

(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2017-135262
(P2017-135262A)

(43) 公開日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 25/07 (2006.01) HO 1 L 25/04 C
 HO 1 L 25/18 (2006.01)

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-14043 (P2016-14043)	(71) 出願人	000006231 株式会社村田製作所 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(22) 出願日	平成28年1月28日 (2016.1.28)	(74) 代理人	100158207 弁理士 河本 尚志
		(72) 発明者	守屋 要一 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
		(72) 発明者	山本 祐樹 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
		(72) 発明者	伊東 拓二 京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

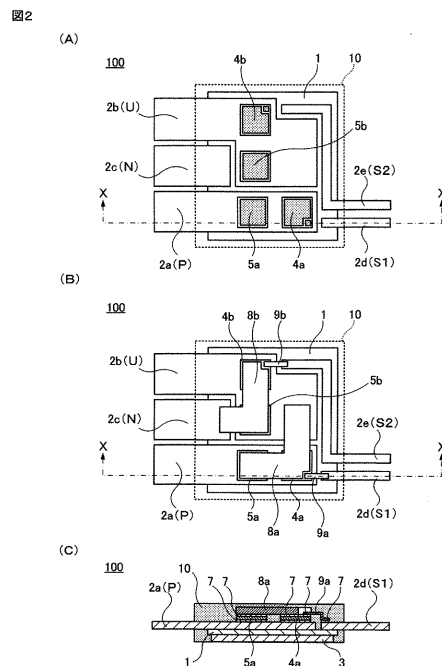
(54) 【発明の名称】 半導体モジュール

(57) 【要約】

【課題】 小型で、放熱性が高く、電力損失が小さい、製造が容易な半導体モジュールを提供する。

【解決手段】 半導体スイッチング素子 4 a、4 b と、セラミックスからなる絶縁基板 1 と、リード端子 2 a ~ 2 e とが、封止樹脂 10 に封止され、半導体スイッチング素子 4 a、4 b は、両主面を有するとともに、少なくとも1つの信号電極パッドと、1対の電源電極パッドとを有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、リード端子 2 a ~ 2 e が、少なくとも、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、A g と、C u とを含む合金 6 を介して、絶縁基板 1 に直接に接合され、リード端子 2 a ~ 2 e が、封止樹脂 10 内での回路配線を成し、半導体スイッチング素子 4 a、4 b が、リード端子 2 a、2 b に接合され、リード端子 2 a ~ 2 e が、封止樹脂 10 から外部に導出されたものとした。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの半導体スイッチング素子と、少なくとも1つのセラミックスからなる絶縁基板と、複数のリード端子とが、封止樹脂に封止された半導体モジュールであって、

前記半導体スイッチング素子は、両主面を有するとともに、少なくとも1つの信号電極パッドと、1対の電源電極パッドとを有し、一方の前記主面に前記信号電極パッドと一方の前記電源電極パッドが形成され、他方の前記主面に他方の前記電源電極パッドが形成され、

少なくとも1つの前記リード端子が、少なくとも、前記セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Agと、Cuとを含む合金を介して、前記絶縁基板に直接に接合され、

少なくとも1つの前記リード端子が、当該半導体モジュールの前記封止樹脂内での回路配線を成し、

少なくとも1つの前記半導体スイッチング素子が、前記リード端子に接合され、複数の前記リード端子が、前記封止樹脂から外部に導出された半導体モジュール。

【請求項 2】

前記合金が、前記セラミックスの構成成分と反応する活性な金属としてTiを含む、請求項 1 に記載された半導体モジュール。

【請求項 3】

前記Tiの含有量が、前記合金の全重量に対して3重量%以下である、請求項 2 に記載された半導体モジュール。

【請求項 4】

前記合金の前記絶縁基板近傍の前記Tiの濃度が、前記合金のその他の部分の前記Tiの濃度よりも高い、請求項 2 または 3 に記載された半導体モジュール。

【請求項 5】

前記絶縁基板が窒化珪素を主成分とする、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載された半導体モジュール。

【請求項 6】

前記絶縁基板が窒化アルミニウムを主成分とする、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載された半導体モジュール。

【請求項 7】

前記絶縁基板の、前記リード端子が接合された主面と反対側の主面に、金属製の放熱板が接合され、

前記放熱板の、前記絶縁基板に接合された主面と反対側の主面が、前記封止樹脂の外部に露出されている、請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載された半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体モジュールに関し、さらに詳しくは、小型で、放熱性が高く、電力損失が小さい、製造が容易な半導体モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

インバータ等に対応する電力変換用の半導体モジュールが、車載機器、産業用機器等の電源に使用されている。

【0003】

たとえば、特許文献 1 (特開 2013 016766 号公報) に、そのような半導体モジュールが開示されている。図 14 (A)、(B) に、特許文献 1 に開示された半導体モジュール 1200 を示す。ただし、図 14 (A) は、半導体モジュール 1200 の断面図である。ただし、図 14 (B) は、封止樹脂 105 を省略した半導体モジュール 1200 の分解平面図である。

10

20

30

40

50

【0004】

半導体モジュール1200は、セラミックスなどからなる絶縁基板（ベース基板）101を備える。絶縁基板101の主面には、複数のメタル層102が形成されている。メタル層102には、半導体スイッチング素子を含む半導体素子103などが接合されている。また、図における両端のメタル層102には、それぞれ、リード端子（リードフレーム）104が接合されている。さらに、絶縁基板101、半導体素子103、リード端子104が、リード端子104を外部に導出させて、封止樹脂（モールドイング）105に封止されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0005】

【特許文献1】特開2013 016766号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

半導体モジュール1200には、絶縁基板101に、半導体素子103を接合するためのメタル層102だけではなく、それに加えて、リード端子104を接合するためのメタル層102が必要であり、絶縁基板101が平面方向に大型化してしまうという問題があった。そして、半導体モジュール1200には、絶縁基板101が平面方向に大型化することにより、半導体モジュール1200自体が平面方向に大型化してしまうという問題があった。また、詳しくは後述するが、半導体モジュール1200には、放熱性が低く、電力損失が大きいという問題もあった。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上述した従来の問題を解決するためになされたものであり、その手段として本発明の半導体モジュールは、少なくとも1つの半導体スイッチング素子と、少なくとも1つのセラミックスからなる絶縁基板と、複数のリード端子とが、封止樹脂に封止され、半導体スイッチング素子は、両主面を有するとともに、少なくとも1つの信号電極パッドと、1対の電源電極パッドとを有し、一方の主面に信号電極パッドと一方の電源電極パッドが形成され、他方の主面に他方の電源電極パッドが形成され、少なくとも1つのリード端子が、少なくとも、前記セラミックスの構成成分と反応する活性な金属と、Agと、Cuとを含む合金を介して、絶縁基板に直接に接合され、少なくとも1つのリード端子が、この半導体モジュールの封止樹脂内での回路配線を成し、少なくとも1つの半導体スイッチング素子が、リード端子に接合され、複数のリード端子が、封止樹脂から外部に導出されたものとした。

30

【0008】

なお、リード端子が絶縁基板に合金を介して直接に接合されるとは、絶縁基板にリード端子を接合するためのメタル層が別途形成されていないことを意味する。

【0009】

リード端子を絶縁基板に接合する合金が、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属としてTiを含むことが好ましい。Tiは、セラミックスの構成成分と反応する活性な金属のなかでも特に反応性が高く、より強固な接合が可能となるからである。さらに、Tiの添加量を調整することにより、絶縁基板との接合強度を高め、かつ、合金の融点温度を容易に調整することができる。

40

【0010】

また、Tiの含有量が、合金の全重量に対して3重量%以下であることが好ましい。Tiの含有量が3重量%を超えると、合金自体が脆化し、合金の比抵抗が上昇し、合金の熱伝導率が低下する虞があるからである。

【0011】

また、合金と絶縁基板の界面において、絶縁基板に含まれる成分とTiとが反応するこ

50

とで、合金のその他の部分のTiの濃度よりも高い界面反応層が形成されることが好ましい。該界面反応層の形成により、リード端子と絶縁基板とより強固な接合が確保される。

【0012】

また、絶縁基板が窒化珪素を主成分とすることが好ましい。窒化珪素は、AgとCuとを含む合金、および、AgとCuとTiとを含む合金との接合強度が高く、この場合にも、リード端子と絶縁基板との接合強度がより高くなる。

【0013】

あるいは、絶縁基板が窒化アルミニウムを主成分とすることも好ましい。窒化アルミニウムは、熱伝導率が約 $180\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と高く、この場合には、半導体スイッチング素子において発生した熱を、リード端子、絶縁基板を経由して、効率的に放熱させることができる。

10

【0014】

さらに、絶縁基板の、リード端子が接合された主面と反対側の主面に、金属製の放熱板が接合され、放熱板の、絶縁基板に接合された主面と反対側の主面が、封止樹脂の外部に露出されていることが好ましい。この場合には、半導体スイッチング素子において発生した熱を、リード端子、絶縁基板、放熱板を経由して、効率的に放熱させることができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の半導体モジュールは、絶縁基板に、リード端子を接合するためのメタル層が不要であるため、絶縁基板を（平面方向に）小型化することができる。そして、絶縁基板を小型化できることにより、半導体モジュール自体を小型化することができる。

20

【0016】

また、本発明の半導体モジュールは、リード端子と絶縁基板とが、熱伝導率の高いAgとCuとを含む合金により接合されているため、半導体スイッチング素子において発生した熱を、リード端子、絶縁基板を経由して、あるいは、リード端子、絶縁基板、再度リード端子を経由して、効率的に放熱させることができる。また、本発明の半導体モジュールは、半導体スイッチング素子において発生した熱の放熱性が高いので、電力損失が小さい。

【0017】

さらに、本発明の半導体モジュールは、絶縁基板にメタル層を形成する工程や、メタル層にリード端子をはんだ付け等する工程が不要であるため、従来に比べて製造が容易である。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1(A)は、第1実施形態にかかる半導体モジュール100を示す平面図である。図1(B)は、半導体モジュール100を示す正面図である。

【図2】図2(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の分解平面図である。図2(C)は、半導体モジュール100を示す断面図である。

【図3】半導体モジュール100の等価回路図である。

【図4】半導体モジュール100の絶縁基板1とリード端子2a~2dとの接合部分を示す説明図（断面図）である。

40

【図5】図5(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図5(A)は平面図、図5(B)は断面図である。

【図6】図6(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図6(A)は平面図、図6(B)は断面図である。

【図7】図7(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図7(A)は平面図、図7(B)は断面図である。

【図8】図8(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図8(A)は平面図、図8(B)は断面図である。

【図9】図9(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例に

50

において施される1つの工程を示し、図9(A)は平面図、図9(B)は断面図である。

【図10】図10(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図10(A)は平面図、図10(B)は断面図である。

【図11】図11(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の製造方法の一例において施される1つの工程を示し、図11(A)は平面図、図11(B)は断面図である。

【図12】図12(B)は、比較例にかかる半導体モジュール1100を示す断面図である。なお、比較するために、図12(A)に、第1実施形態にかかる半導体モジュール100の断面図を再掲している。

10

【図13】第2実施形態にかかる半導体モジュール200を示す断面図である。

【図14】図14(A)は、特許文献1に開示された半導体モジュール1200を示す断面図である。図14(B)は、半導体モジュール1200を示す分解平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面とともに、本発明を実施するための形態について説明する。

【0020】

なお、各実施形態は、本発明の実施の形態を例示的に示したものであり、本発明が実施形態の内容に限定されることはない。また、異なる実施形態に記載された内容を組合せて実施することも可能であり、その場合の実施内容も本発明に含まれる。また、図面は、実施形態の理解を助けるためのものであり、必ずしも厳密に描画されていない場合がある。たとえば、描画された構成要素ないし構成要素間の寸法の比率が、明細書に記載されたそれらの寸法の比率と一致していない場合がある。また、明細書に記載されている構成要素が、図面において省略されている場合や、個数を省略して描画されている場合などがある。

20

【0021】

[第1実施形態]

図1(A)、(B)、図2(A)~(C)、図3、図4に、本発明の第1実施形態にかかる半導体モジュール100を示す。ただし、図1(A)は、半導体モジュール100の平面図である。図1(B)は、半導体モジュール100の正面図である。図2(A)、(B)は、それぞれ、半導体モジュール100の分解平面図である。なお、図2(A)は、半導体モジュール100から封止樹脂10を省略した状態を示している。図2(B)は、半導体モジュール100から封止樹脂10と電源系クリップ8a、8b、信号系クリップ9a、9bとを省略した状態を示している。図2(C)は半導体モジュール100の断面図であり、図2(A)、(B)の一点鎖線X-X部分を示している。図3は、半導体モジュール100の等価回路図である。図4は、半導体モジュール100の絶縁基板1とリード端子2a~2dとの接合部分を示す説明図(断面図)である。

30

【0022】

本実施形態にかかる半導体モジュール100は、インバータである。なお、半導体モジュール100はインバータの一相分であり、複数の半導体モジュール100が組合わされて使用される場合がある。

40

【0023】

半導体モジュール100は、矩形、板状のセラミックスからなる絶縁基板1を備える。絶縁基板1の一方主面(上側主面)には、5つのリード端子2a~2dが接合されている。また、絶縁基板1の他方主面(下側主面)には、放熱板3が接合されている。さらに、リード端子2aには、半導体スイッチング素子4a、還流ダイオード5aが接合され、リード端子2bには、半導体スイッチング素子4b、還流ダイオード5bが接合されている。

【0024】

絶縁基板1は、リード端子2a~2dを通る電気の流れが放熱板3を介して外部に漏電

50

しないよう絶縁する役割を持つ。また、絶縁基板1は、半導体スイッチング素子4a、4bで発生した熱を放熱板3に伝える放熱経路の役割を持つ。よって、絶縁信頼性が高く、かつ熱伝導率の高い材質であることが要求される。そこで、絶縁基板1は、窒化珪素、窒化アルミニウム、アルミナなどを主成分とするセラミックスにより形成することが好ましい。本実施形態においては、絶縁基板1に、窒化珪素を主成分とするセラミックスを使用した。なお、窒化珪素の熱伝導率は約80W/m・K、窒化アルミニウムの熱伝導率は約180W/m・K、アルミナの熱伝導率は約25W/m・Kである。

【0025】

リード端子2a~2dは、半導体スイッチング素子4a、4b、還流ダイオード5a、5bを実装する実装電極の役割や、電源電力や制御信号の導通経路となる回路配線の役割や、外部と接続するための外部端子の役割を持つ。また、半導体スイッチング素子4a、4bで発生した熱を絶縁基板1に伝え、さらに、後述する放熱板3から放熱する放熱経路の役割を持つ。また、半導体スイッチング素子4a、4bで発生した熱を自ら平面方向に伝え、半導体モジュール100の外部に露出した部分から放熱する放熱経路の役割も持つ。したがって、リード端子2a~2dは、電気抵抗率が小さく、熱伝導率の大きいCu、Alや、それらを主成分とする合金により形成されることが好ましい。本実施形態においては、リード端子2a~2dにCuを使用した。

10

【0026】

また、放熱板3は、半導体スイッチング素子4a、4bで発生し、リード端子2a、2b、絶縁基板1を通して伝わった熱を半導体モジュール100の外部に放熱する役割を持つ。したがって、放熱板3は、熱伝導率の大きいCu、Alや、それらを主成分とする合金により形成されることが好ましい。本実施形態においては、放熱板3にCuを使用した。

20

【0027】

リード端子2a~2dおよび放熱板3の絶縁基板1への接合は、図4の説明図(断面図)に示すように、絶縁基板1にメタル層を設けることなく、Agと、Cuと、絶縁基板1を構成するセラミックスに含まれる成分と反応する活性成分とを含む合金6によりおこなわれている。Agと、Cuと、セラミックスに含まれる成分と反応する活性成分とを含む合金6は、活性金属ロウ材と呼ばれる場合がある。本実施形態においては、合金6に含まれる、セラミックスに含まれる成分と反応する活性成分としてTiを用いた。ただし、セラミックスに含まれる成分と反応する活性成分はTiには限定されず、Zrなど、他の金属であっても良い。

30

【0028】

Agと、Cuと、セラミックスに含まれる成分と反応する活性成分とを含む合金6には、融点を調整するために、Ti、Zn、Sn、In、Ni、Mn、Cdなどから選ばれる金属が、1種または複数種、添加される場合がある。本実施形態においては、上述のとおり、合金6に、セラミックスに含まれる成分と反応する活性成分としてTiが添加されている。したがって、本実施形態においては、Tiは融点を調整する役割も果たしている。なお、Tiを添加する場合には、Tiの添加量は、合金の全重量に対して3重量%以下であることが好ましい。Tiの含有量が3重量%を超えると、合金自体が脆化する虞があるから

40

【0029】

図4に示すように、合金6の絶縁基板(窒化珪素基板)1の近傍には、TiNや、MNが形成される(ただしMはSi、Cu、Tiの合金)。すなわち、合金6の絶縁基板1近傍のTiの濃度が、合金6のその他の部分のTiの濃度よりも高くなっている。この結果、リード端子2a~2eと絶縁基板1とは、高い強度で接合されている。

【0030】

本実施形態においては、半導体スイッチング素子4a、4bに、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor; 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ)が使用されている。た

50

だし、半導体スイッチング素子 4 a、4 b の種類は I G B T には限られず、たとえば F E T (Field Effect Transistor) などであっても良い。なお、半導体スイッチング素子 4 a、4 b として F E T を使用した場合には、F E T はモノポーラ・トランジスタであり寄生ダイオードが内蔵されているため、その寄生ダイオードを利用することにより、還流ダイオード 5 a、5 b を省略できる場合がある。

【0031】

半導体スイッチング素子 4 a、4 b には、縦型半導体素子が使用されている。すなわち、半導体スイッチング素子 (I G B T) 4 a、4 b は、一方主面 (上側主面) に、一方の電源電極パッドとしてエミッタ電極が形成され、信号電極パッドとしてベース電極が形成され、他方主面 (下側主面) に、他方の電源電極パッドとしてコレクタ電極が形成されている。なお、図 2 (A) において、半導体スイッチング素子 4 a、4 b の一方主面 (上側主面) にそれぞれ表れている、大きい電極が一方の電源電極パッドであり、小さい電極が信号電極パッドである。

10

【0032】

還流ダイオード 5 a、5 b にも、縦型半導体素子が使用されている。すなわち、還流ダイオード 5 a、5 b は、一方主面 (上側主面) に、一方の電極パッドとしてアノード電極が形成され、他方主面 (下側主面) に、他方の電極パッドとしてカソード電極が形成されている。なお、上述したように、半導体スイッチング素子 4 a、4 b に F E T を使用した場合には、還流ダイオード 5 a、5 b を省略できる場合がある。

【0033】

半導体スイッチング素子 4 a の他方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 a の他方の電極パッドとが、接合材 7 によってリード端子 2 a に接合されている。また、半導体スイッチング素子 4 b の他方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 b の他方の電極パッドとが、接合材 7 によってリード端子 2 b に接合されている。接合材 7 は、リード端子 2 a、2 b に半導体スイッチング素子 4 a、4 b や還流ダイオード 5 a、5 b を実装、固定する役割を持つ。また、電源電力の導通経路となり、かつ半導体スイッチング素子 4 a、4 b で発生した熱をリード端子 2 a、2 b に伝える放熱経路の役割を持つ。したがって、電気抵抗率が小さく、熱伝導率の大きい材質であることが要求される。接合材 7 には、はんだ、導電性樹脂、ナノ焼結材などから適宜選択される材質が使用される。

20

【0034】

また、半導体スイッチング素子 4 a の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 a の一方の電極パッドと、リード端子 2 b とに、接合材 7 によって電源系クリップ 8 a が接合されている。また、半導体スイッチング素子 4 b の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 b の一方の電極パッドと、リード端子 2 c とに、接合材 7 によって電源系クリップ 8 b が接合されている。

30

【0035】

また、半導体スイッチング素子 4 a の信号電極パッドと、リード端子 2 d とに、接合材 7 によって信号系クリップ 9 a が接合されている。また、半導体スイッチング素子 4 b の信号電極パッドと、リード端子 2 e とに、接合材 7 によって信号系クリップ 9 b が接合されている。

40

【0036】

電源系クリップ 8 a、8 b は、電源経路の接続に用いられている。信号系クリップ 9 a、9 b は、信号経路の接続に用いられている。また、電源系クリップ 8 a、8 b、信号系クリップ 9 a、9 b は、半導体スイッチング素子 4 a、4 b で発熱した熱を、半導体スイッチング素子 4 a、4 b の上面からリード端子 2 a ~ 2 e に伝える役割を待つ。したがって、電源系クリップ 8 a、8 b、信号系クリップ 9 a、9 b には、電気抵抗率が小さく、熱伝導率の大きい C u、A l や、それらを主成分とする合金により形成されることが好ましい。本実施形態においては、電源系クリップ 8 a、8 b、信号系クリップ 9 a、9 b に C u を使用した。なお、本実施例では、電源経路、信号経路の接続に電源系クリップ 8 a、8 b、信号系クリップ 9 a、9 b を使用したが、従来の半導体モジュール (パワーモジ

50

ジュール)において一般的に用いられているように、ワイヤーで接続しても良い。

【0037】

半導体モジュール100は、リード端子2a~2eの一端を外部に導出させて、絶縁基板1、リード端子2a~2e、半導体スイッチング素子4a、4b、還流ダイオード5a、5bが、封止樹脂10により封止されている。封止樹脂10には、たとえば、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂などを使用することができる。

【0038】

半導体モジュール100は、リード端子2aがP側端子Pに該当し、リード端子2cがN側端子Nに該当する。また、リード端子2bが中間端子Uに該当する。さらに、リード端子2dが第1の信号端子S1に該当し、リード端子2eが第2の信号端子S2に該当にする。

10

【0039】

次に、図5(A)、(B)~図11(A)、(B)に、本実施形態にかかる半導体モジュール100の製造方法の一例を示す。ただし、各図は製造方法において施される各工程を示し、各図の(A)は平面図であり、各図の(B)は断面図である。また、各図(B)は、各図(A)の一点鎖線X-X部分を示している。

【0040】

まず、図5(A)、(B)に示すように、リード端子2a~2eを形成するための母材(金属板)12を用意する。

【0041】

次に、図6(A)、(B)に示すように、母材12をプレス打抜き、あるいはエッチングにより加工し、周囲がフレーム12aによって繋がったリード端子2a~2eを形成する。

20

【0042】

次に、図7(A)、(B)に示すように、リード端子2a~2eを、合金6(図7においては図示せず)によって絶縁基板1の一方主面(上側主面)に接合する。併せて、放熱板3を、合金6(図7においては図示せず)によって絶縁基板1の他方主面(下側主面)に接合する。

【0043】

具体的には、まず、活性金属ロウ材からなるペーストを、絶縁基板1に塗布する。絶縁基板1の一方主面(上側主面)には、リード端子2a~2eを接合する位置に、リード端子2a~2eと同じ形状にペーストを塗布する。絶縁基板1の他方主面(下側主面)には、放熱板3を接合する位置に、放熱板3と同じ形状にペーストを塗布する。ペーストの塗布方法は、スクリーン印刷、ディスペンサなどの方法から適宜選択することができる。

30

【0044】

次に、リード端子2a~2e、放熱板3を、絶縁基板1のペーストを塗布した部分に配置する。

【0045】

次に、活性金属ロウ材、および、リード端子2a~2e、放熱板3の材質から要求される雰囲気(真空、中性・不活性雰囲気、還元性雰囲気など)において、その活性金属ロウ材の融点以上の温度で熱処理する。

40

【0046】

活性金属ロウ材には、Ag-Cu銅を主成分とした高熱伝導率のものをを用いる。必要に応じて、Ti、Zn、Sn、In、Ni、Mn、Cdなどを添加し、活性金属ロウ材の融点を、650 から800 の間で変動させるたうえで使用する。

【0047】

上述のとおり、リード端子2a、2bに実装した半導体スイッチング素子4a、4bで発生した熱は、リード端子2a、2b、絶縁基板1を介して放熱板3に伝わり、外部に放熱される。したがって、リード端子2a、2b、放熱板3と、絶縁基板1との接合材である活性金属ロウ材(合金6)の熱伝導率が低いと、熱の伝わりを阻害し、放熱性が低下す

50

ることになる。活性金属ロウ材（合金 6）の熱伝導率は、上記した添加物が多くなるほど低下する傾向にある。したがって、上記した添加物を極力少なくして、熱伝導率が 100 W/m・K 以上の活性金属ロウ材を使用することが好ましい。

【0048】

なお、活性金属ロウ材からなるペーストは、絶縁基板 1 ではなく、リード端子 2 a ~ 2 e や放熱板 3 の、絶縁基板 1 との接触面に塗布しても良い。また、ペーストではなく活性金属ロウ材からなるフィルムを、リード端子 2 a ~ 2 e と絶縁基板 1 との間、および、放熱板 3 と絶縁基板 1 との間に設置しても良い。あるいは、リード端子 2 a ~ 2 e や放熱板 3 の母材となる金属板に、予め活性金属ロウ材からなるフィルムを圧着したうえで、金属板を金型でプレス打抜きし、リード端子 2 a ~ 2 e や放熱板 3 を作製するようにしても良い。

10

【0049】

次に、図 8 (A)、(B) に示すように、リード端子 2 a に、接合材 (はんだなど) 7 によって、半導体スイッチング素子 4 a の他方の電源電極パッド (下側の電極) と、還流ダイオード 5 a の他方の電極パッド (下側の電極) とを接合する。また、リード端子 2 b に、接合材 7 によって、半導体スイッチング素子 4 b の他方の電源電極パッド (下側の電極) と、還流ダイオード 5 b の他方の電極パッド (下側の電極) とを接合する。

【0050】

次に、図 9 (A)、(B) に示すように、半導体スイッチング素子 4 a の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 a の一方の電極パッドと、リード端子 2 b とに、接合材 7 によって電源系クリップ 8 a を接合し、これらの電氣的導通をはかる。また、半導体スイッチング素子 4 b の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 b の一方の電極パッドと、リード端子 2 c とに、接合材 7 によって電源系クリップ 8 b を接合し、これらの電氣的導通をはかる。なお、電源系クリップ 8 a、8 b の接合材 7 による接合は、たとえば、半導体スイッチング素子 4 a、4 b の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 5 a、5 b の一方の電極パッドと、リード端子 2 b、2 c とに、予めペースト状の接合材 7 を塗布しておく、その上に電源系クリップ 8 a、8 b を載せ、熱処理することによりおこなうことができる。ペースト状の接合材 7 の塗布は、たとえば、スクリーン印刷による方法、ディスペンサを使用する方法などから、適宜選択することができる。

20

【0051】

また、半導体スイッチング素子 4 a の信号電極パッドと、リード端子 2 d とに、接合材 7 によって信号系クリップ 9 a を接合し、両者の電氣的導通をはかる。また、半導体スイッチング素子 4 b の信号電極パッドと、リード端子 2 e とに、接合材 7 によって信号系クリップ 9 b を接合し、両者の電氣的導通をはかる。なお、信号系クリップ 9 a、9 b の接合材 7 による接合は、電源系クリップ 8 a、8 b の接合材 7 による接合同じ方法で、同時におこなうことができる。

30

【0052】

次に図 10 (A)、(B) に示すように、リード端子 2 a ~ 2 e の一端を外部に導出させて、また、放熱板 3 の他方主面 (下側主面) を外部に露出させて、絶縁基板 1、リード端子 2 a ~ 2 e、半導体スイッチング素子 4 a、4 b、還流ダイオード 5 a、5 b を、封止樹脂 10 により封止する。封止樹脂 10 による封止は、金型を使用したインサートモールドなどによりおこなうことができる。

40

【0053】

最後に、リード端子 2 a ~ 2 e をそれぞれフレーム 12 a から切断して、第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 100 を完成させる。

【0054】

半導体モジュール 100 は、絶縁基板 1 の外周に、リード端子 2 a ~ 2 e を実装するための接続パッド (メタル層) を形成する領域が不要であるため、絶縁基板 1 が平面方向に小型化されており、半導体モジュール 100 自体も平面方向に小型化されている。

【0055】

50

また、半導体モジュール100は、半導体スイッチング素子4a、4bで発生した熱が、半導体スイッチング素子4a、4bのダイボンド実装面(合金6による接合面)からリード端子2a、2bを経路として効率よく放熱できる。また、電力損失も小さくなる。回路配線(メタル層)とリード端子が別々に形成されていれば、回路配線にリード端子をはんだなどの接合材で実装するか、ワイヤーで接続する必要があり、経路の熱抵抗や電気抵抗が大きくなる。一方、本発明の構造であれば、半導体スイッチング素子4a、4bのダイボンド実装部から半導体モジュール100の外部への経路に、接合、接続箇所がないため、熱抵抗や電気抵抗が小さくなる。

【0056】

比較のために、特許文献1に開示されたような従来の方法で、図3に示した第1実施形態にかかる半導体モジュール100と同じ等価回路を有する、比較例にかかる半導体モジュール1100を作製した。

10

【0057】

図12(B)に、比較例にかかる半導体モジュール1100を示す。ただし、図12(B)は断面図であり、その断面に現れた構成要素のみを示しているが、半導体モジュール1100は、第1実施形態にかかる半導体モジュール100と同様に、2つの半導体スイッチング素子204a、204bと、2つの還流ダイオード5a、5bとを備えている。

【0058】

また、図12(A)に、第1実施形態にかかる半導体モジュール100の断面図を改めて示す。

20

【0059】

比較例にかかる半導体モジュール1100は、絶縁基板201に形成された回路配線201a~201eと、リード端子202a~202eとが別々である。すなわち、リード端子202a~202eが、接合材(はんだ)207によって、回路配線(メタル層)201a~201dの接続パッド部分に接合されている。

【0060】

まず、比較例にかかる半導体モジュール1100は、第1実施形態にかかる半導体モジュール100に比べて、回路配線201a~201dに接続パッド部分を設けなければならない分だけ、絶縁基板201が平面方向に大型化しており、その結果、半導体モジュール1100自体も平面方向に大型化している。

30

【0061】

また、比較例にかかる半導体モジュール1100は、絶縁基板1に形成された回路配線201a~201dの接続パッド部分に、リード端子202a~202dが、接合材(はんだ)207によって接続されているが、一般的なはんだであるSn-Ag-Cu系はんだ、Sn-Zn-Al系はんだ、Sn-Bi-Ag系はんだ、Sn-Pb系はんだの熱伝導率は、20~70W/m・Kであり、リード端子202a、202bの材質であるCuの熱伝導率である390W/m・Kと比べて著しく低い。また、上記の一般的なはんだの電気抵抗率も3~15%IACSであり、Cuの電気抵抗率である100%IACS比べて低い。

【0062】

比較例にかかる半導体モジュール1100は、半導体スイッチング素子204a、204bで発生した熱が、リード端子202a~202eを通して平面方向に伝わり、リード端子202a~202eの封止樹脂210の外部に導出された部分から放熱される。しかしながら、半導体モジュール1100は、回路配線201a~201eの接続パッド部分とリード端子202a~202eとが、熱伝導率の低いはんだ(接合材207)で接続されているため、その接続部分で熱の伝わりが阻害され、放熱性が低下するという問題が生じている。また、その接続部分は電気伝導度も低いため、電気抵抗が上昇し、電氣的損失が大きくなるという問題も生じている。

40

【0063】

以上のように、第1実施形態にかかる半導体モジュール100は、従来構造の比較例に

50

かかる半導体モジュール 1 1 0 0 に比べて、小型で、放熱性が高く、電力損失が小さいものになっている。

【 0 0 6 4 】

[第 2 実施形態]

図 1 3 に、本発明の第 2 実施形態にかかる半導体モジュール 2 0 0 を示す。ただし、図 1 3 は、半導体モジュール 2 0 0 の断面図である。

【 0 0 6 5 】

第 1 実施形態にかかる半導体モジュール 1 0 0 では、半導体スイッチング素子 4 a、還流ダイオード 5 a と、半導体スイッチング素子 4 b、還流ダイオード 5 b とを、平面方向に並べて配置していた。第 2 実施形態にかかる半導体モジュール 2 0 0 では、半導体スイッチング素子 2 4 a、還流ダイオード 2 5 a と、半導体スイッチング素子 2 4 b、還流ダイオード 2 5 b とを、上下方向に重ねて配置した。半導体モジュール 2 0 0 は、半導体モジュール 1 0 0 と同じ等価回路 (図 3 参照) を備えている。

10

【 0 0 6 6 】

なお、半導体モジュール 2 0 0 は、半導体モジュール 1 0 0 が備えていた電源系クリップ 8 a、8 b が省略されている。代わりに、半導体モジュール 2 0 0 は、4 つの C u からなる金属ブロック 3 0 を備えている。また、半導体モジュール 2 0 0 は、上下に 2 つの絶縁基板 2 1 を備えている。以下、簡単に、半導体モジュール 2 0 0 の構造を説明する。

【 0 0 6 7 】

半導体モジュール 2 0 0 は、リード端子 2 2 a ~ 2 2 e が、上下方向に 3 層に分けて配置されている。まず、下側の層として、A g と C u とを含む合金 (図示せず) によって絶縁基板 2 1 に接合された、リード端子 2 2 a とリード端子 2 2 d とが配置されている。また、中間の層として、絶縁基板に接合されていない、リード端子 2 2 b とリード端子 2 2 e とが配置されている。そして、上側の層として、A g と C u とを含む合金 (図示せず) によって絶縁基板 2 1 に接合された、リード端子 2 2 c が配置されている。

20

【 0 0 6 8 】

リード端子 2 2 a の一方主面 (上側主面) に、半導体スイッチング素子 2 4 a の他方の電源電極パッドと還流ダイオード 2 5 a の他方の電極パッドとが、接合材 2 7 により接合されている。そして、半導体スイッチング素子 2 4 a の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 2 5 a の一方の電極パッドとに、それぞれ、金属ブロック 3 0 が、接合材 2 7 により接合されている。さらに、これらの 2 つの金属ブロック 3 0 が、それぞれ、リード端子 2 2 b の他方主面 (下側主面) に、接合材 2 7 により接合されている。

30

【 0 0 6 9 】

また、リード端子 2 2 b の一方主面 (上側主面) に、半導体スイッチング素子 2 4 b の他方の電源電極パッドと還流ダイオード 2 5 b の他方の電極パッドとが、接合材 2 7 により接合されている。そして、半導体スイッチング素子 2 4 b の一方の電源電極パッドと、還流ダイオード 2 5 b の一方の電極パッドとに、それぞれ、金属ブロック 3 0 が、接合材 2 7 により接合されている。さらに、これらの 2 つの金属ブロック 3 0 が、それぞれ、リード端子 2 2 c の他方主面 (下側主面) に、接合材 2 7 により接合されている。

【 0 0 7 0 】

また、半導体スイッチング素子 2 4 a の信号電極パッドと、リード端子 2 2 d とに、信号系クリップ 2 9 a が接合材 2 7 によって接合され、両者の電氣的導通をはかっている。また、半導体スイッチング素子 2 4 b の信号電極パッドと、リード端子 2 2 e とに、信号系クリップ 2 9 b が接合材 2 7 によって接合され、両者の電氣的導通をはかっている。

40

【 0 0 7 1 】

以上により、半導体モジュール 2 0 0 は、半導体モジュール 1 0 0 と同じ等価回路 (図 3 参照) を備えている。

【 0 0 7 2 】

半導体モジュール 2 0 0 も、半導体モジュール 1 0 0 と同様に、小型で、放熱性が高く、電力損失が小さいものになっている。

50

【 0 0 7 3 】

以上、第1実施形態および第2実施形態にかかる半導体モジュール100、200について説明した。しかしながら、本発明が上述した内容に限定されることはなく、発明の趣旨に沿って、種々の変更をなすことができる。

【 0 0 7 4 】

たとえば、半導体モジュール100、200は、それぞれ2つの半導体スイッチング素子4a、4bまたは24a、24bを備えているが、半導体スイッチング素子の数は2つには限定されず、1つ、または、3つ以上であっても良い。

【 0 0 7 5 】

また、半導体モジュール100、200では、半導体スイッチング素子4a、4b、24a、24bにIGBTを使用したか、半導体スイッチング素子の種類はIGBTには限られず、たとえばFETなどであっても良い。なお、半導体スイッチング素子4a、4bまたは24a、24bにFETを使用した場合には、還流ダイオード5a、5bまたは25a、25bを省略できる場合がある。

10

【 0 0 7 6 】

また、半導体モジュール100、200では、AgとCuとを含む合金6にTiを添加しているが、添加する金属の種類はTiには限られず、所望する融点温度に合わせて、Tiに代えて、あるいは、Tiに加えて、Zn、Sn、In、Ni、Mn、Cdなどを、1種、または2種以上添加しても良い。あるいは、合金6をAgとCuのみで構成し、他の金属を添加しないようにしても良い。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

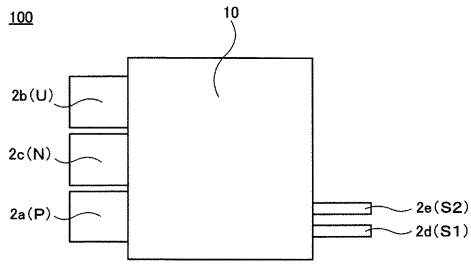
- 1、21・・・絶縁基板
- 2a、2b、2c、2d、2e、22a、22b、22c、22d、22e・・・リード端子
- 3、23・・・放熱板
- 4a、4b、24a、24b・・・半導体スイッチング素子（IGBT）
- 5a、5b、25a、25b・・・還流ダイオード
- 6・・・合金（AgとCuとを含む合金）
- 7、27・・・接合材（はんだなど）
- 8a、8b・・・電源系クリップ
- 9a、9b、29a、29b・・・信号系クリップ
- 10、20・・・封止樹脂
- 12・・・リード端子の母材
- 12a・・・フレーム
- 30・・・金属ブロック
- 100、200・・・半導体モジュール

30

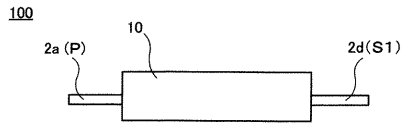
【 図 1 】

図1

(A)



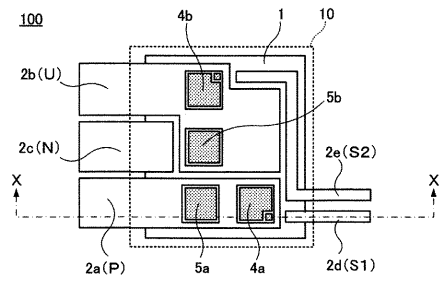
(B)



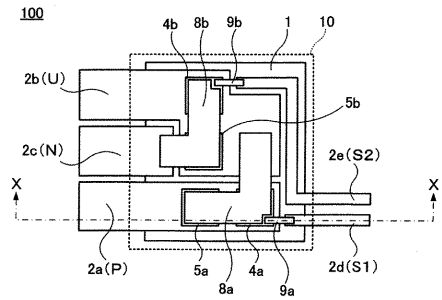
【 図 2 】

図2

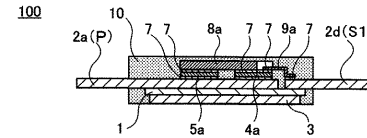
(A)



(B)

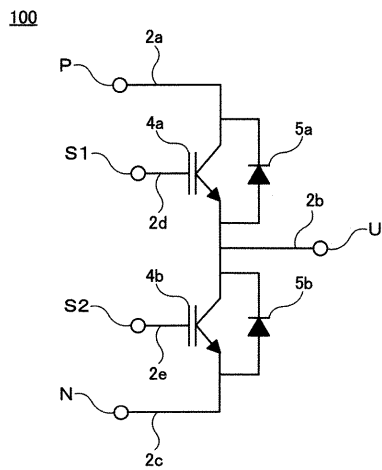


(C)



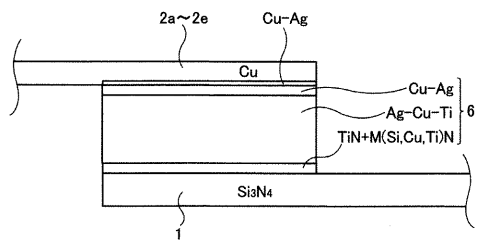
【 図 3 】

図3



【 図 4 】

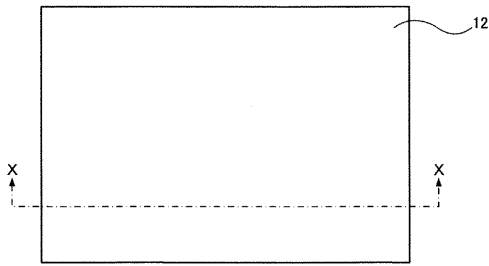
図4



【 図 5 】

図5

(A)



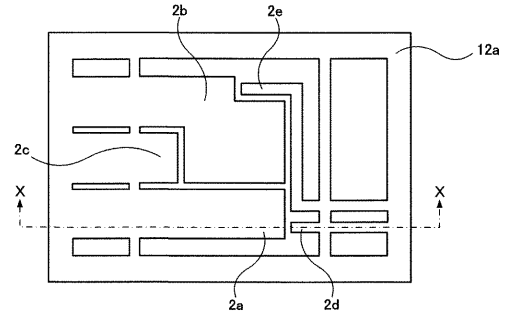
(B)



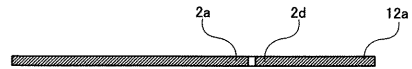
【 図 6 】

図6

(A)



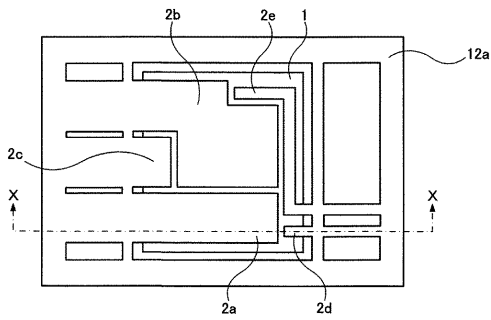
(B)



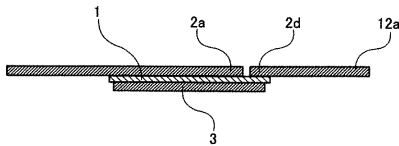
【 図 7 】

図7

(A)



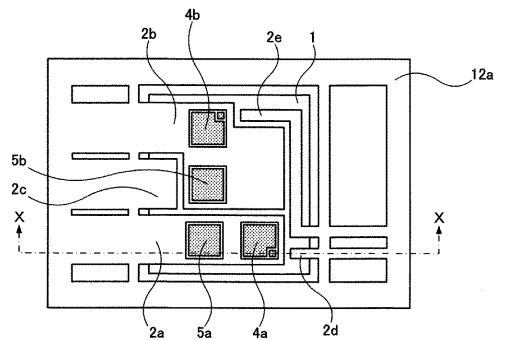
(B)



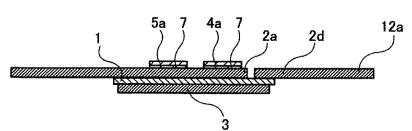
【 図 8 】

図8

(A)

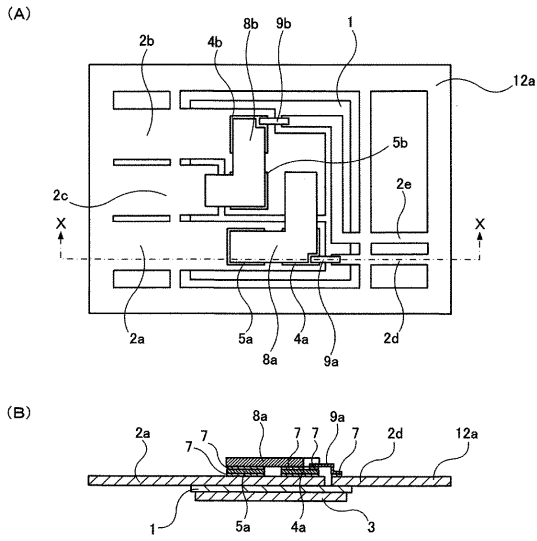


(B)



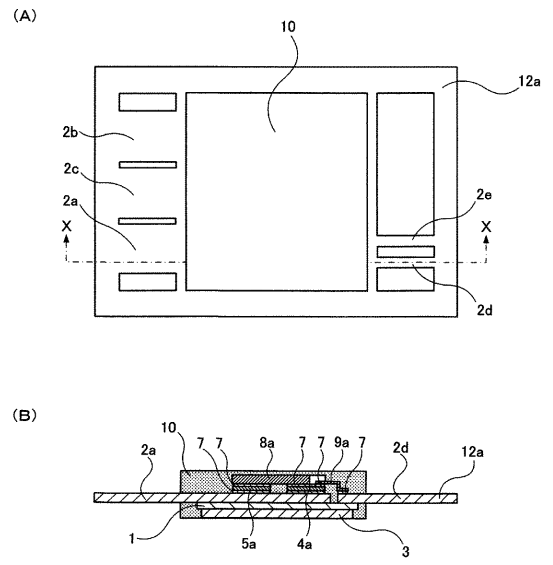
【 図 9 】

図9



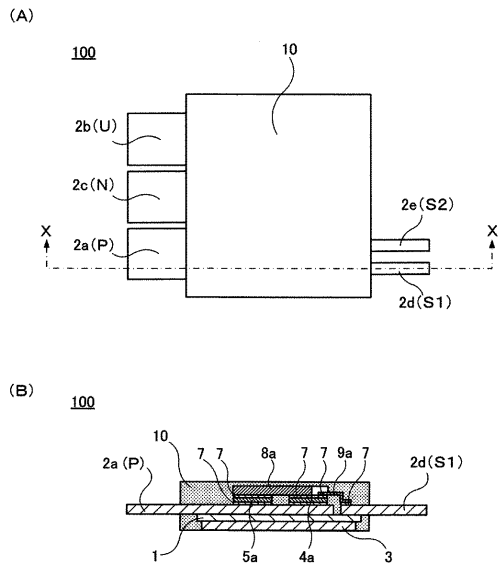
【 図 1 0 】

図10



【 図 1 1 】

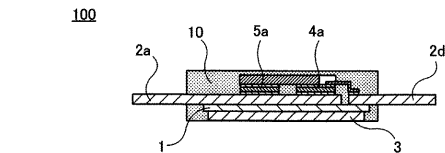
図11



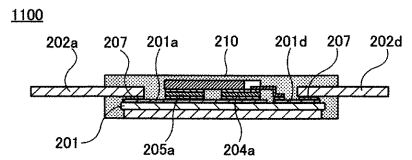
【 図 1 2 】

図12

(A) 第1実施形態

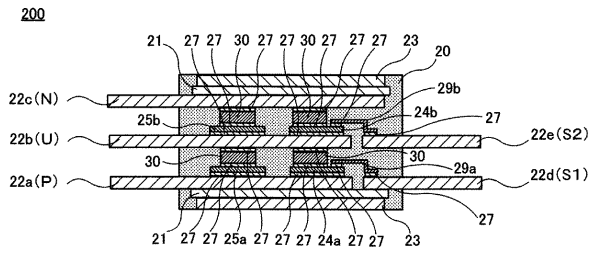


(B) 比較例



【 図 1 3 】

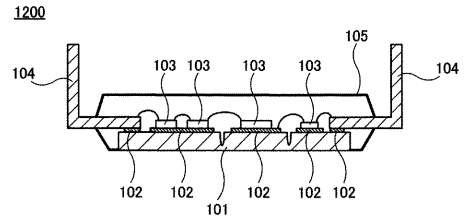
図13



【 図 1 4 】

図14

(A)



(B)

