 は、ヒートシンク 1 4 L に連なっている。主端子 2 3 は、Y 方向に延設され、主端子 2 1、2 2 と同じ側面 1 1 c から外部に突出している。なお、主端子 2 1、2 2、2 3 の側面 1 1 c からの突出長さは、図示しないバスバーなどとの接続構造、配線インダクタンスなどを考慮して、適宜設定されている。

【0033】

信号端子 2 5 は、対応する半導体素子 1 2 H、1 2 L のパッドに、ボンディングワイヤ 2 4 を介して電氣的に接続されている。信号端子 2 5 は、Y 方向に延設されており、封止樹脂体 1 1 において側面 1 1 d から外部に突出している。側面 1 1 d は、Y 方向において側面 1 1 c とは反対の面である。本実施形態では、半導体素子 1 2 H、1 2 L に対して信号端子 2 5 が 5 本ずつ設けられている。なお、符号 2 6 は、吊りリードを示している。ヒートシンク 1 4 H、1 4 L と、継手部 1 9 a と、主端子 2 1、2 2、2 3 と、信号端子 2 5 は、同一の金属板であるリードフレームに構成されている。信号端子 2 5 は、タイバーを介して吊りリード 2 6 に接続されている。タイバーなど、リードフレームの不要部分は、封止樹脂体 1 1 の成形後に除去されている。

【0034】

上記したように、半導体装置 1 0 では、封止樹脂体 1 1 によって一相分の上下アーム回路 6 を構成する 2 つの半導体素子 1 2 H、1 2 L が封止されている。このため、半導体装置 1 0 は、2 in 1 パッケージとも称される。封止樹脂体 1 1 は、半導体素子 1 2 H、1 2 L、ヒートシンク 1 4 H、1 4 L、1 8 H、1 8 L それぞれの一部、ターミナル 1 6 H、1 6 L、継手部 1 9 a ~ 1 9 c、主端子 2 1 ~ 2 3 および信号端子 2 5 それぞれの一部を、一体的に封止している。

【0035】

Z 方向において、半導体素子 1 2 H の両側に、ヒートシンク 1 4 H、1 8 H が配置されている。半導体素子 1 2 L の両側にヒートシンク 1 4 L、1 8 L が配置されている。これにより、半導体素子 1 2 H、1 2 L の熱を、Z 方向において両側に放熱することができる。半導体装置 1 0 は、両面放熱構造をなしている。ヒートシンク 1 4 H、1 4 L それぞれの放熱面 1 4 a は、封止樹脂体 1 1 の一面 1 1 a と略面一となっている。ヒートシンク 1 8 H、1 8 L それぞれの放熱面 1 8 a は、封止樹脂体 1 1 の裏面 1 1 b と略面一となっている。放熱面 1 4 a、1 8 a が露出面であるため、効果的に放熱することができる。

【0036】

<パワーモジュール>

次に、図 5 および図 6 に基づき、パワーモジュールについて説明する。図 5 および図 6 に示すように、パワーモジュール 3 0 は、上記した半導体装置 1 0 と、冷却器 4 0 と、一対の挟持部材 5 0、5 1 と、複数の固定部 5 2 を備えている。このパワーモジュール 3 0 は、ひとつの半導体装置 1 0 を備えている。パワーモジュール 3 0 は、半導体装置 1 0 の冷却構造を提供する。

【0037】

冷却器 4 0 は、半導体装置 1 0 に対して Z 方向に積層され、半導体装置 1 0 とともに積層体 3 5 を形成している。Z 方向が、積層方向に相当する。冷却器 4 0 は、半導体装置 1 0 のヒートシンク 1 4 H、1 4 L 側と、ヒートシンク 1 8 H、1 8 L 側に、それぞれ配置されている。冷却器 4 0 により、半導体装置 1 0 が挟まれている。冷却器 4 0 は、熱交換

部と称されることがある。冷却器 40 の内部には、冷媒が流通する流路が形成されている。

【0038】

冷却器 40 には、導入管 41 および排出管 42 が接続されている。導入管 41 および排出管 42 は、その内部に流路が形成された筒状の部材である。導入管 41 および排出管 42 は、Z 方向に延設されている。導入管 41 および排出管 42 は、Z 方向に伸縮可能に設けられたベローズである。冷却器 40 のそれぞれにおいて、X 方向の一端側に導入管 41 が接続され、他端側に排出管 42 が接続されている。冷却器 40 の流路と、導入管 41 および排出管 42 の流路は、一体的に連なっている。

【0039】

冷却器 40 のひとつである第 1 冷却器には、図示しない冷媒導入口および冷媒排出口が設けられている。冷媒導入口から導入された冷媒は、第 1 冷却器内の流路を流れ、冷媒排出口から外部へ排出される。冷媒導入口から導入された冷媒は、導入管 41 を通じて冷却器 40 の他のひとつである第 2 冷却器に供給され、第 2 冷却器内の流路を流れる。冷媒は、第 2 冷却器の流路から、排出管 42 および冷媒排出口を通じて外部へ排出される。たとえば、Y 方向から冷媒導入口に冷媒を導入、および／または、冷媒導入口から冷媒を排出してもよい。また、挟持部材 50、51 の少なくとも一方に設けた貫通部を通じて、冷媒導入口に冷媒を導入、および／または、冷媒導入口から冷媒を排出してもよい。貫通部とは、貫通孔や切り欠きである。

【0040】

なお、冷媒としては、水やアンモニアなどの相変化する冷媒や、エチレングリコール系などの相変化しない冷媒を用いることができる。冷却器 40 は、主として半導体装置 10 を冷却するものである。しかしながら、冷却機能に加えて、環境温度が低い場合に温める機能を持たせてもよい。この場合、冷却器 40 は温度調節器と称される。また、冷媒は熱媒体と称される。

【0041】

半導体装置 10 と冷却器 40 との間には、放熱ゲル 43 が介在している。放熱ゲル 43 に代えて、放熱グリスや放熱シートを用いてもよい。電気絶縁性を高めたい場合、放熱ゲル 43 などとともにセラミクス板を用いてもよい。

【0042】

挟持部材 50、51 は、基部 50a、51a と、湾曲部 50b、51b と、延設部 50c、51c と、被挿通部 50d、51d を有している。積層体 35 に対し、Z 方向の一端側に基部 50a が配置され、他端側に基部 51a が配置されている。湾曲部 50b、51b は、基部 50a、51a に対して局所的に設けられた凸部であり、積層体 35 側に突出している。湾曲部 50b、51b は、ZX 平面において R 形状（曲面形状）をなしている。湾曲部 50b、51b は、Y 方向において基部 50a、51a の一端から他端にわたって設けられた凸条である。

【0043】

挟持部材 50 は、湾曲部 50b において積層体 35 の一面 35a に接触している。挟持部材 51 は、湾曲部 51b において一面 35a とは反対の裏面 35b に接触している。湾曲部 50b、51b は、積層体 35 に対し、弾性変形による反力を付与している。基部 50a には、2 つの湾曲部 50b が、X 方向に並んで設けられている。基部 51a には、2 つの湾曲部 51b が、X 方向に並んで設けられている。湾曲部 50b、51b は基部 50a、51a の間に設けられている。基部 50a、51a と湾曲部 50b、51b とは、X 方向において交互に設けられている。湾曲部 50b、51b を 2 つずつ有することで、上アーム 6H 側と、下アーム 6L 側をそれぞれ加圧することができる。

【0044】

延設部 50c、51c は、基部 50a、51a に連なっている。延設部 50c は、基部 50a の X 方向両端にそれぞれ設けられている。延設部 51c は、基部 51a の X 方向両端にそれぞれ設けられている。延設部 50c、51c は、基部 50a、51a に対して屈

曲し、Z方向に延設されている。被挿通部50d、51dは、延設部50c、51cの先端に連なっている。被挿通部50d、51dは、固定ピン52aを挿通可能なように、延設部50c、51cに対して曲げ加工されている。被挿通部50d、51dは、片側に3箇所ずつ所定ピッチで設けられている。被挿通部50dが第1被挿通部に相当し、被挿通部51dが第2被挿通部に相当する。

【0045】

固定部52は、X方向において積層体35の両側で、挟持部材50、51同士を固定している。X方向において、固定部52の間に積層体35が位置している。X方向が、積層方向に直交する一方向に相当する。固定部52は、固定により、挟持部材50、51による積層体35の加圧状態を保持している。本実施形態では、固定部52が、固定ピン52aを含んで構成されている。パワーモジュール30は、2本の固定ピン52aを有している。

10

【0046】

加圧状態で、被挿通部50d、51dは、Y方向に並んで配置される。換言すれば、被挿通部50d、51dは、同軸上に配置される。本実施形態では、被挿通部50d、51dが交互に配置される。固定ピン52aは、Y方向に並んで配置された被挿通部50d、51dを挿通している。1つの固定ピン52aは、3つの被挿通部50dと3つの被挿通部51dを挿通している。固定ピン52aは、積層体35の一面35aと裏面35bとの間に位置に設けられている。固定ピン52aは、Z方向において積層体35の中央付近に設けられている。固定ピン52aの挿通により、Z方向およびX方向において挟持部材50、51が位置決めされている。

20

【0047】

＜パワーモジュールの製造方法＞

次に、図7、図8、および図9に基づき、パワーモジュール30の製造方法の一例について説明する。図7～図9は、図6に対応している。

【0048】

まず、積層体35を形成する。図7に示すように、半導体装置10と冷却器40とをZ方向に積層して、積層体35を形成する。このとき、冷却器40と半導体装置10との間に、放熱ゲル43を配置する。

【0049】

次いで、積層体35に対して挟持部材50、51を配置する。図7に示すように、積層体35の一面35a側に挟持部材50を配置し、裏面35b側に挟持部材51を配置する。この時点で、湾曲部50b、51bの先端が積層体35に接触し、挟持部材50、51により積層体35が挟持される。

30

【0050】

次いで、挟持状態を維持しつつ、外力の印加により挟持部材50、51を弾性変形させて、積層体35への加圧力を高める。外力の印加により、湾曲部50b、51bが弾性変形し、図8に示すように曲面のRが大きくなる。したがって、弾性変形の反力（図8中の白抜き矢印）により、積層体35をZ方向に加圧することができる。また、Rが大きくなることで、圧力のばらつきを抑制することができる。図8に示す破線は、外力を印加する前の状態、すなわち図7に示す状態の挟持部材50、51の位置を示している。湾曲部50b、51bのRが大きくなると、湾曲部50b、51bのX方向に沿う長さが長くなる。よって、外力印加前の状態に対し、被挿通部50d、51dがX方向において積層体35から遠ざかり、被挿通部50d、51dの対向距離が長くなる。

40

【0051】

したがって、挟持部材50、51の固定部位である被挿通部50d、51dを積層体35から遠ざかる方向に変位させることで、積層体35に対する加圧力を高めることができる。加圧力を高めることで、放熱ゲル43は、半導体装置10と冷却器40との間で圧縮され、厚みが薄くなる。これにより、半導体装置10と冷却器40との間の熱抵抗が小さくなる。湾曲部50b、51bのRが大きくなると、被挿通部50d、51dは、Z方向

50

において互いに近づく。本実施形態では、被挿通部 50 d、51 d が Y 方向において並ぶ位置、すなわち Y 方向からの平面視において被挿通部 50 d、51 d が互いに重なる位置まで変位させる。

【0052】

上記したように被挿通部 50 d、51 d を変位させるには、たとえば図 8 に実線矢印で示すように X 方向に外力を印加し、X 方向の両側に挟持部材 50、51 を引っ張るとよい。また、Z 方向に外力を印加して湾曲部 50 b、51 b を積層体 35 に押し付け、これにより湾曲部 50 b、51 b の R を大きくして、被挿通部 50 d、51 d を変位させてもよい。

【0053】

次いで、被挿通部 50 d、51 d を変位させた状態で、挟持部材 50、51 同士を固定する。両サイドの被挿通部 50 d、51 d に対して、Y 方向の一端側から固定ピン 52 a をそれぞれ通す。固定ピン 52 a が、Y 方向に並ぶ被挿通部 50 d、51 d を挿通することで、挟持部材 50、51 の Z 方向および X 方向の位置が保持される。よって、被挿通部 50 d、51 d の変位状態、すなわち湾曲部 50 b、51 b の弾性変形による加圧状態が保持される。このようにして、図 9 に示すように、挟持部材 50、51 の固定部 52 が形成される。なお、必要に応じて、かしめ、接合などを行い、Y 方向において被挿通部 50 d、51 d から固定ピン 52 a が抜けるのを防ぐようにしてもよい。

【0054】

＜第 1 実施形態のまとめ＞

この実施形態によると、一对の挟持部材 50、51 の少なくとも一方にばね部を設け、挟持部材 50、51 により積層体 35 を積層方向（Z 方向）に加圧する。このため、積層体 35 の加圧に、電力変換装置（たとえばインバータ 5）を構成するケースの壁部を用いなくてもよい。よって、Z 方向の体格を小型化することができる。たとえばケース内にパワーモジュール 30 を配置する構成において、配置自由度を向上できる。

【0055】

また、挟持部材 50、51 による加圧状態は、Z 方向ではなく、X 方向において積層体 35 の両サイドに設けた固定部 52 により保持される。よって、固定部を Z 方向に設ける構成に較べて、Z 方向の体格を小型化できる。たとえばケース内での配置スペースを小さくすることができる。挟持部材 50、51 同士を固定するため、配置自由度を向上することができる。

【0056】

以上より、搭載性の高いパワーモジュール 30 を提供することができる。なお、ばね部を、挟持部材 50、51 の一方のみに設けてもよい。たとえば、挟持部材 51 のみに湾曲部 51 b を設け、挟持部材 50 において湾曲部 50 b を排除した構成としてもよい。本実施形態では、ばね部として、挟持部材 50、51 に湾曲部 50 b、51 b を設けている。ばね機能を 2 つの挟持部材 50、51 に分散させるため、一方のみにばね部を設ける構成に較べて、積層体 35 に対する挟持部材 50、51 の組み付けが容易である。また、Z 方向の体格増大を抑制することが可能である。

【0057】

本実施形態では、固定部 52 を、積層方向において積層体 35 の一面 35 a と裏面 35 b との間の位置に設けている。固定部 52 が、Z 方向において積層体 35 よりも外側に飛び出していない。よって、Z 方向の体格をさらに小型化できる。すなわち、搭載性をより高めることができる。

【0058】

本実施形態では、固定ピン 52 a が挟持部材 50、51 の被挿通部 50 d、51 d を挿通することで固定部 52 が形成され、挟持部材 50、51 による加圧状態が保持される。よって、短時間で固定部 52 を形成することができる。すなわち、所定の加圧状態を形成すると、形成した加圧状態を直ちに保持することができる。また、かしめや接合などによって固定ピン 52 a を固定しない場合、固定ピン 52 a を被挿通部 50 d、51 d から引

10

20

30

40

50

き抜くことで、パワーモジュール 30 を分解することができる。よって、リペア性を向上することができる。

【0059】

上記したパワーモジュール 30 は、挟持部材 50、51 の固定部位（被挿通部 50 d、51 d）を X 方向に変位させ、この変位状態で挟持部材 50、51 同士を固定することで形成することができる。挟持部材 50、51 の固定部位を X 方向において積層体 35 から遠ざかる側に変位させると、ばね部（湾曲部 50 b、51 b）が弾性変形し、積層体 35 に対する加圧力を高めることができる。そして、上記のように変位させた固定部位同士を X 方向の両サイドでそれぞれ固定することで、加圧力を高めた状態を保持することができる。

10

【0060】

固定ピン 52 a により固定部 52 を形成する例を示したが、これに限定されない。たとえば締結によって固定部 52 を形成してもよい。図 10 に示す変形例では、ボルト 52 b およびナット 52 c によって固定部 52 が形成されている。ボルト 52 b が、挟持部材 50、51 の貫通孔 50 e、51 e を挿通した状態で、締結されている。リベットなどを用いてもよい。固定ピン 52 a、ボルト 52 b およびナット 52 c などの固定部材を用いてもよいし、かしめなどにより、固定部材を用いずに固定部 52 を形成してもよい。接合により固定部 52 を形成してもよい。

【0061】

（第 2 実施形態）

20

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

【0062】

この実施形態では、パワーモジュール 30 が、複数の半導体装置 10 を備えている。すなわち、半導体装置 10 が多層に配置されている。その一例を図 11 に示す。図 11 に示すパワーモジュール 30 は、三相分の上下アーム回路 6 を構成する 3 つの半導体装置 10 を備えている。よって、ひとつのパワーモジュール 30 により、インバータ 5 が構成される。複数の半導体装置 10 と複数の冷却器 40 は、積層方向である Z 方向において交互に配置されている。半導体装置 10 のそれぞれは、冷却器 40 によって挟まれている。

【0063】

＜第 2 実施形態のまとめ＞

30

この実施形態によると、複数の半導体装置 10 と複数の冷却器 40 を積層してなる積層体 35 を、一对の挟持部材 50、51 により加圧することができる。よって、Z 方向の体格をさらに小型化し、搭載性のより高いパワーモジュール 30 を提供することができる。

【0064】

図 12 は、電力変換装置 1 の一例を示している。ケース 80 内に、図 11 に示したパワーモジュール 30、平滑コンデンサ 4 などが収容されている。先行実施形態や本実施形態に示した構成によれば、ケース 80 におけるパワーモジュール 30 の配置自由度が高い。また、パワーモジュール 30 の配置スペースが小さい。よって、パワーモジュール 30 は、高い搭載性を有している。

40

【0065】

（第 3 実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。

【0066】

図 13 に示すように、この実施形態のパワーモジュール 30 は、封止材 60 をさらに備えている。封止材 60 は、挟持部材 50、51 の対向領域に配置されている。封止材 60 は、挟持部材 50、51 によって囲まれた領域内に充填されている。封止材 60 は、積層体 35 を構成する要素を一体的に封止している。封止材 60 としては、たとえばエポキシ樹脂を用いることができる。封止材 60 は、挟持部材 50、51 の Y 方向の一方の開口を

50

型により閉塞した状態で、ポッティング等により形成される。それ以外の構成は、図 1 1 と同じである。

【0067】

＜第3実施形態のまとめ＞

この実施形態によると、ケース 80 内に収容しなくても、積層体 35 を構成する要素が保護される。換言すれば、挟持部材 50、51 および封止材 60 が、積層体 35 を保護するケースとして機能する。よって、ケースを別途設けなくてもよい。構成を簡素化することができる。なお、封止材 60 を適用できる構成は、図 1 1 に示した例に限定されない。たとえば図 6 に示した構成にも適用できる。

【0068】

（他の実施形態）

この明細書および図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば開示は、実施形態において示された部品および／または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによって実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および／または要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および／または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内での全ての変更を含むものと解されるべきである。

【0069】

明細書および図面等における開示は、請求の範囲の記載によって限定されない。明細書および図面等における開示は、請求の範囲に記載された技術的思想を包含し、さらに請求の範囲に記載された技術的思想より多様で広範な技術的思想に及んでいる。よって、請求の範囲の記載に拘束されることなく、明細書および図面等の開示から、多様な技術的思想を抽出することができる。

【0070】

半導体装置 10 をインバータ 5 に適用する例を示したが、これに限定されない。たとえばコンバータに適用することもできる。また、インバータ 5 およびコンバータの両方に適用することもできる。冷却器 40 は、上記した例に限定されない。すなわち、内部の流路に冷媒が流れることで、半導体装置 10 を冷却できるものに限定されない。金属板などを冷却器としてもよい。

【0071】

半導体素子 12H、12L に、IGBT 6i と FWD 6d が形成される例を示したが、これに限定されない。同一アームを構成する IGBT 6i と FWD 6d とを、別チップとしてもよい。スイッチング素子として IGBT 6i の例を示したが、これに限定されない。たとえば MOSFET を採用することもできる。

【0072】

放熱面 14a、18a が、封止樹脂体 11 から露出される例を示したが、これに限定されない。放熱面 14a、18a の少なくとも一方が、封止樹脂体 11 によって覆われた構成としてもよい。放熱面 14a、18a が、封止樹脂体 11 とは別の図示しない絶縁部材によって覆われた構成としてもよい。半導体装置 10 が、ターミナル 16H、16L を備える例を示したが、これに限定されない。ターミナル 16H、16L に代えて、ヒートシンク 18H、18L に凸部を設けてもよい。

【0073】

半導体装置 10 が、一相分の上下アーム回路 6 を構成する 2 つの半導体素子 12H、12L を備える例を示したが、これに限定されない。ひとつのアームを構成する半導体素子のみを備えてもよい。また、三相分の上下アーム回路 6 を構成する半導体素子を備えてもよい。

10

20

30

40

50

【0074】

両面放熱構造の半導体装置10の例を示したが、これに限定されない。半導体素子に対してZ方向の一方の側のみにヒートシンクが配置された片面放熱構造の半導体装置にも適用できる。積層体35において、半導体装置10の両側に冷却器40を配置する例を示したが、これに限定されない。片側のみに冷却器40を配置してもよい。

【符号の説明】

【0075】

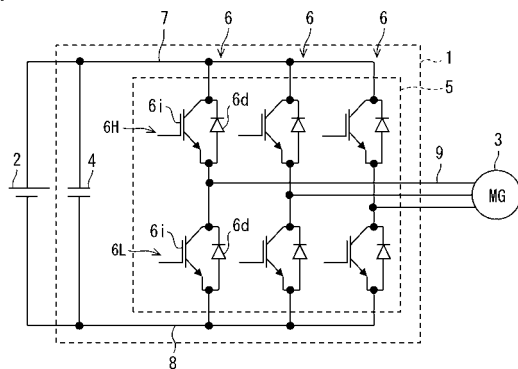
1…電力変換装置、2…直流電源、3…モータジェネレータ、4…平滑コンデンサ、5…インバータ、6…上下アーム回路、6H…上アーム、6L…下アーム、7…高電位電源ライン、8…低電位電源ライン、9…出力ライン、10…半導体装置、11…封止樹脂体、11a…一面、11b…裏面、11c、11d…側面、12H、12L…半導体素子、12c…コレクタ電極、12e…エミッタ電極、13H、13L…はんだ、14H、14L…ヒートシンク、14a…放熱面、15H、15L…はんだ、16…ターミナル、17H、17L…はんだ、18H、18L…ヒートシンク、19a、19b、19c…継手部、20…はんだ、21、22、23…主端子、24…ボンディングワイヤ、25…信号端子、26…吊りリード、30…パワーモジュール、35…積層体、35a…一面、35b…裏面、40…冷却器、41…導入管、42…排出管、43…放熱ゲル、50、51…挟持部材、50a、51a…基部、50b、51b…湾曲部、50c、51c…延設部、50d、51d…被挿通部、50e、51e…貫通孔、52…固定部、52a…固定ピン、52b…ボルト、52c…ナット、60…封止材、80…ケース

10

20

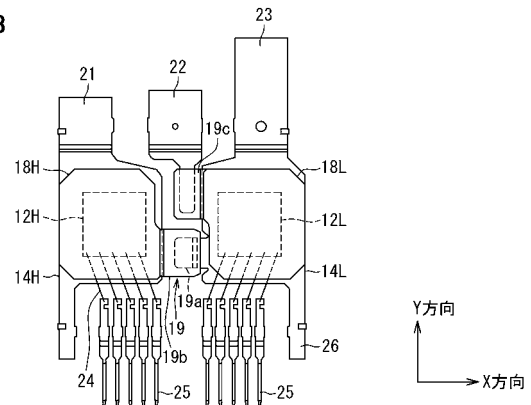
【図1】

図1



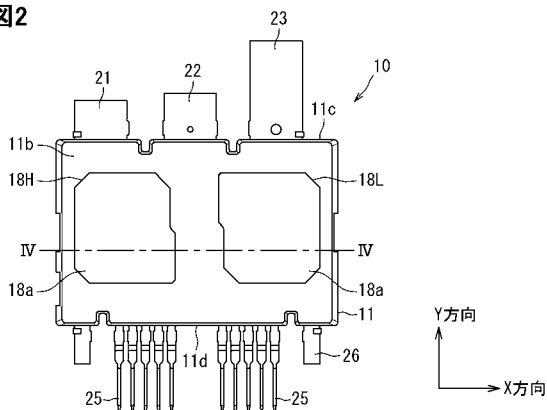
【図3】

図3



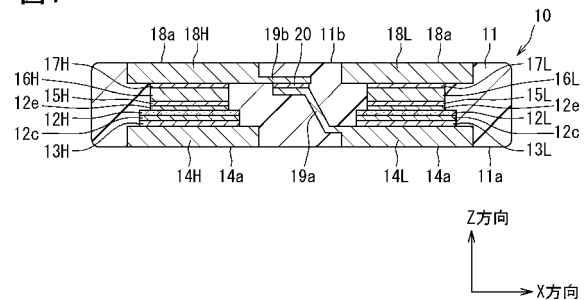
【図2】

図2



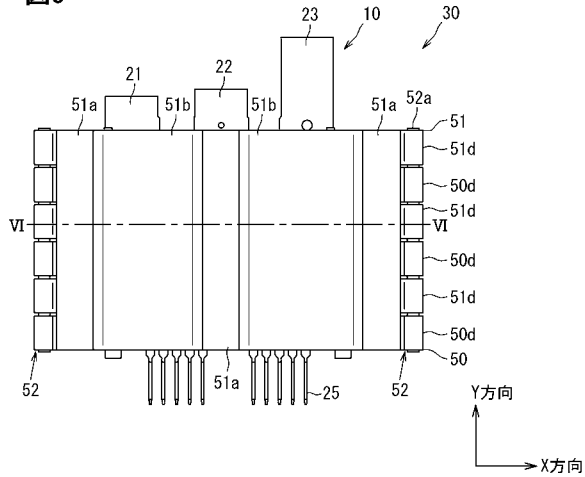
【図4】

図4



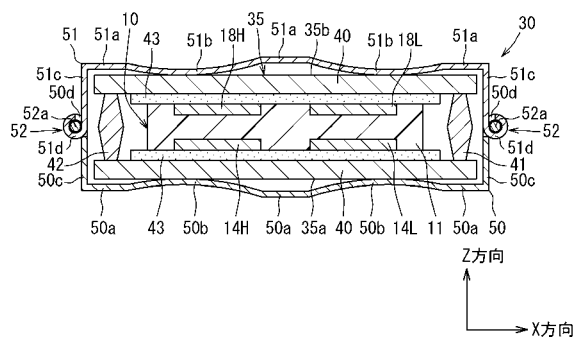
【図 5】

図5



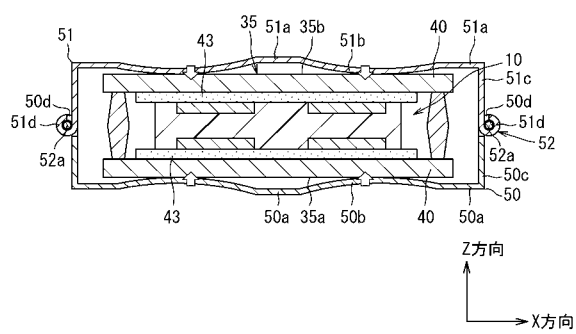
【図 6】

図6



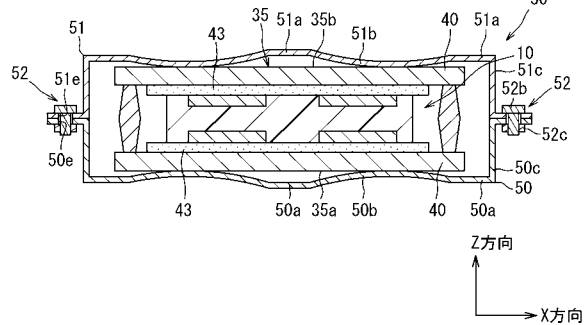
【図 9】

図9



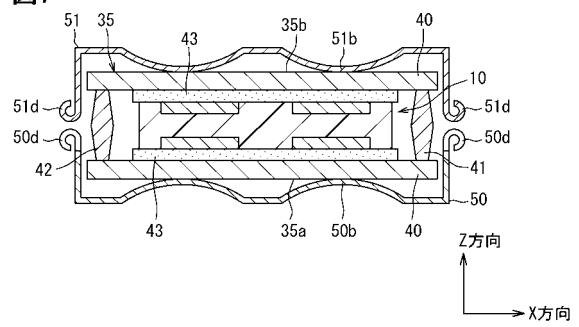
【図 10】

図10



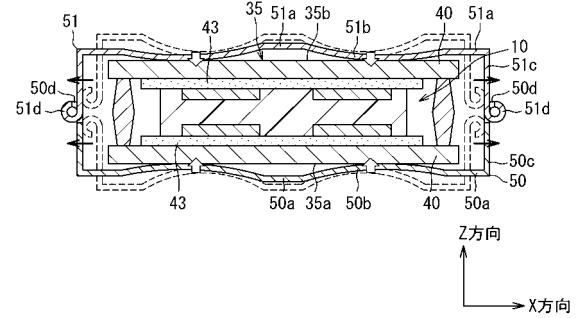
【図 7】

図7



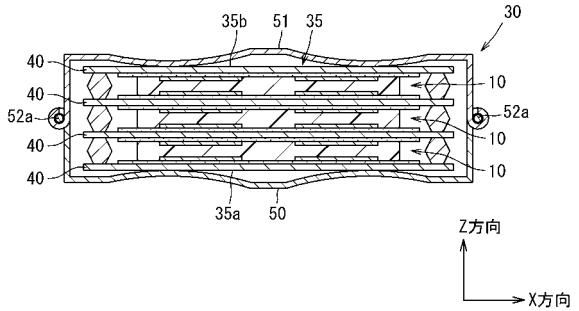
【図 8】

図8



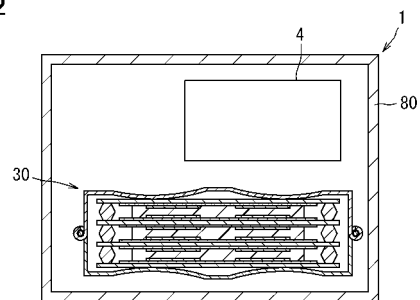
【図 11】

図11



【図 12】

図12



【図 13】

図13

