(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3770164号
(P3770164)
(45)発行日　平成18年4月26日(2006.4.26)　(24)登録日　平成18年2月17日(2006.2.17)

(51)Int.Cl.　　F I
H01L 23/29 (2006.01)　H01L 23/36 A
H01L 25/07 (2006.01)　H01L 25/04 C
H01L 25/18 (2006.01)

請求項の数 5　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願2002-14583(P2002-14583)
(22)出願日　平成14年1月23日(2002.1.23)
(65)公開番号　特開2003-218291(P2003-218291A)
(43)公開日　平成15年7月31日(2003.7.31)
審査請求日　平成16年7月28日(2004.7.28)

(73)特許権者　000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町２番地
(74)代理人　100084412
弁理士　永井　冬紀
(72)発明者　成瀬　幹夫
神奈川県横浜市神奈川区宝町２番地　日産自動車株式会社内

審査官　田中　永一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置およびその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数のバスバーをそれらの表面および裏面が露出するようにモールド部材でモールドして一体化する第１の工程と、

一体化された前記バスバーおよび前記モールド部材の裏面全体を、高熱伝導性の未硬化状態の放熱用樹脂により覆う第２の工程と、

前記未硬化状態の放熱用樹脂を硬化させる第３の工程と、

前記バスバーの表面に半導体素子を実装する第４の工程と、

前記放熱用樹脂の表面に冷却装置の冷却面を固設する第５の工程とを備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項２】

請求項１に記載の半導体装置の製造方法において、

前記放熱用樹脂の表面に加熱装置の加熱面を当接させて前記放熱用樹脂を加熱処理する工程を、前記第３の工程と前記第４の工程との間に設けたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項３】

複数のバスバーをそれらの表面および裏面が露出するようにモールド部材でモールドして一体化した半導体実装部と、

前記バスバーの表面に実装される半導体素子と、

前記半導体実装部のバスバーおよびモールド部材の裏面全体を覆う高熱伝導性の放熱用

樹脂と、
前記放熱用樹脂の表面が冷却面に接触するように前記半導体実装部が装着される冷却装置とを備え、
前記放熱用樹脂の厚みは、その中央部より他の部分が薄くなるような凸面としたことを特徴とする半導体装置。
【請求項４】
請求項３に記載の半導体装置において、
前記モールド部材の裏面に凹凸を形成したことを特徴とする半導体装置。
【請求項５】
請求項３または４に記載の半導体装置において、
前記放熱用樹脂の表面と前記冷却面とで挟持されるように熱伝導性材料の箔を設けたことを特徴とする半導体装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、モールド部材により一体化されたバスバー上に半導体素子を実装した半導体装置およびその製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
バスバー上に半導体素子を実装し、そのバスバーを樹脂でモールドした半導体装置として特開２００１－１１０９８５号公報に開示されているようなものが知られている。複数のバスバーは樹脂モールドにより一体とされ、一つのモジュールを形成している。各バスバーの表裏面は露出しており、バスバーの表面には半導体素子がハンダ等により接合され、裏面側はヒートシンク等の冷却面に固定されている。バスバーと冷却面との間には、電気絶縁性の放熱シートが設けられる。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
ところで、各バスバーは、バスバーと放熱シートとの接触が確実となるように、バスバーの裏面がモールド部材よりも突出するようにモールドされている。そのため、モジュールの裏面は平坦ではなく凹凸形状となっている。その結果、放熱シートとバスバーとの密着性が損なわれ、バスバーと放熱シートとの間に空気層が生じてしまうという欠点があった。また、バスバー、放熱シートおよびヒートシンクの各接触面は、微視的に見ると平滑ではなく凹凸面となっており、接触状態は実質的に多数の点接触部から成るとみなすことができる。
【０００４】
その結果、実質的な接触面積は見かけよりも小さくなり、微視的凹凸面の隙間にも空気層が介在することになる。空気の熱伝導率は放熱シートと比較すると非常に小さいため、バスバーからヒートシンクへの熱伝達を効率良く行うことができず、半導体素子の発熱に対して十分な放熱性能が得られないことがあった。
【０００５】
本発明の目的は、放熱性能に優れた半導体装置およびその製造方法を提供することにある。
【０００６】
【課題を解決するための手段】
発明の実施の形態を示す図３，４，８～１０に対応付けて説明する。
（１）請求項１の発明による半導体装置の製造方法は、複数のバスバー１１～１３をそれらの表面および裏面が露出するようにモールド部材１でモールドして一体化する第１の工程（図４（ａ））と、一体化されたバスバー１１～１３およびモールド部材１の裏面全体を、高熱伝導性の未硬化状態の放熱用樹脂８により覆う第２の工程（図４（ｂ））と、未硬化状態の放熱用樹脂８を硬化させる第３の工程と、バスバー１２の表面に半導体素子２

２を実装する第４の工程（図４（ｃ））と、放熱用樹脂８の表面８ａに冷却装置２の冷却面２ｂを固設する第５の工程とを備えて上述の目的を達成する。
（２）請求項２の発明は、請求項１に記載の半導体装置の製造方法において、放熱用樹脂８の表面８ａに加熱装置１５の加熱面１５ａを当接させて放熱用樹脂８を加熱処理する工程（図４（ｃ））を、第３の工程と第４の工程との間に設けたものである。
（３）請求項３の発明による半導体装置は、複数のバスバー１１～１３をそれらの表面および裏面が露出するようにモールド部材でモールドして一体化した半導体実装部１０と、バスバー１２の表面に実装される半導体素子２２と、半導体実装部１０のバスバー１１～１３およびモールド部材１の裏面全体を覆う高熱伝導性の放熱用樹脂８と、放熱用樹脂８の表面が冷却面２ｂに接触するように半導体実装部１０が装着される冷却装置２とを備え、放熱用樹脂８の厚みは、その中央部より他の部分が薄くなるような凸面としたことを特徴とする。
（４）請求項４の発明は、請求項３に記載の半導体装置において、モールド部材１の裏面１ｅに凹凸を形成したものである。
（５）請求項５の発明は、請求項３または４に記載の半導体装置において、放熱用樹脂８の表面８ａと冷却面２ｂとで挟持されるように熱伝導性材料の箔１７を設けたものである。

【０００７】
【発明の効果】
（１）請求項１～５の発明によれば、バスバーおよびモールド部材の裏面全体に放熱用樹脂が密着するため、半導体実装部から放熱用樹脂への熱伝達性能が向上する。
（２）請求項２の発明では、放熱用樹脂を加熱処理することにより、バスバーおよびモールド部材の裏面全体を覆う放熱用樹脂とバスバーおよびモールド部材との密着性が向上する。また、放熱用樹脂の表面を加熱面によって平坦化することができ、冷却面との密着性の向上が図れる。その結果、半導体実装部から冷却装置への放熱効果の向上を図ることができる。
（３）請求項３の発明では、放熱用樹脂と冷却面との間における空気の残留を防止することができ、放熱用樹脂から冷却装置への熱伝達性能が向上する。
（４）請求項４の発明では、モールド部材と放熱用樹脂との接触面積が増加し、モールド部材を介した放熱用部材への熱伝達性能がさらに向上する。
（５）請求項５の発明では、異物等の挟み込みに対して箔が緩衝材となることにより、バスバーと冷却装置との間の電気的短絡の発生を防止することができる。

【０００８】
【発明の実施の形態】
以下、図を参照して本発明の実施の形態を説明する。図１は、半導体素子２１，２２を用いて直流Ｐ，Ｎを交流Ｕ，Ｖ，Ｗに変換するインバータの電力変換部回路の一部を示す図であり、Ｕ，Ｖ，Ｗの内の１相分、例えばＵ相、に関する部分を示したものである。図１に示す例では、半導体素子２１，２２としてMOSFETが用いられている。１１はＰ極用のバスバー、１２はインバータ出力用のバスバー、１３はＮ極用のバスバーである。また、５１，５２は、半導体素子２１，２２の各々のゲートＧに駆動信号を印加するゲート端子である。

【０００９】
図２は図１に示した回路に相当する部分の実装構造を示した斜視図である。半導体素子２１はＰ極用バスバー１１の上面に実装され、半導体素子２２はインバータ出力用バスバー１２の上面に実装されている。バスバー１１～１３はモールド部材であるモールド樹脂１により一体とされ、半導体実装部であるモジュールケース１０が形成されている。各バスバー１１～１３は電位が異なるので、互いに接触しないような間隔で配置されている。モールド樹脂１はバスバー１１～１３間を電気的に絶縁する機能も果たしている。バスバー１１～１３の材質には熱伝導率が大きく、また、体積抵抗率が小さいものが良く、例えば、銅（Ｃｕ）やアルミニウム（Ａｌ）やこれらを含む合金などが用いられる。

【００１０】
各半導体素子２１，２２は接合材であるハンダ３１，３２によりバスバー１１，１２上に面接合されており、各半導体素子２１，２２の裏面側に形成されたドレインＤはそれぞれハンダ３１，３２を介してバスバー１１，１２と電気的に接続されている。ハンダ３２は電気的接続だけでなく半導体素子２２の熱をバスバー１２に伝達する機能も担っており、ハンダに代えて銀フィラーを含む導電ペーストを用いても良い。
【００１１】
半導体素子２１，２２の上面側にはソースＳおよびゲートＧが形成されている。半導体素子２１のソースＳは金属ワイヤ４１によりバスバー１２の上面に接続され、ゲートＧは金属ワイヤ６１によりゲート端子５１に接続されている。一方、半導体素子２２のソースＳは金属ワイヤ４２によりＮ極用バスバー１３の上面に接続され、ゲートＧは金属ワイヤ６２によりゲート端子５２に接続されている。このように、半導体素子２１，２２が実装されることにより、一相分のモジュールＭが形成される。
【００１２】
モジュールＭの裏面側には放熱樹脂８が設けられており、モジュールＭは放熱樹脂８を挟むようにヒートシンク２に固定される。ヒートシンク２内には冷却水等の冷媒が流れる流路２ａが形成されている。半導体素子２１，２２で発生した熱はバスバー１１，１２および放熱樹脂８を介してヒートシンク２に伝えられ、流路２ａを流れる冷媒に放熱される。
【００１３】
図３は図２のＡ－Ａ断面図であり、分かりやすいようにモジュールＭとヒートシンク２とを離して図示した。モールド樹脂１の周辺部分に形成されたフランジ部１ａにはボルト取付用の貫通穴１ｂが複数形成されており、モールド樹脂１により一体化されたバスバー１１～１３はボルト９によりヒートシンク２の冷却面２ｂに固定される。２ｃはヒートシンク２に形成された取付用ネジ穴である。モールド樹脂１により形成された素子空間にはシリコーンを主成分としたゲル部材４が充填され、図２に示した半導体素子２１，２２および金属ワイヤ４１，４２，６１，６２はゲル部材４によって封止されている。なお、図２ではゲル部材４の図示を省略した。
【００１４】
バスバー１１～１３の裏面はモールド樹脂１の裏面よりも突出しており、本実施の形態では、バスバー１１～１３およびモールド樹脂１の裏面を覆うように放熱樹脂８の層が形成される。放熱樹脂８はエポキシ等の耐熱性が高い樹脂が主成分であって、樹脂中にはアルミナ（Al_2O_3）、窒化アルミ（ＡｌＮ）等のセラミックスやガラスのフィラーが含有されている。これらのフィラーを含有させることにより、放熱樹脂８の熱伝導率を樹脂だけのものよりも大きくすることができる。また、放熱樹脂８の厚さに関しては放熱の観点からは薄い方が良いが、絶縁性の観点からは厚い方が良い。本実施の形態では、厚さを０．０５ｍｍ～０．５ｍｍ程度とすることにより、耐熱性、放熱性および絶縁性を確保している。
【００１５】
次に、図４を参照して半導体装置の製造手順について説明する。図４（ａ）に示す工程では、バスバー１１～１３およびモールド樹脂１から成るモジュールケース１０を射出成形により形成する。すなわち、バスバー１１～１３を樹脂成型用金型にインサートしてモールド用の樹脂を射出することにより、一体のモジュールケース１０が形成される。このとき、バスバー裏面（図示上側の面）がモールド樹脂１よりも突出するように成型する。
【００１６】
図４（ｂ）に示す工程では、モジュールケース１０の裏面に放熱樹脂８の層を形成する。放熱樹脂８の層を形成する際には、メタルマスクまたはシルク印刷によりペースト状の放熱樹脂８を印刷し、その後硬化させることにより得られる。このときの放熱樹脂８の厚さは、メタルマスクまたはシルクの厚さを管理することにより行われる。放熱樹脂８の他の形成方法としては、予め所定厚さのシート状未硬化放熱樹脂を形成し、そのシート状未硬化放熱樹脂をモジュールケース１０の裏面に貼り合わせた後に硬化させるようにしても良

い。このように、未硬化の放熱樹脂８でもモジュールケース１０の裏面全体を覆うようにしたので、放熱樹脂８とバスバー１１～１３およびモールド樹脂１の各裏面との密着性は、従来の放熱シートを用いる場合に比べて向上する。

【００１７】

図４（ｃ）に示す工程では、バスバー１２上にハンダ３２および半導体素子２２の順に載置し、放熱樹脂８の表面８ａをヒータ１５の加熱面１５ａに接触させて加熱する。この加熱によりハンダ３２が溶融し、半導体素子２２とバスバー１２とが接合される。同時に、加熱によって放熱樹脂８の表面がヒータ面に倣って平坦となるとともに、モジュールケース１０の裏面側との密着性がさらに向上する。すなわち、加熱により放熱樹脂８が若干軟化して、隙間を埋めるような作用が働く。その後、ワイヤボンディングおよびゲル部材４の充填を行うことにより、図２に示すようなモジュールＭが形成される。放熱樹脂８の表面８ａは平坦化されているため、図３に示すようにモジュールＭをボルト９によりヒートシンク２に固定すると、放熱樹脂８の表面８ａとヒートシンク２の冷却面２ｂとが密着する。

【００１８】

図５は、バスバー１１，１２およびモールド樹脂１からヒートシンク２への熱の流れを定性的に示した図である。放熱樹脂８はバスバー１１，１２の微小凹部に密着し、さらに、モールド樹脂１の裏面部分の凹部にも放熱樹脂８が入り込んでモールド樹脂１の裏面に密着している。また、放熱樹脂８の表面８ａも加熱時に加熱面１５ａに倣って平坦化されているため、放熱樹脂８からヒートシンク２への放熱が効率良く行われる。加えて、バスバー１１，１２の端面１１ａ，１２ａに放熱樹脂８が密着しているため、熱移動経路１６に示すようにこの端面１１ａ，１２ａからもヒートシンク２へと放熱され、放熱効率の向上が図られる。

【００１９】

また、半導体素子接合時の加熱の際には、バスバー１１～１３の裏面にヒータを直接接触させるため、モールド時のバスバー同士の平面度を高い精度で合わせる必要があった。しかし、本実施の形態では、上述したようにヒータ１５と接触するのは放熱樹脂８であって、その放熱樹脂８は加熱により接触面が平坦化される。そのため、バスバー同士の平面度に対する要求精度が緩和されるとともに、加熱効率の向上および加熱時間の短縮が図れる。その結果、モジュール毎の実装時間のばらつきの回避、および実装時間の短縮を図ることができる。

【００２０】

また、バスバー１１，１２とモールド樹脂１との境界面からゲル部材４が漏れ出すようなことがあった場合でも、モジュールケース１０の裏面側に形成された放熱樹脂８によってゲル部材４がモジュールケース１０外に漏れるのを防止することができる。さらに、モジュールケース１０の裏面側の凹凸を埋めるように放熱樹脂８が形成されているため、モジュールＭをヒートシンク２に固定した際の圧力分布の均一化を図ることができる。その結果、絶縁層としての圧力に対する信頼性が向上する。

【００２１】

なお、上述したようにバスバー端面からの放熱を考慮すると、樹脂モールド１の裏面側に露出する端面の面積を、すなわち、図５の突出寸法ｔを大きくした方が良い。すなわち、バスバー１１～１３の板厚を厚くして突出寸法ｔを大きくする。その結果、放熱性能の向上に加えてバスバー自体の剛性アップを図ることができる。例えば、板厚が薄い場合にはモールド成形時にバスバーが反ったりしてしまい、バスバーの実装面やヒートシンク２との接触面に回り込んでしまうおそれがある。板厚を厚くすることによりこのような不具合を避けることができる。バスバー１１～１３に銅系の材料を用いる場合には、その板厚を０．５ｍｍ以上とすることが望ましい。また、板厚が厚くなることによりバスバーの熱容量が大きくなり、半導体素子作動時の温度を低く抑えることができる。その結果、従来、半導体素子の下に別体で配置していたヒートスプレッダを省略することも可能となる。さらに、バスバー断面積が増えることから、電流経路における抵抗値が減少し、バスバー自

体の発熱による損失を抑えることができる。

【００２２】

一方、従来の半導体装置のようにモジュールＭを放熱シートを介してヒートシンクに取り付ける場合には、以下に説明するように放熱性能の点で問題がある。図６は放熱シート３を用いた場合の断面図であり、図３と同様の図である。放熱樹脂８の場合と同様に、放熱シート３は半導体素子２１，２２からバスバー１１，１２に伝達された熱をヒートシンク２に伝達するとともに、バスバー１１，１２とヒートシンク２との間の電気的絶縁を確保する役割を担っている。

【００２３】

図７は、図６の符号Ｂで示した部分の拡大図であり、バスバー１１，１２、放熱シート３およびヒートシンク２の互いの接触状況を模式的に示したものである。モジュールＭの裏面は平坦ではなく凹凸形状となっているため、モールド樹脂１の裏面側には空気層５が形成されてしまい、バスバー１１，１２の端面１１ａ，１２ａからの放熱は期待できなかった。

【００２４】

さらに、バスバー１１，１２、放熱シート３およびヒートシンク２の各接触面は、微視的に見ると平滑ではなく凹凸面となっており、接触状態は実質的に多数の点接触部から成るとみなすことができる。そのため、実質的な接触面積は見かけよりも小さくなり、微視的凹凸面の隙間にも空気層５が介在することになる。その結果、バスバー１１，１２の熱は、図７の熱移動経路６で示すように、バスバー１１と放熱シートの点接触部から放熱シート３とヒートシンク２との点接触部へと伝達されことになり、放熱性能の低下を招いていた。

【００２５】

［第１変形例］

図８は上述した実施の形態の第１変形例を示す図であり、図５と同様の部分を示す断面図である。第１変形例では、モールド樹脂１の下面１ｅ、すなわち、放熱樹脂８との接触面を凹凸形状とした。例えば、モジュールケース１０を成形する際の成形金型に凹凸形成することにより、面１ｅを凹凸形状とすることができる。その結果、モールド樹脂１と放熱樹脂８との接触面積が増大し、バスバー→モールド樹脂１→放熱樹脂８→ヒートシンク２という経路での放熱が増加する。

【００２６】

また、これによってモールド樹脂１と放熱樹脂８との間にファンデルワールス力およびアンカー効果が発生するため、例えば、モールド樹脂１にポリフェニレンサルファイド（ＰＰＳ）を放熱樹脂８にエポキシをそれぞれ使用した場合のように、接合が困難な樹脂を組み合わせて用いても、接触面における密着状態を維持することができ、剥離等を防止することができる。

【００２７】

［第２変形例］

図９は第２変形例を示す図であり、図３と同様の断面図である。第２変形例では放熱樹脂８のヒートシンク２と接触する面に箔１７を付加した。箔１７としては比較的柔らかい材質でかつ熱伝導率の大きいものが良く、また、容易に入手可能なものが好ましい。例えば、アルミ（Ａｌ）、銅（Ｃｕ）、若しくはこれらを主成分とした合金の箔が良い。このような箔１７を設けたことにより、モジュール４をヒートシンク２への取り付ける際に微細な異物（特に導電性の異物）を挟み込んでしまった場合でも、箔１７が塑性変形することによりモジュールケース１０の底面をヒートシンク２の表面に密着させることができる。また、箔１７が緩衝材となるため、異物を挟み込んだ部分に応力が集中して放熱樹脂８に亀裂等が生じるおそれが無い。そのため、導電性の異物を挟み込んだ場合であっても、モジュールＭとヒートシンク２との間に電気的短絡が生じるおそれがない。

【００２８】

［第３変形例］

図１０は第３変形例を示す断面図である。第３変形例では、放熱樹脂１８の形状が上述した放熱樹脂８と異なっている。放熱樹脂１８の場合、ヒートシンク２と接触する表面１８ａの形状は、モジュールケース１０の中央部が最も厚くなるような凸面となっている。メタルマスクやシルク印刷を用いて放熱樹脂１８を製作する場合には、マスクの厚さを変えることでこのような凸面とすることができる。また、シート状の放熱樹脂１８を別に製作する場合には、モジュール中央部に向かって凸となるように加工された成形型を用いれば良い。

【００２９】

なお、バスバー上に半導体素子を実装する際には、放熱樹脂１８の凸面１８ａと密着する凹面形状の専用治具をモジュールＭに装着し、その専用治具をヒータで加熱して半導体素子をバスバー上に接合すれば良い。専用治具はカーボンや熱伝導率の高い銅（Ｃｕ）等で形成される。

【００３０】

モジュールＭをヒートシンク２に固定する際には、ボルト９を締め付けることにより放熱樹脂１８が変形して表面１８ａは平面状となり、モジュールＭとヒートシンク２との隙間の空気は、モジュール中央部分から周辺部分へと押し出される。よって、モジュールＭとヒートシンク２との間に空気が残留するのを防止することができ、放熱性能を向上させることができる。なお、モジュールＭをヒートシンク２に固定する際に、モジュールＭをヒートシンク２方向に付勢しつつボルト９を締め付けるようにしても良い。

【００３１】

上述した実施の形態では、インバータの１相分の回路を例に説明したが、複数のバスバーが樹脂モールドによって一体成形され、そのバスバーを冷却装置で冷却する構造であれば、本発明を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】インバータにおける一相分の回路を示す図である。

【図２】図１に示した回路に相当する部分の、実装構造を示す斜視図である。

【図３】図２に示した半導体装置の断面図である。

【図４】半導体装置の製造手順を説明する図であり、（ａ）～（ｃ）に各工程を示す。

【図５】バスバー１１，１２およびモールド樹脂１からヒートシンク２への熱の流れを定性的に示した図である。

【図６】放熱シート３を用いた場合の断面図である。

【図７】図６の符号Ｂで示した部分の拡大図である。

【図８】第１変形例を示す断面図である。

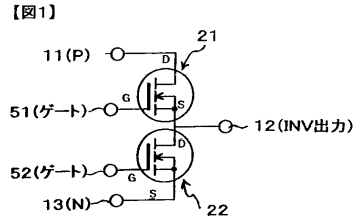
【図９】第２変形例を示す断面図である。

【図１０】第３変形例を示す断面図である。

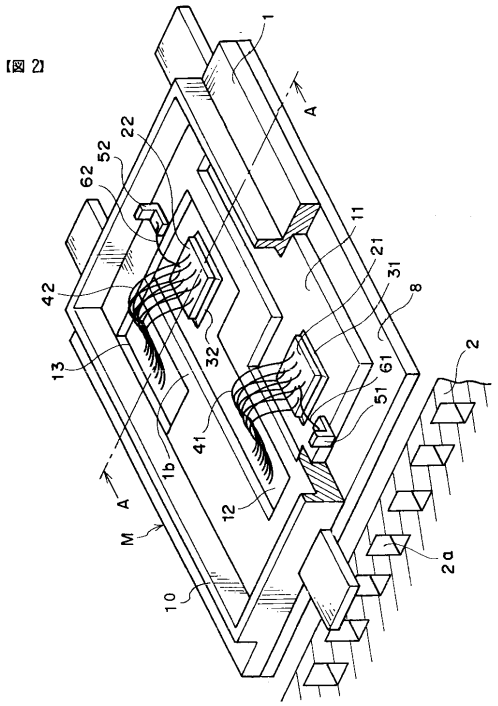
【符号の説明】

１　モールド樹脂
２　ヒートシンク
２ｂ　冷却面
３　放熱シート
４　ゲル部材
５　空気層
８，１８　放熱樹脂
１０　モジュールケース
１１～１３　バスバー
１５　ヒータ
１７　箔
２１，２２　半導体素子
Ｍ　モジュール

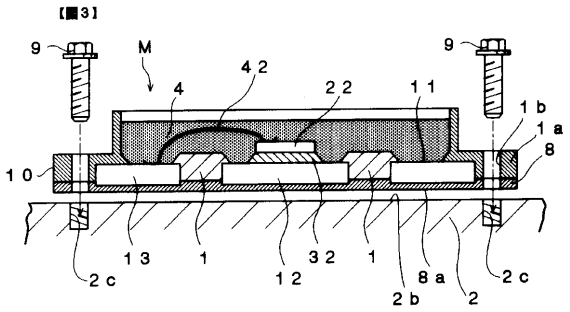
【図１】


【図1】
11(P)
21
51(ゲート)
12(INV出力)
52(ゲート)
13(N)
22

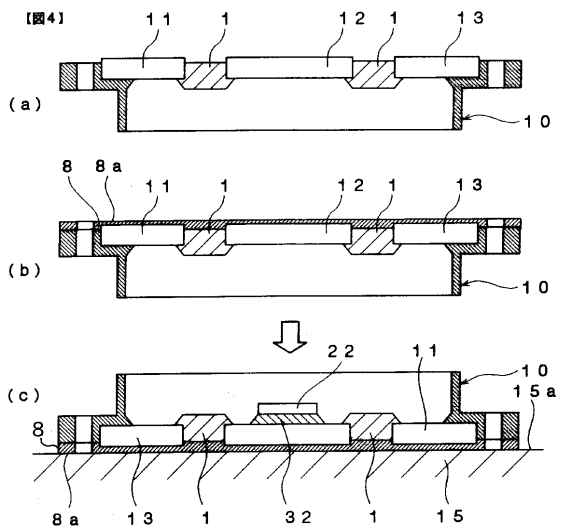
【図２】


【図2】
1
A
22
52
62
11
21
31
8
42
2
13
32
61
51
41
1b
12
M
2a
10

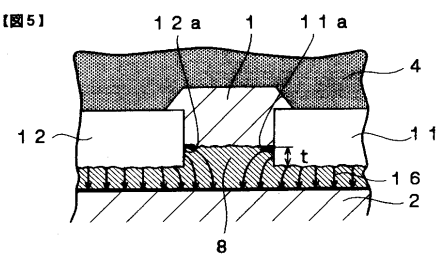
【図３】


【図3】
9
M
42
4
22
11
1b
1a
8
10
13
1
12
32
1
8a
2b
2
2c

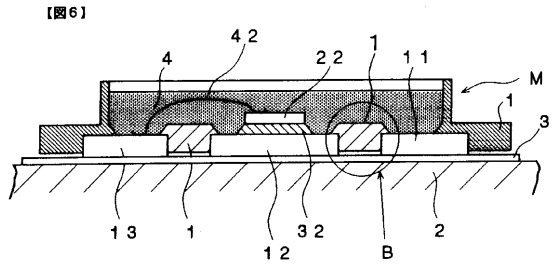
【図４】


【図4】
(a)
11
1
12
1
13
10
(b)
8
8a
(c)
22
15a
8a
15

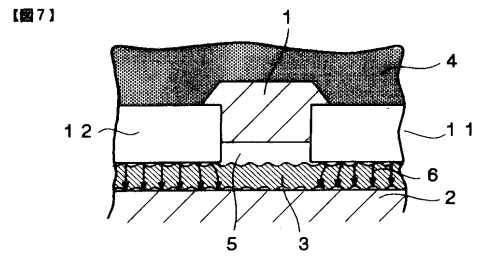
【図５】


【図5】
12a
11a
4
12
11
t
16
2
8

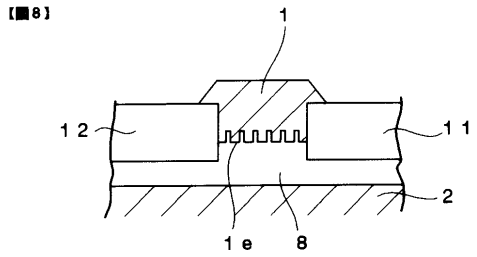
【図６】



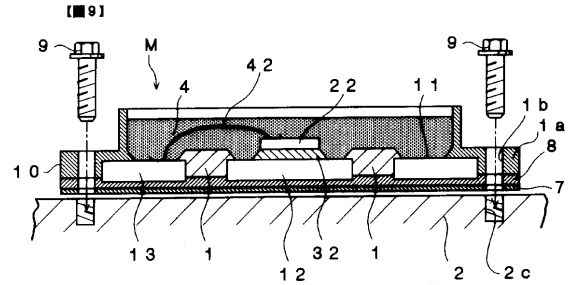
【図７】



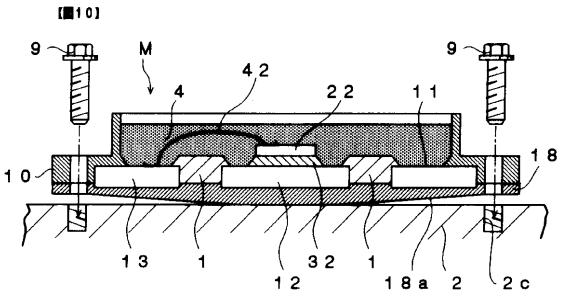
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－２２８４９２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２４７６９７（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２５１３４２（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１９５７２３（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２４２３５４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 23/29
H01L 25/07
H01L 25/18