(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5489911号
(P5489911)

(45)発行日　平成26年5月14日(2014.5.14)　(24)登録日　平成26年3月7日(2014.3.7)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 23/427 (2006.01)　H01L 23/46 B
H01L 23/40 (2006.01)　H01L 23/40 E
H01L 25/07 (2006.01)　H01L 25/04 C
H01L 25/18 (2006.01)

請求項の数 11　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2010-182727 (P2010-182727)
(22)出願日　平成22年8月18日 (2010.8.18)
(65)公開番号　特開2012-43915 (P2012-43915A)
(43)公開日　平成24年3月1日 (2012.3.1)
審査請求日　平成25年3月15日 (2013.3.15)

(73)特許権者　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目７番３号
(74)代理人　100088672
弁理士　吉竹　英俊
(74)代理人　100088845
弁理士　有田　貴弘
(72)発明者　牛嶋　光一
福岡県福岡市西区今宿東一丁目１番１号
福菱セミコンエンジニアリング株式会社内

審査官　石野　忠志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体パワーモジュール

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、
一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、
前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、
前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、
前記第１領域において前記半導体素子周辺に配置され、当該半導体素子の配置位置を規制する第１絶縁板とを備え、
前記第１絶縁板は、前記第１または第２ヒートパイプに対し位置決めされる、
半導体パワーモジュール。
【請求項２】
表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、
一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、
前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、
前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続

された第２ヒートパイプと、
前記第２領域において、前記冷却フィンと前記第１および第２ヒートパイプとの間にそれぞれ配置され、前記冷却フィンの配置位置を規制する第２、第３絶縁板とを備え、
前記第２、第３絶縁板は、それぞれ前記第１および第２ヒートパイプに対し位置決めされる、
半導体パワーモジュール。
【請求項３】
表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、
一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、
前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、
前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、
前記半導体素子に接続される中継端子を誘導する中継端子ホルダ部とを備え、
前記中継端子ホルダ部は、前記第１領域の外端側において前記第１または第２ヒートパイプに固定される、
半導体パワーモジュール。
【請求項４】
前記第１絶縁板および前記第１、第２ヒートパイプは、それぞれ対応する第１嵌合部をさらに備える、
請求項１に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項５】
前記第２、第３絶縁板および前記第１、第２ヒートパイプは、それぞれ対応する第２嵌合部をさらに備える、
請求項２に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項６】
半導体パワーモジュールが、
前記第１領域において前記半導体素子周辺に配置され、当該半導体素子の配置位置を規制する第１絶縁板をさらに備え、
前記中継端子ホルダ部は前記第１絶縁板と一体として形成される、
請求項３に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項７】
前記第１、第２ヒートパイプは、内部の空洞に冷媒を備える、
請求項１から６のいずれか１項に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項８】
前記第１領域に配設され、前記半導体素子および前記第１、第２ヒートパイプを覆うケースをさらに備え、
前記半導体素子、前記第１、第２ヒートパイプおよび前記ケースの組立体は、導電性接合材を用いずに、互いの嵌合構造および被嵌合構造を用いて実現される、
請求項１から７のいずれか１項に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項９】
前記第２ヒートパイプ上に配置された別の半導体素子および別の冷却フィンと、
前記別の半導体素子および前記別の冷却フィンを前記第２ヒートパイプとで挟み込む第３ヒートパイプとをさらに備える、
請求項１から８のいずれか１項に記載の半導体パワーモジュール。
【請求項１０】
請求項１から９のいずれか１項に記載の複数個の半導体パワーモジュールと、
前記複数個の半導体パワーモジュールを一体に締結する締結具とを備える、
半導体パワーモジュール。

【請求項１１】
前記第２領域の厚みは、前記第１領域の厚みよりも大きく、
前記第１、第２ヒートパイプの少なくとも一方は、前記第１領域から前記第２領域にかけて斜めに傾斜した面を有する段差形状である、
請求項１から１０のいずれか１項に記載の半導体パワーモジュール。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は半導体パワーモジュールに関し、特に、電力制御機器等に使用されるＭＯＳＦＥＴ（Ｍｅｔａｌ－Ｏｘｉｄｅ－Ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ　Ｆｉｅｌｄ－Ｅｆｆｅｃｔ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）、バイポーラトランジスタ、ＩＧＢＴ（Ｉｎｓｕｌａｔｅｄ　Ｇａｔｅ　Ｂｉｐｏｌａｒ　Ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）等の放熱構造に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来の半導体パワーモジュールは、能動素子（ＩＧＢＴ等）と受動素子（ＦｗＤｉ：フライホイールダイオード）とがアルミワイヤーで接続され、能動素子には制御信号の中継端子がアルミワイヤーを介して接続され、受動素子にはエミッタ電極板がアルミワイヤーを介して接続され、能動素子、受動素子下にアルミパターンが配置され、さらにその下に絶縁基板を介してヒートスプレッダが配置され、さらにその下に冷却フィンが配置される。アルミパターンには、コレクタ電極板がアルミワイヤーを介して接続され、エミッタ電極板、コレクタ電極板にはそれぞれ外部ブスバーが接続されている。
【０００３】
能動素子、受動素子において発せられた熱は、ヒートスプレッダを介して冷却フィンによって放熱される。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００６－１３４９９０号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記の構造に対し、特許文献１のような、金属バーを半導体素子の上下両面に配置された電極に接続し、発熱部の熱交換効率を向上させた構造が考案されている。また、金属バーは薄板状のヒートパイプであってもよいとされている。
【０００６】
しかしこのような構造を用いた場合でも、高出力を行うためには放熱は十分ではなく、そのような場合でもモジュール自体を大きくすることなく十分な放熱性能を実現することは困難であった。
【０００７】
本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであり、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を有する半導体パワーモジュールを提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明の一態様に関する半導体パワーモジュールは、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他

方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記第１領域において前記半導体素子周辺に配置され、当該半導体素子の配置位置を規制する第１絶縁板とを備え、前記第１絶縁板は、前記第１または第２ヒートパイプに対し位置決めされる。

本発明の別の態様に関する半導体パワーモジュールは、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記第２領域において、前記冷却フィンと前記第１および第２ヒートパイプとの間にそれぞれ配置され、前記冷却フィンの配置位置を規制する第２、第３絶縁板とを備え、前記第２、第３絶縁板は、それぞれ前記第１および第２ヒートパイプに対し位置決めされる。

本発明の別の態様に関する半導体パワーモジュールは、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記半導体素子に接続される中継端子を誘導する中継端子ホルダ部とを備え、前記中継端子ホルダ部は、前記第１領域の外端側において前記第１または第２ヒートパイプに固定される。

【発明の効果】

【０００９】

本発明の一態様に関する半導体パワーモジュールによれば、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記第１領域において前記半導体素子周辺に配置され、当該半導体素子の配置位置を規制する第１絶縁板とを備え、前記第１絶縁板は、前記第１または第２ヒートパイプに対し位置決めされることにより、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することが可能となる。

本発明の別の態様に関する半導体パワーモジュールによれば、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記第２領域において、前記冷却フィンと前記第１および第２ヒートパイプとの間にそれぞれ配置され、前記冷却フィンの配置位置を規制する第２、第３絶縁板とを備え、前記第２、第３絶縁板は、それぞれ前記第１および第２ヒートパイプに対し位置決めされることにより、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することが可能となる。

本発明の別の態様に関する半導体パワーモジュールによれば、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子と、一端側に前記半導体素子が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された前記半導体素子の前記第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプと、前記第１ヒートパイプの他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィンと、前記第１ヒートパイプ上に配置された前記半導体素子および

前記冷却フィンを前記第１ヒートパイプとで挟み込み、前記半導体素子の前記第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプと、前記半導体素子に接続される中継端子を誘導する中継端子ホルダ部とを備え、前記中継端子ホルダ部は、前記第１領域の外端側において前記第１または第２ヒートパイプに固定されることにより、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】実施の形態１にかかる半導体パワーモジュールの組立図である。

【図２】実施の形態１にかかる半導体パワーモジュールの組立後の断面図である。

【図３】実施の形態１にかかる半導体パワーモジュールの完成図である。

【図４】実施の形態２にかかる半導体パワーモジュールの組立後の断面図である。

【図５】実施の形態２にかかる半導体パワーモジュールの完成図である。

【図６】実施の形態３にかかる半導体パワーモジュールの組立図である。

【図７】実施の形態３にかかる半導体パワーモジュールの完成図である。

【図８】実施の形態３にかかる半導体パワーモジュールの完成図である。

【図９】前提技術としての半導体パワーモジュールの概要図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本発明の前提技術としての半導体パワーモジュールは、図９にその概要を示すように、能動素子２０１（ＩＧＢＴ等）と受動素子２０２（ＦｗＤｉ）とがアルミワイヤー２０３で接続され、能動素子２０１には制御信号の中継端子２１０がアルミワイヤー２０３を介して接続され、受動素子２０２にはエミッタ電極板２０７がアルミワイヤー２０３を介して接続され、能動素子２０１、受動素子２０２下にアルミパターン２０４が配置され、さらにその下に絶縁基板２０５を介してヒートスプレッダ２１１が配置され、さらにその下に冷却フィン２０９が配置される。アルミパターン２０４には、コレクタ電極板２０６がアルミワイヤー２０３を介して接続され、エミッタ電極板２０７、コレクタ電極板２０６にはそれぞれ外部ブスバー２０８が接続されている。

【００１２】

このような構造において、能動素子２０１、受動素子２０２において発せられた熱は、ヒートスプレッダ２１１を介して冷却フィン２０９によって放熱される。

【００１３】

また、特許文献１に示すような、半導体素子を金属板で上下から挟み込む構造も開示されていた。

【００１４】

しかしこれらの構造であっても、高出力の半導体パワーモジュールにとって放熱効率は十分とは言えず、さらなる放熱性能の向上が望まれる。以下の実施の形態では、そのような要求を満たしうる、さらに放熱効率を高めた半導体パワーモジュールを示す。

【００１５】

＜Ａ．実施の形態１＞

＜Ａ－１．構成＞

図１は、本発明にかかる半導体パワーモジュール（１ｉｎ１回路モジュール）の組立図であり、図２は、その組立後の断面図である。以下、図１、２を用いて説明する。

【００１６】

図１、２に示すように半導体パワーモジュールは、発熱体である能動素子７と受動素子６とがヒートパイプ１上に絶縁に必要な高さと面積を持つように形成された平面突起４に合わせて配置され、その上に、絶縁板１１が能動素子７、受動素子６が配置される領域を避けて、すなわち能動素子７、受動素子６の周辺に備えられる。ここで半導体素子としての能動素子７、受動素子６は、表面に第１電極、裏面に第２電極（ともに図示せず）が形成されており、当該第１電極、第２電極を介して、ヒートパイプ１、後述のヒートパイプ２０と電気的に接続されるものである。絶縁板１１は、硬質の樹脂モールド等の絶縁体で

ある。平面突起４および後述する平面突起２２の高さは、並列する能動素子７、受動素子６の厚みの差を吸収することもでき、絶縁板１１は能動素子７、受動素子６の配置位置を規制する。ここで、能動素子７、受動素子６がヒートパイプ１上に配置された位置を含む領域を第１領域とする。

【００１７】

ヒートパイプ１と絶縁板１１とには、例えば位置決め突起３とそれに対応する位置決め穴１２とを備えることができ、互いの位置関係を固定することができる。絶縁板１１の能動素子７側の外側には中継端子ホルダ部９が備えられ、中継端子ホルダ部９を介して中継端子８が能動素子７の制御信号パッド（図示せず）へ誘導され、直接接続される。中継端子ホルダ部９は絶縁板１１を介してヒートパイプ１またはヒートパイプ２０に固定されているが、中継端子ホルダ部９と絶縁板１１とは別体としてもよく、これにより素子の位置決めと中継端子８の接続とを別工程で実施できるため、組立性を向上することができる。

【００１８】

中継端子８は、能動素子７の制御信号パッドとの接触部分を丸く突起させることにより、能動素子７との接点の劣化を防ぐ。また中継端子８には弾性のある導電性の金属を用い、中継端子８の能動素子７との接点高さを能動素子７上面より若干低くなる高さとすることにより、中継端子８の弾性にて安定的に接点の接触が得られる。

【００１９】

また、中継端子８と能動素子７を、ワイヤーボンドや半田付けにて接続することもできる。能動素子７の半田付けの際にヒートパイプ１、ヒートパイプ２０が過加熱される場合は、アセンブリ完了後にヒートパイプ１、ヒートパイプ２０内に後述の冷媒を封入する方法で、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０への過加熱を回避できる。

【００２０】

図に示す場合では、ヒートパイプ１の側面には固定突起５が備えられ、固定突起５に備えられた位置決め突起１０を用いて位置決めされ、同様に備えられた穴にネジ２３が通され、ヒートパイプ１と絶縁板１１とが固定される。

【００２１】

ヒートパイプ１は受動素子６側の延長上で下方に屈曲しており、屈曲した領域上に絶縁板１３が備えられる。ヒートパイプ１の屈曲した領域と絶縁板１３とには、例えば位置決め穴２とそれに対応する位置決め突起１４とを備えることが可能であり、互いの位置関係を固定することができる。絶縁板１３上、すなわちヒートパイプ１上の第１領域に対する他端側に対応する第２領域には冷却フィン１５が備えられ、この冷却フィン１５と絶縁板１３とにも、例えば位置決め穴１６とそれに対応する位置決め突起１４とを備えることが可能であり、互いの位置関係を固定することができる。

【００２２】

図においては、冷却フィン１５上にも同様に絶縁板１７が位置決め穴１６、位置決め突起１８を介して備えられ、さらにその上に、ヒートパイプ２０が、ヒートパイプ１と鏡対称となるように屈曲して位置決め穴１９、位置決め突起１８を介して絶縁板１７との位置関係を固定されて備えられている。冷却フィン１５をヒートパイプ１、ヒートパイプ２０で挟み込むような構造となる。

【００２３】

ヒートパイプ２０は、能動素子７、受動素子６上に絶縁に必要な高さと面積を持つように形成した平面突起２２を配置して位置決め突起２１、位置決め穴１２を介して覆いかぶさるように備えられる。

【００２４】

さらに能動素子７、受動素子６が配置される領域をガタなく覆うようにケース２４が備えられる。ケース２４は樹脂等からなる硬質絶縁体であり、ケース２４に備えられた位置決め穴３２と、ヒートパイプ１に対応して備えられた位置決め突起３１とを合わせ、その弾性により締結を安定化させる押さえバネ３０、平面突起２９、樹脂等からなる硬質絶縁体のフタ２７を順に乗せてネジ２８で固定することができる。また、側面からは、貫通穴

３３に中継端子８を通して樹脂等からなる硬質絶縁体のフタ２５を合わせ、ネジ２６で固定する。能動素子７、受動素子６、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０、ケース２４の組立体は、導電性接合材なしに実現することが可能である。図２に示すように、ケース２４で覆った領域を受熱部５２、冷却フィン１５を覆った領域を放熱部５３とする。

【００２５】

ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は導電性の材質であり、平面な表面を有する。内部は空洞であり、冷媒が封入されている。尚、低出力、低発熱の半導体パワーモジュールである場合、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０の片方または両方を、上記の空洞、冷媒等を備えていない通常の導体に置き換えても良い。冷媒は、受熱部５２で気化し、放熱部５３で液化することで熱交換を行う。ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、気化熱冷却構造となっている。

【００２６】

またヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、絶縁板１１と冷却フィン１５の隙間（図２のＡ）での絶縁沿面距離を確保し、かつ冷却フィン１５および絶縁板１３、絶縁板１７の厚みを吸収するため、放熱部５３付近にてヒートパイプ１、ヒートパイプ２０間の距離が大きくなる方向（互いに離れる方向）に屈曲した段差形状を持つ。すなわち、能動素子７、受動素子６が配置された位置を含む領域である第１領域よりも、第１領域に対応する他端の第２領域が厚みが厚くなる。このように形成することで、モジュールの大きさが増大することを抑制しつつ絶縁性を確保できる。なお、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０のいずれか一方が屈曲した形状であってもよい。

【００２７】

絶縁板１１の厚さは、能動素子７、受動素子６の接合部分の絶縁沿面距離を確保し、且つ、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０で絶縁板１１を挟んだとき、能動素子７、受動素子６の接合部分の隙間の高さと一致する厚さとする。またヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、端部に外部配線接続のためのネジ穴３４、ネジ穴３５を有する。

【００２８】

受動素子６、能動素子７は、あらかじめヒートパイプ１の平面突起４上に配置し、その上から絶縁板１１をかぶせる。これにより、受動素子６、能動素子７を半田付けしない場合でも、位置決め突起３、位置決め穴１２により、水平方向の位置ずれを抑制できる。

【００２９】

絶縁板１３、絶縁板１７は、例えば高熱伝導率のセラミック等でできた薄板であり、成型または接着により上下両面に位置決め突起１４、位置決め突起１８を有し、熱伝導グリース（図示なし）を介してヒートパイプ１、ヒートパイプ２０と冷却フィン１５とに密着する。

【００３０】

冷却フィン１５は例えば高熱伝導率の金属からなり、内部の冷媒流路にフィン状の突起を有することにより放熱効果を高めることができる。冷却フィン１５は、両開口部に嵌合構造を持ち、隣り合う同じフィン構造と接続可能とする。また、嵌合構造は、パッキンやＯリング等にて液体冷媒がもれない構造となっている。

【００３１】

ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０間に挟まれる絶縁板１１、絶縁板１３、絶縁板１７及び冷却フィン１５は全て、位置決め突起３、位置決め突起１４、位置決め突起１８、位置決め突起２１及び位置決め穴２、位置決め穴１２、位置決め穴１６、位置決め穴１９により互いに位置決めされることにより、位置ずれ発生を防止できる。

【００３２】

構造全体で半田等の導電性の接合材を使用しないで組み立てることができることにより、製造コストを下げ、半田クラック等による信頼性低下を防止する効果がある。

【００３３】

ただ、受動素子６と能動素子７をヒートパイプ１、ヒートパイプ２０に半田付けし、中継端子８と能動素子７の接点を半田付けした場合には、ケース２４、フタ２５、フタ２７

の代わりに樹脂モールドにて一体化することもできる。

【００３４】

図３は、本発明にかかる半導体パワーモジュール（１ｉｎ１回路モジュール）の完成図である。放熱部５３を覆うケース２４等には、ケース同士を締結する後述のモジュール締結金具１０９、モジュール締結金具１１５（図６参照）を挿入する締結溝１５４を設ける。締結溝１５４は、放熱部５３を覆うケース２４、フタ２７の表面に設けることによりモジュール同士を任意の順に締結できる。

【００３５】

＜Ａ－２．効果＞

本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、表面に第１電極、裏面に第２電極が形成された半導体素子としての能動素子７、受動素子６と、一端側に能動素子７、受動素子６が配置される第１領域が規定され、当該第１領域に配置された能動素子７、受動素子６の第１、第２電極の一方と電気的に接続される第１ヒートパイプとしてのヒートパイプ１と、ヒートパイプ１の他端側に規定される第２領域に配置された冷却フィン１５と、ヒートパイプ１上に配置された能動素子７、受動素子６および冷却フィン１５をヒートパイプ１とで挟み込み、能動素子７、受動素子６の第１、第２電極の他方と電気的に接続された第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ２０とを備えることで、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することが可能となる。

【００３６】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第１領域において半導体素子としての能動素子７、受動素子６周辺に配置され、当該能動素子７、受動素子６の配置位置を規制する第１絶縁板としての絶縁板１１をさらに備え、絶縁板１１は、第１または第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０に対し位置決めされることで、位置ずれの発生が抑制され、信頼性が向上する。なお、このように位置決めされた絶縁板１１が備えられない場合であっても、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００３７】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第１絶縁板としての絶縁板１１および第１、第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、それぞれ対応する第１嵌合部としての位置決め突起３、位置決め穴１２、位置決め突起２１をさらに備えることで、位置ずれの発生が抑制され、信頼性が向上する。なお、このような第１嵌合部が備えられない場合であっても、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０および絶縁板１１の位置関係が固定されればよく、またそのような固定がされない場合でも、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００３８】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第２領域において、冷却フィン１５と第１および第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０との間にそれぞれ配置され、冷却フィン１５の配置位置を規制する第２、第３絶縁板としての絶縁板１３、絶縁板１７をさらに備え、絶縁板１３、絶縁板１７は、それぞれヒートパイプ１、ヒートパイプ２０に対し位置決めされることで、位置ずれの発生が抑制され、信頼性が向上する。なお、このように位置決めされた絶縁板１３、絶縁板１７が備えられない場合であっても、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００３９】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第２、第３絶縁板としての絶縁板１３、絶縁板１７および第１および第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、それぞれ対応する第２嵌合部としての位置決め穴２、位置決め突起１４、位置決め穴１６、位置決め突起１８、位置決め穴１９をさらに備えることで、位置ずれの発生が抑制され、信頼性が向上する。なお、このような第２嵌

合部が備えられない場合であっても、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０および絶縁板１３、絶縁板１７の位置関係が固定されればよく、またそのような固定がされない場合でも、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００４０】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、半導体素子としての能動素子７、受動素子６に接続される中継端子８を誘導する中継端子ホルダ部９をさらに備え、中継端子ホルダ部９は、第１領域の外端側において第１または第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０に固定されることで、中継端子８が中継端子ホルダ部９を介して能動素子７に安定して接続され、モジュールの信頼性が向上する。なお、このような中継端子８を誘導する中継端子ホルダ部９が備えられない場合であっても、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００４１】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第１領域において半導体素子としての能動素子７、受動素子６周辺に配置され、当該能動素子７、受動素子６の配置位置を規制する第１絶縁板としての絶縁板１１が備えられる場合に、中継端子ホルダ部９は絶縁板１１と一体として形成されることで、中継端子８が中継端子ホルダ部９を介して能動素子７に安定して接続され、モジュールの信頼性が向上する。なお、このように中継端子ホルダ部９が絶縁板１１と一体として備えられない場合であっても、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００４２】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第１、第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、内部の空洞に冷媒を備えることで、中継端子８と能動素子７を、ワイヤーボンドや半田付けにて接続する場合に、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０を加熱するとき、アセンブリ完了後にヒートパイプ１、ヒートパイプ２０内に冷媒を封入する方法で、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０への過加熱を回避することができる。なお、このようにヒートパイプ１、ヒートパイプ２０に冷媒を入れる空洞が備えられない場合であっても、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００４３】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第１領域に配設され、半導体素子としての能動素子７、受動素子６および第１、第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０を覆うケース２４をさらに備え、能動素子７、受動素子６、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０およびケース２４の組立体は導電性接合材なしに実現されることで、半田クラック等による信頼性の低下を抑制することができる。なお、このようなケース２４を備えない場合でも、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００４４】

また、本発明にかかる実施の形態１によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第２領域の厚みは、第１領域の厚みよりも大きく、第１、第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ１、ヒートパイプ２０の少なくとも一方は、第１領域から第２領域にかけて斜めに傾斜した面を有する段差形状であることで、モジュールの大きさが増大することを抑制しつつ絶縁性を確保できる。

【００４５】

＜Ｂ．実施の形態２＞

＜Ｂ－１．構成＞

図４は、本発明にかかる半導体パワーモジュール（２ｉｎ１回路モジュール）の組立後の断面図である。実施の形態１と同様である構成については詳細な説明を省略する。

【００４６】

ヒートパイプ４６は、導電性の材質であり、平面な表面を有する。内部は空洞であり、冷媒が封入されている。尚、低出力で低発熱の半導体パワーモジュールの場合、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、片方または、両方を上記の空洞、冷媒等を備えていない通常の導体に置き換えても良い。冷媒は、受熱部５４で気化し、放熱部５５で液化することで熱交換を行う。ヒートパイプ４６は、気化熱冷却構造となっている。

【００４７】

ヒートパイプ４６は、能動素子７および受動素子６、別の半導体素子としての能動素子４２および受動素子４１上に絶縁に必要な高さと面積を持つように形成した平面突起を配置して位置決め突起、位置決め穴を介して覆いかぶさるように備えられる。平面突起の高さは、並列する能動素子７、能動素子４２、受動素子６、受動素子４１の厚みの差を吸収することもできる。

【００４８】

第３ヒートパイプとしてのヒートパイプ４６は屈曲しないが、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０は、絶縁板１１、絶縁板３９と冷却フィン１５、冷却フィン４８の隙間（図４のＢ）での絶縁沿面距離を確保し、かつ冷却フィン１５、冷却フィン４８と絶縁板１３、絶縁板１７、絶縁板３７、絶縁板３８の厚みを吸収するため、冷却フィン付近にてヒートパイプ４６との距離が大きくなる方向（互いに離れる方向）に屈曲した段差形状を持つ。このように形成することで、モジュールの大きさを維持しつつ絶縁性を確保できる。なお、ヒートパイプ１、ヒートパイプ２０のいずれか一方が屈曲した形状であってもよい。

【００４９】

またヒートパイプ１、ヒートパイプ２０、ヒートパイプ４６は、外部配線接続のため、それぞれネジ穴３４、ネジ穴４７、ネジ穴３５を有する。

【００５０】

能動素子７と受動素子６及び絶縁板１１と絶縁板１３、絶縁板１７にはさまれる冷却フィン１５は、それぞれ位置決め穴と位置決め突起にて位置決めされた状態で、ヒートパイプ１とヒートパイプ４６にはさまれる。

【００５１】

また能動素子４２と受動素子４１及び、絶縁板３９と絶縁板３７、絶縁板３８にはさまれる冷却フィン４８は、それぞれ位置決め穴と位置決め突起にて位置決めされ、ヒートパイプ４６とヒートパイプ２０にはさまれる。これにより２ｉｎ１回路構造を持ったモジュールとなる。

【００５２】

硬質の樹脂モールド等の絶縁体である絶縁板３９は、絶縁板１１と同じく、その能動素子４２側には中継端子ホルダ部４４が備えられ、中継端子ホルダ部４４を介して中継端子４３が能動素子４２の制御信号パッド（図示せず）と直接接続される。中継端子ホルダ４４と絶縁板３９を別体としてもよく、これにより、素子位置決めと中継端子接続を別工程で実施できるため、組立性を向上することができる。

【００５３】

中継端子４３は、能動素子４２の制御信号パッドとの接触部分を丸く突起させることにより、能動素子４２との接点の劣化を防ぐ。また、中継端子４３には弾性のある導電性の金属を用い、中継端子４３の能動素子４２との接点高さを能動素子４２上面より若干低くなる高さとすることにより、中継端子４３の弾性にて安定な接点の接触が得られる。また、中継端子４３と能動素子４２を、ワイヤーボンドや半田付けにて接続することもできる。

【００５４】

ケース４５は、例えば樹脂等からなる硬質絶縁体であり、位置決め突起３１と嵌合する位置決め穴にてヒートパイプ１と位置決めされる。また、ケース４５の開口幅を、ケース４５へ挿入する受熱部５４（図４）とのガタが無いようにすることにより、ケース４５への挿入後の受熱部５４の位置ずれをなくすことができる。

【００５５】

フタ５１は、樹脂等からなる硬質絶縁体であり、貫通穴４９、貫通穴５０に、中継端子８、中継端子４３を貫通させ、ケース４５にネジ止めされる。

【００５６】

フタ２７は、樹脂等からなる硬質絶縁体であり、ケース４５に組み付けられたユニットのヒートパイプ２０側からケース４５に取り付けられる。ヒートパイプ２０とフタ２７間に、押さえバネ（図示なし）等の弾性物を挿入することで、さらに締結を安定化することもできる。

【００５７】

構造全体で半田等の導電性の接合材を使用しないで組み立てることができることにより、製造コストを下げ、半田クラック等による信頼性低下を防止する効果がある。

【００５８】

ただ、受動素子６、受動素子４１と能動素子７、能動素子４２をヒートパイプ１、ヒートパイプ２０、ヒートパイプ４６に半田付けし、中継端子８と能動素子７及び、中継端子４３と能動素子４２の接点をワイヤーボンドや半田付けにて接続した場合、ケース４５、フタ２７、フタ５１の代わりに樹脂モールドにて一体化することもできる。

【００５９】

図５は、本発明にかかる半導体パワーモジュール（２ｉｎ１回路モジュール）の完成図である。放熱部５５を覆うケース４５等には、ケース同士を締結する後述のモジュール締結金具１０９、モジュール締結金具１１５（図６参照）を挿入する締結溝１５４を設けられる。締結溝１５４は、放熱部５５を覆うケース４５、フタ２７の表面に設けられることによりモジュール同士を任意の順に締結できる。

【００６０】

＜Ｂ－２．効果＞

本発明にかかる実施の形態２によれば、半導体パワーモジュールにおいて、第２ヒートパイプとしてのヒートパイプ２０上に配置された別の半導体素子としての能動素子４２、受動素子４１および別の冷却フィン４８と、別の能動素子４２、受動素子４１および別の冷却フィン４８をヒートパイプ２０とで挟み込む第３ヒートパイプとしてのヒートパイプ４６とをさらに備えることで、２つの単位モジュールを１つに締結した２ｉｎ１回路モジュールを形成することができる。なお、このように能動素子４２、受動素子４１をさらに備えないような場合には、実施の形態１に示したような構造と同様であり、モジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することが可能である。

【００６１】

＜Ｃ．実施の形態３＞

＜Ｃ－１．構成＞

図６は、本発明にかかる半導体パワーモジュール（６ｉｎ１インバーター）の組立図である。６ｉｎ１インバーターとは、実施の形態１に示した１ｉｎ１回路モジュールを６個結合した回路構成である。

【００６２】

各１ｉｎ１モジュール（単位モジュール１０１）の放熱部のケースには、ケース同士を締結する締結具としてのモジュール締結金具１０９、モジュール締結金具１１５を挿入する締結溝１５４を設ける。締結溝１５４は、締結方向を４方向とするため、放熱部の側面に設ける。

【００６３】

図に示すように、Ｗ、Ｖ、Ｕ各相のＰ側、Ｎ側の電極を連結するＷ相電極連結ブスバー１０３、Ｖ相電極連結ブスバー１０４、Ｕ相電極連結ブスバー１０５が配置される。インバータのＰ電源側の電極はＰ側連結ブスバー１０２で接続され、Ｎ電源側の電極はＮ側連結ブスバー１０６で各モジュールに接続される。

【００６４】

モジュール締結金具１０９、モジュール締結金具１１５は単位モジュール１０１間に挿入される相間絶縁板１１７にそれぞれネジ１１６で止めることにより、単位モジュール１

０１の締結を行う。

【００６５】

冷却フィン部分は、Ｐ側、Ｎ側にそれぞれ非導体の冷却部締結板１０８、冷却部締結板１１８を配置し、冷却部を貫通する、非導体または絶縁処理された冷却部締結ネジ１０７で締め付けることにより締結される。

【００６６】

シールド板１１２と制御基板１１３は、モールド部下面に取り付けるスペーサ１１０およびネジ１１４によって固定される。

【００６７】

図７は、実施の形態１に示した１ｉｎ１モジュールを単位モジュール１０１として６個を結合した、６ｉｎ１インバータモジュール完成図である。一方図８は、実施の形態２に示した２ｉｎ１モジュールを単位モジュール１１９として６個を結合した、６ｉｎ１インバータモジュール完成図である。

【００６８】

以上の方法により、半導体パワー部の冷却と配線構造を一体とし、さらに素子自体を両面冷却でき、連結可能な小型モジュールを組み合わせることにより小型且つ、高出力なインバータモジュールを提供できる。

【００６９】

＜Ｃ－２．効果＞

本発明にかかる実施の形態３によれば、半導体パワーモジュールにおいて、上記の複数個の半導体パワーモジュールと、複数個の半導体パワーモジュールを一体に締結する締結具としてのモジュール締結金具１０９、モジュール締結金具１１５、ネジ１１６とを備えることで、例えば６つの単位モジュールを１つに締結した６ｉｎ１回路モジュール（図６等参照）を形成することができる。なお、このように複数個の半導体モジュールを一体に締結せずとも、実施の形態１に示すようにモジュール自体を大きくすることなく、十分な放熱性能を実現することは可能である。

【００７０】

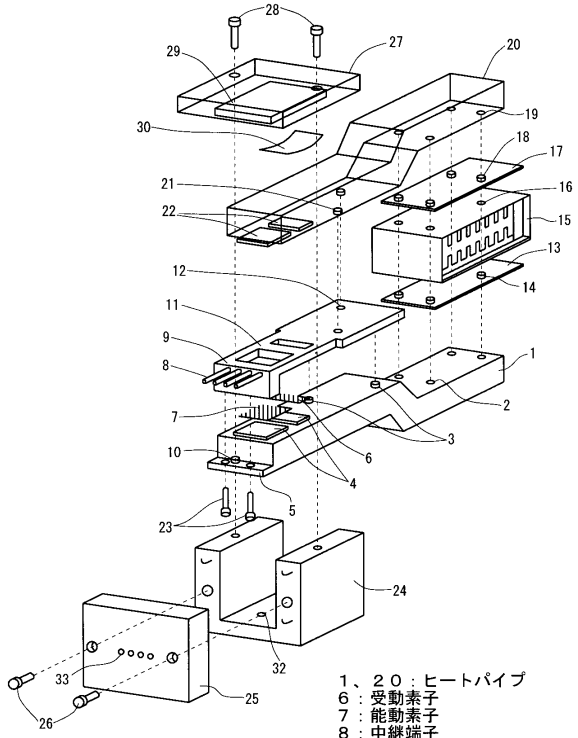
本発明の実施の形態では、各構成要素の材質、材料、実施の条件等についても記載しているが、これらは例示であって記載したものに限られるものではない。

【符号の説明】

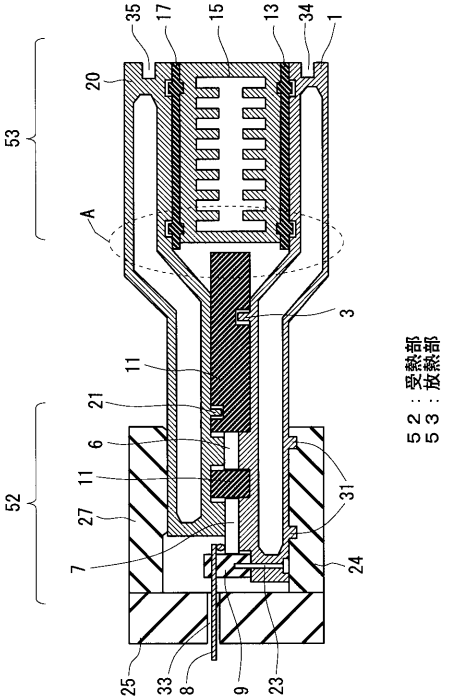
【００７１】

１，２０，４６　ヒートパイプ、２，１２，１６，１９，３２　位置決め穴、３，１０，１４，１８，２１，３１　位置決め突起、４，２２，２９　平面突起、５　固定突起、６，４１，２０２　受動素子、７，４２，２０１　能動素子、８，４３，２１０　中継端子、９，４４　中継端子ホルダ部、１１，１３，１７，３７～３９，２０５　絶縁板、１５，４８，２０９　冷却フィン、２３，２６，２８，１１４，１１６　ネジ、２４，４５　ケース、２５，２７，５１　フタ、３０　押さえバネ、３３，４９，５０　貫通穴、３４，３５，４７　ネジ穴、５２，５４　受熱部、５３，５５　放熱部、１０１，１１９　単位モジュール、１０７　冷却部締結ネジ、１０８，１１８　冷却部締結板、１０９，１１５　モジュール締結金具、１１０　スペーサ、１１２　シールド板、１１３　制御基板、１１７　相間絶縁板、１５４　締結溝、２０３　アルミワイヤー、２０４　アルミパターン、２０６　コレクタ電極板、２０７　エミッタ電極板、２０８　外部ブスバー、２１１　ヒートスプレッダ。

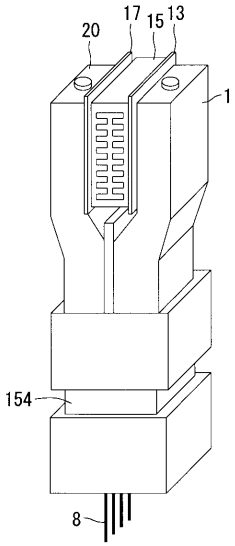
【図１】


１、２０：ヒートパイプ
６：受動素子
７：能動素子
８：中継端子
９：中継端子ホルダ部
１１、１３、１７：絶縁板
１５：冷却フィン
２４：ケース

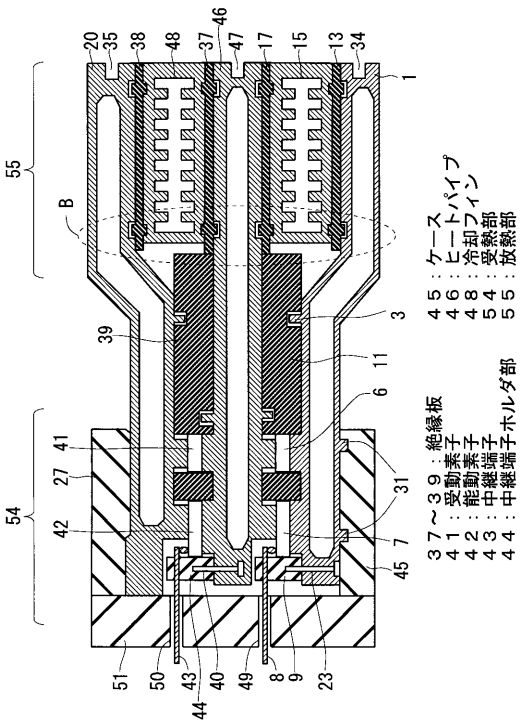
【図２】


５２：受熱部
５３：放熱部

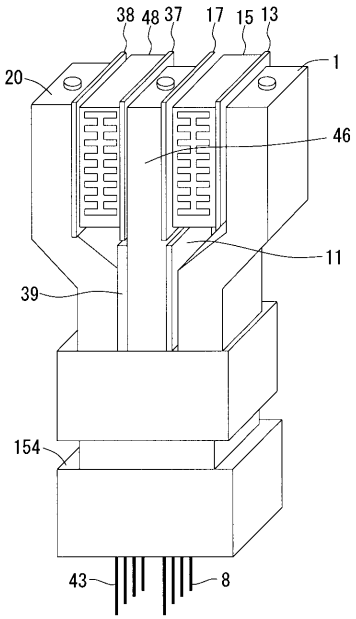
【図３】



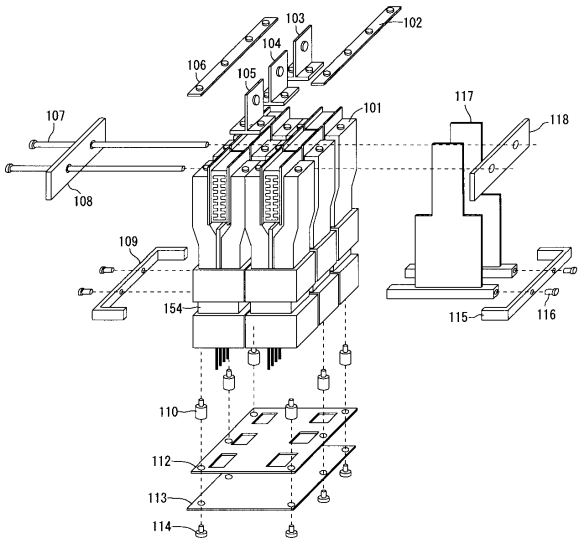
【図４】


３７～３９：絶縁板
４１：受動素子
４２：能動素子
４３：中継端子
４４：中継端子ホルダ部
４５：ケース
４６：ヒートパイプ
４８：冷却フィン
５４：受熱部
５５：放熱部

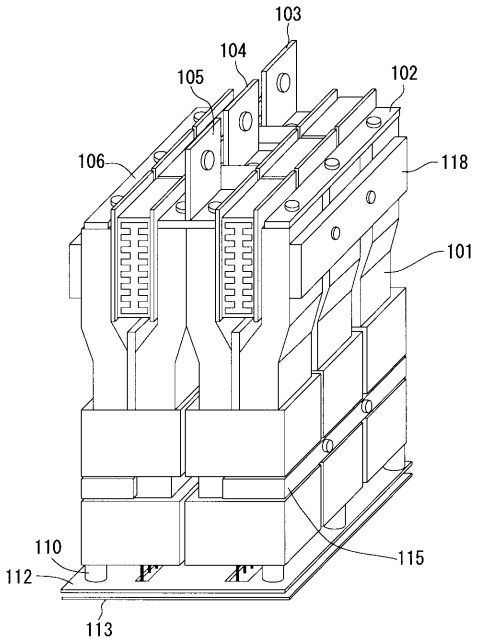
【図５】


38
48
37
17
15
13
20
1
46
11
39
154
43
8

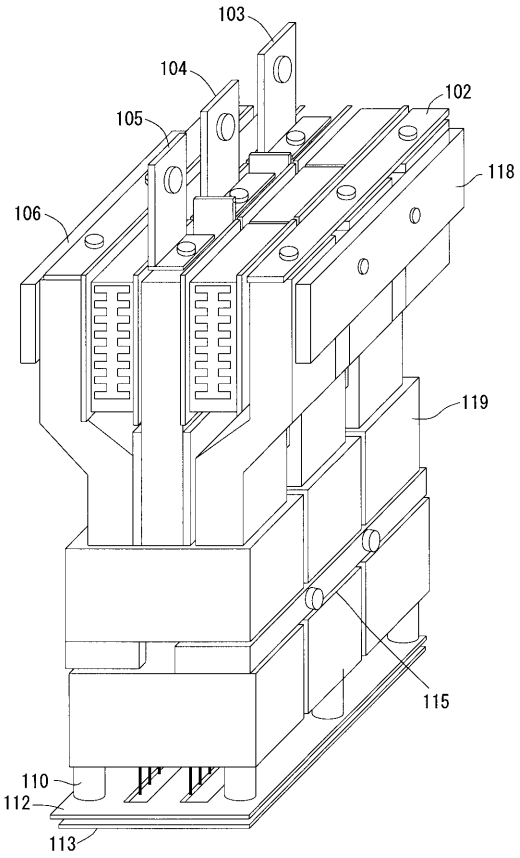
【図６】


103
102
104
106
105
101
117
118
107
108
109
154
115
116
110
112
113
114

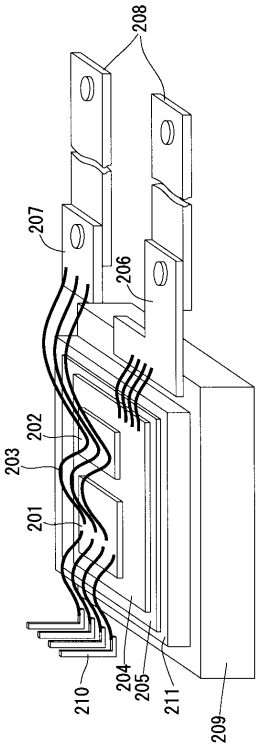
【図７】


103
104
105
102
106
118
101
110
112
115
113

【図８】


103
104
105
102
118
106
119
115
110
112
113

【図９】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０３－２３１４４６（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－３１０７１６（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００８３９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０５３６７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１３４９９０（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０８８３８６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２３／３４－２３／４７３
Ｈ０１Ｌ　２５／０７
Ｈ０１Ｌ　２５／１８