

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4438489号
(P4438489)

(45) 発行日 平成22年3月24日 (2010. 3. 24)

(24) 登録日 平成22年1月15日 (2010.1.15)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 25/07 (2006.01) HO 1 L 25/04 C
 HO 1 L 25/18 (2006.01) HO 1 L 25/08 Z
 HO 1 L 25/065 (2006.01)

請求項の数 7 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-117409 (P2004-117409)	(73) 特許権者	591083244 富士電機システムズ株式会社 東京都品川区大崎一丁目11番2号
(22) 出願日	平成16年4月13日 (2004. 4. 13)	(74) 代理人	100150441 弁理士 松本 洋一
(65) 公開番号	特開2005-303018 (P2005-303018A)	(72) 発明者	池田 良成 神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンステクノロジー株式会社内
(43) 公開日	平成17年10月27日 (2005.10.27)	(72) 発明者	山下 満男 神奈川県横須賀市長坂二丁目2番1号 富士電機アドバンステクノロジー株式会社内
審査請求日	平成19年1月16日 (2007. 1. 16)	審査官	酒井 英夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の導体基板と第2の導体基板との間にパワー半導体スイッチ素子の主電極ならびにダイオードの電極をそれぞれ接合して第1の並列接続回路を構成し、

第2の導体基板と第3の導体基板との間にパワー半導体スイッチ素子の主電極ならびにダイオードの電極をそれぞれ接合して第2の並列接続回路を構成し、

第1の並列接続回路と第2の並列接続回路とを、前記第2の導体基板を介して直列接続し、

前記第1, 第3の導体基板を直流入力端子とし、該第2の導体基板を出力端子とした半導体装置において、

前記第2の導体板の表面に絶縁層を介してゲート配線パターンを形成し、該ゲート配線パターンに、前記第1の並列回路におけるパワー半導体スイッチ素子のゲート電極を接続したことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

請求項1に記載の半導体装置において、前記第1, 第2, 第3の導体基板は金属板であることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】

請求項1に記載の半導体装置において、前記第1, 第3の導体基板はセラミック基板の両面に金属箔を接合した絶縁基板であり、第2の導体板は金属板である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、第 3 の導体板であるセラミック基板の前記パワー半導体スイッチ素子の接合面側の金属箔に、ゲート配線パターンを形成し、前記第 2 の並列回路におけるパワー半導体スイッチ素子のゲート電極を接続したことを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の半導体装置において、前記第 1 の導体基板と第 3 の導体基板とに挟まれた領域であって、前記パワー半導体スイッチ素子および前記ダイオードが接合された部分を樹脂封止したことを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】

請求項 1 または請求項 4 のいずれか一項に記載の半導体装置において、前記パワー半導体スイッチ素子の主電極および前記ダイオードの電極を前記第 1 , 第 2 , 第 3 の導体基板にはんだ接合するものであって、

前記ゲート配線と前記ゲート電極との間を、前記はんだより融点の高い金属コア、金属コアの周囲にはんだを被覆した金属コアはんだボール、はんだボールの何れかからなる金属ボールによって接続したことを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】

請求項 2 に記載の半導体装置において、前記第 1 , 第 3 の導体板の前記パワー半導体スイッチ素子の接合面とは反対側の面に、絶縁性ならびに熱伝導性を有する放熱シートを介してそれぞれ放熱フィンを備えることを特徴とする半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、複数の縦型半導体素子を同一のパッケージに格納したパワー半導体モジュールなどの半導体装置に関する。

【背景技術】

【0002】

I G B T (Insulated Gate bipolar Transistor) や F W D (Free Wheel Diode) などのパワー半導体素子を複数個同一のパッケージに収納してなるパワー半導体モジュールでは、従来は樹脂ケースのパッケージ構造が主であった。

図 3 は、パワー半導体モジュールの従来例を示す断面図である。図 3 において、セラミック基板の両面に銅パターン 2 1 a , 2 1 b を接合してなる絶縁基板 2 1 の一方の面の銅パターン 2 1 a 上に、パワー半導体素子として I G B T 1 1 a , F W D 1 1 b 並びに外部導出端子 2 2 を図示しないはんだで接合している。パワー半導体素子と外部導出端子との間は、銅パターン若しくはボンディングワイヤ 2 3 で接続されている。このように、絶縁基板上にパワー半導体素子などを搭載した状態で樹脂ケース 2 4 に格納し、必要に応じて内部に樹脂等の充填材 (図示せず) を注入した後、樹脂の蓋 2 5 で覆う。2 6 は絶縁基板の他方の面の銅パターン 2 1 b に接合された放熱ベースである (特許文献 1) 。

【0003】

上記のパワー半導体モジュールをインバータ装置に組み込んで用いる場合、例えばインバータ装置の 1 相分に相当する部分をモジュールとして構成すると、図 3 の構成では、パワー半導体素子を平面的に配置するため、パワー半導体モジュールの底面積が大きくなってしまふ。このような底面積の大きなパワー半導体モジュールはインバータ装置に組み込む際においても大きな取り付け面積を必要とするため、結果としてインバータ装置の大型化を招いてしまふ。

そこで、パワー半導体モジュールの占有面積を縮小するために、パワー半導体素子を積層する構成が提案されている (特許文献 2) 。

図 4 は、パワー半導体モジュールの別の従来例を示す断面図である。図 4 において、3 1 は、セラミック基板の一方の面に銅パターン 3 1 a , 3 1 b が接合された絶縁基板であり、銅パターン 3 1 a , 3 1 b 上にはんだボール 1 4 ' を介して I G B T 1 1 N a が、銅

10

20

30

40

50

パターン 3 1 b 上にはんだ 1 2 を介して F W D 1 1 N b がそれぞれ接合されている。銅パターン 3 1 a は I G B T 1 1 N a のゲート電極に接続され、図示しない制御端子に接続されている。

【 0 0 0 4 】

I G B T 1 1 N a , F W D 1 1 N b の他方の面ははんだ 1 2 を介して絶縁基板 3 2 の一方の面に接合された銅パターン 3 2 b に接続されている。絶縁基板 3 2 の他方の面には銅パターン 3 2 a , 3 2 b が接合されていて、両面の銅パターン 3 2 b は、絶縁基板 3 2 の中央に形成されたスルーホール 3 2 c を介して接続されている。

絶縁基板 3 2 の他方の面に接合された銅パターン 3 2 a , 3 2 b にははんだボール 1 4 ' を介して I G B T 1 1 P a が、同じく銅パターン 3 2 b にははんだ 1 2 を介して F W D 1 1 P b がそれぞれ接合されている。銅パターン 3 2 a は I G B T 1 1 P a のゲート電極に接続され、図示しない制御端子に接続されている。I G B T 1 1 P a と F W D 1 1 P b の他方の面ははんだ 1 2 を介して金属配線板 3 3 に接合されている。

このように、1 相分の上下アームを積層することによって、占有面積を約 1 / 2 とすることができ、インバータ装置に組み込む際の取り付け面積を縮小し、インバータ装置を小型化することが可能となる。

【特許文献 1】特開平 8-213547 号公報

【特許文献 2】特開 2004-22844 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

I G B T 等のパワー半導体チップは、スイッチングや導通により発熱するため、パワー半導体モジュールからの放熱対策が欠かせず、また、パワー半導体チップと回路パターンなどの他の部材との接合個所にはヒートサイクルやパワーサイクルに対する信頼性が求められる。

しかしながら、特許文献 2 に記載された構成では、I G B T と絶縁基板の銅パターンとの間の接続にはんだボール 1 4 ' が用いられていて、さらに上下アーム（絶縁基板の両面間）の電気的接続を確保するために、絶縁基板内にスルーホール 3 2 c を形成している。

このため、はんだボール 1 4 ' による接合個所並びに絶縁基板に形成されたスルーホールには、パワー半導体チップの発熱に伴い、パワー半導体チップと銅パターンあるいはセラミック基板との熱膨張係数の相違による応力が絶えず印加されることになり、はんだボール 1 4 ' の接合個所の亀裂、剥がれが生じる問題や、絶縁基板に亀裂が発生する問題がある。

【 0 0 0 6 】

また、I G B T と絶縁基板との間にはパッケージ全体を封止する樹脂（エポキシ系の樹脂など）が注入される。パワー半導体チップと絶縁基板との間のはんだボール 1 4 ' 以外の部分には熱抵抗が大きい樹脂が注入されるため、パッケージの絶縁基板側からの放熱が制限され、十分な放熱を行うことができず、パワー半導体チップの能力を使い切ることができない。

特許文献 2 の構成では、積層構造を採用することによってパッケージ内の集積度が高まり発熱密度が上昇しているため、放熱（冷却）対策が必要不可欠であるにもかかわらず、十分な冷却ができないため、接合部の長期信頼性を確保することが難しいという課題がある。特に熱伝導率が低い樹脂封止パッケージでは放熱は大きな問題となる。

この発明は、上記のパワー半導体モジュールにおける課題に鑑みてなされたものであって、積層構造を採用するパッケージにおいて半導体チップの上下面並びにパッケージの上下面からの放熱を効率良く行うことを課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

前記の課題を解決するため、この発明は、第 1 の金属バーと第 2 の金属バーとの間にパワー半導体スイッチ素子の主電極ならびにダイオードの電極をそれぞれ接合して第 1 の並

10

20

30

40

50

列接続回路を構成し、第2の金属バーと第3の金属バーとの間にパワー半導体スイッチ素子の主電極ならびにダイオードの電極をそれぞれ接合して第2の並列接続回路を構成し、第1の並列接続回路と第2の並列接続回路とを、前記第2の金属バーを介して直列接続し、前記第1、第3の金属バーを直流入力端子とし、該第2の金属バーを出力端子とするものであって、前記第2の導体板の表面に絶縁層を介してゲート配線パターンを形成し、該ゲート配線に、前記第1の並列回路におけるパワー半導体スイッチ素子のゲート電極を接続するものである。

上記の構成において、前記第1、第2、第3の金属バーを金属板とするか、前記第1、第3の金属バーをセラミック基板の両面に金属箔を接合した絶縁基板、第2の導体板を金属板とするとよい。

10

【0008】

さらに、前記第1の金属バーと第3の金属バーとに挟まれた領域であって、前記パワー半導体スイッチ素子および前記ダイオードが接合された部分を樹脂封止するとよい。

【発明の効果】

【0009】

この発明のパワー半導体モジュールによれば、上下アームを構成するパワー半導体チップを金属バーで挟み込む構造とすることでパッケージの面積を従来の1/2程度まで小型化することができる。また、パワー半導体チップの上下面並びにパッケージの上下面から高効率に放熱を行うことができ、信頼性の高い半導体デバイスの供給が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0010】

以下にこの発明を、図に示す実施例に基づいて説明する。

【実施例1】

【0011】

図1はこの発明のパワー半導体モジュールの第1の実施例を示す断面図である。図1において、11Pa、11NaはIGBT、11Pb、11NbはFWDであって、はんだ12、金属ボール14を介して金属バー13a~13cに接合されている。金属バーの材質としてCu、Al、Feあるいはこれらの合金などを用いる。なお、金属ボール14ははんだ12よりも融点の高い金属コアや、金属コアの周囲にはんだを被覆した金属コアはんだボール、あるいは単なるはんだボールを含む。金属コアを用いたものは、所望のはんだ厚を確保する点で有利である。以下において、これらを金属ボール14と総称する。

30

IGBT11Paのコレクタ電極とFWD11Pbのカソード電極は金属バー13aにはんだ接合され、同じくIGBT11Paエミッタ電極とFWD11Pbアノード電極は金属バー13bにはんだ接合される。このとき、上記はんだにはSn系のはんだを用い、IGBT11Paのゲート電極は金属ボール14を介して金属バー13b上のゲート配線(図示せず)にはんだ接合される。このゲート配線は金属バー13bの表面に例えばポリイミドなどの樹脂を塗布して200μm程度絶縁層を形成し、該絶縁層上に銅箔等でパターンニングして形成すればよい。なお、金属バー13bとして薄板状のヒートパイプを用いてもよい。ヒートパイプを用いることにより、パワー半導体モジュール内部の熱を効果的に放出することができる。

40

【0012】

また、IGBT11Naのコレクタ電極とFWD11Nbのカソード電極は金属バー13bにはんだ接合され、同じくエミッタ電極とアノード電極は金属バー13cにはんだ接合される。このとき、上記はんだにはSn系のはんだを用い、IGBT11Naのゲート電極は金属ボール14を介して金属バー13c上のゲート配線(図示せず)にはんだ接合される。

なお、上記ゲート配線は、上述の金属バー13bの表面に形成したものと同様に、絶縁層を介して銅箔等で形成してもよいし、あるいは、ディスクリット製品で使用されているような金属板を打ち抜き加工したリードフレーム状の金属バー13bを用いてもよい。ゲート配線に相当するパターンも打ち抜き加工されているので、金属バー13b上の絶縁層

50

は不要である。後述の樹脂封止の後、所望の形状にアウターリード部を切断すればよい。

【0013】

次に、組立方法について簡単に説明する。金属バー13aの所定個所にクリームはんだを塗布し、あるいははんだシートを介してIGBT11Pa, FWD11Pbを載置し、この積層体を加熱炉に投入してはんだを溶融・固化させて両者を接合する。はんだ溶融時にIGBT11PaやFWD11Pbがずれないように、図示しない治具を用いるとよい。同様に金属バー13cにIGBT11Na, FWD11Nbを接合する。

つづいて、金属バー13bの両面の所定個所にクリームはんだを塗布し、あるいははんだシートを介して、金属バー13aとIGBT11Pa, FWD11Pbの接合体と、金属バー13cとIGBT11Na, FWD11Nbの接合体との間に介挿し、再び加熱炉に投入して金属バー13bの両面のはんだを溶融・固化させてすべての接合を完了させる。金属バー13bの接合に用いるはんだは、金属バー13a, 13cの接合に用いたはんだより融点の低いものを用いるとよい。

10

【0014】

上記のように、先に、金属バー13a, 13cへIGBT11a, FWD11bを接合した後、両者を金属バー13bに接合することにより、組立に用いる位置決め治具を簡単な構成とすることができ、各半導体チップを金属バー13a, 13cの所定の個所に固定することが容易となり、組立精度を向上させることができる。

あるいは、各接合に用いるはんだを同融点として、すべてのはんだ接合を同時に行ってもよい。組立に用いる位置決め治具が若干複雑になるものの、はんだ接合工程を1回で完了させることができ、生産性を向上させることができる。

20

つづいて、上記のはんだ接合が完了した積層体を封止型に嵌装し、溶融したエポキシ樹脂などの封止樹脂15を流し込む。金属バー13aと13cとの間であって、半導体チップが実装された領域を封止する。このとき、金属バー13a, 13cのはんだ接合されていない面を露出するようにすると、半導体チップが発生する熱を露出面より放出しやすくなる。

【0015】

このように、IGBT11Pa, FWD11PbとIGBT11Na, FWD11Nbとを金属バー13bを介して金属バー13a, 13c間に積層し、IGBT11PaとFWD11Pbで上(正極側)アーム, IGBT11NaとFWD11Nbとで下(負極側)アームを構成し、金属バー13aを直流入力(正極), 金属バー13bを交流出力, 金属バー13cを直流入力(負極)とする1相分のパワー半導体モジュール(2個組み積層型パッケージ)を構成する。

30

このようなパッケージをインバータ装置などに組み込んで用いる場合は、金属バー13a, 13cの露出面に絶縁性があり熱伝導性の高い放熱シート16を介して放熱フィン17を接合する。放熱シート16に粘着性のものを用いれば、放熱フィン17を容易に取り付けることができる。

【実施例2】

【0016】

図2はこの発明のパワー半導体モジュールの第2の実施例を示す断面図である。図2において、18, 19はセラミック基板の両面に金属箔としての銅パターン18a, 18b, 19a, 19bが接合された絶縁基板である。絶縁基板18, 19の一方の面の銅パターン18a, 19aは、回路パターンとして形成されている。セラミック基板と金属箔との接合には、直接接合を用いてもよいし、ろう材を介して接合してもよい。

40

IGBT11Paのコレクタ電極, FWD11Pbのカソード電極, 直流入力端子(P)となる金属バー13dは、絶縁基板18の銅パターン18aにはんだ接合され、同様にIGBT11Paエミッタ電極とFWD11Pbアノード電極は金属バー13bにはんだ接合される。このとき、上記はんだにはSn系のはんだを用い、IGBT11Paのゲート電極は金属ボール14を介して金属バー13b上のゲート配線(図示せず)にはんだ接合される。このゲート配線は金属バー13bの表面に例えばポリイミドなどの樹脂を塗布

50

して200 μ m程度絶縁層を形成し、該絶縁層上に銅箔等でパターンニングして形成すればよい。なお、金属バー13bとして薄板状のヒートパイプを用いてもよい。ヒートパイプを用いることにより、パワー半導体モジュール内部の熱を効果的に放出することができる。

【0017】

また、IGBT11Naのコレクタ電極とFWD11Nbのカソード電極は金属バー13bにはんだ接合され、同じくIGBT11Naエミッタ電極、FWD11Nbアノード電極、直流入力端子(N)となる金属バー13eは絶縁基板19の銅パターン19aにはんだ接合される。このとき、上記はんだにはSn系のはんだを用い、IGBT11Naのゲート電極は金属ボール14を介して絶縁基板19の銅パターン19a'にはんだ接合される。

10

なお、IGBT11Naのゲートに対応する部分については、パワー半導体モジュール外への引き出し部の図示は省略するが、絶縁基板19の回路パターン形成により自在に引き出すことができ、リードフレームを用いた場合に比べ、設計の自由度が高い。

第2実施例のパワー半導体モジュールの組立方法も第1の実施例と同様であって、絶縁基板18の銅パターン18a上にIGBT11Pa、FWD11Pb、金属バー13dを、をそれぞれ所定の位置に塗布したクリームはんだもしくははんだシートを介して載置し、この積層体をそれぞれ加熱炉に投入し、はんだを溶融・固化させて接合する。はんだ溶融時にIGBT11Pa、FWD11Pb、金属バー13dがすれないよう、図示しない治具を用いるとよい。同様に絶縁基板19の銅パターン19a上にIGBT11Na、FWD11Nb、金属バー13eを接合する。

20

【0018】

つづいて、金属バー13bの両面の所定個所にクリームはんだを塗布し、あるいははんだシートを介して、絶縁基板18の接合体と絶縁基板19の接合体との間に介挿し、再び加熱炉に投入して金属バー13bの両面のはんだを溶融・固化させてすべての接合を完了させる。金属バー13bの接合に用いるはんだは、金属バー13a、13cの接合に用いたはんだより融点の低いものを用いるとよい。

このように、予め絶縁基板18側(上アーム側)、絶縁基板19側(下アーム側)のはんだ接合を完了させることにより、組立に用いる位置決め治具を簡単な構成とすることができ、半導体チップや導体板の接合精度を向上させることができる。

30

あるいは、同融点のはんだを用い、すべてのはんだ接合を同時に行ってもよい。この場合は、はんだ接合工程を1回で完了させることができるため、生産性を向上させることができる。

【0019】

つづいて、上記のはんだ接合が完了した積層体を封止型に嵌装し、溶融したエポキシ樹脂などの封止樹脂15を流し込む。絶縁基板18、19に挟まれた領域であって、半導体チップが実装された領域を封止する。このとき、絶縁基板18、19の銅パターン18b、19bを露出するようにすると、半導体チップが発生する熱を露出面より放出しやすくなる。

このように、IGBT11Pa、FWD11PbとIGBT11Na、FWD11Nbとを金属バー13bを介して絶縁基板18、19間に積層し、IGBT11PaとFWD11Pbで上(正極側)アーム、IGBT11NaとFWD11Nbとで(負極側)アームを構成し、金属バー13dを直流入力(正極)、金属バー13bを交流出力、金属バー13eを直流入力(負極)とする1相分のパワー半導体モジュール(2個組み積層型パッケージ)を構成する。

40

【0020】

絶縁基板を用いているため、絶縁基板の露出面(銅パターン18b、19b)は内部のとは絶縁が保たれている。このため、このようなパッケージをインバータ装置などに組み込んで用いる場合、第1の実施例で用いた放熱シートは不要である。放熱フィン17の取り付けにあたっては、封止した樹脂部に放熱フィンの固定用のビス穴(図示せず)を設け

50

てもよい。ビス穴内に金属管を圧入若しくは樹脂に一体に形成することで所望の強度を得ることができる。あるいは、絶縁基板 18 側の放熱フィンと絶縁基板 19 側の放熱フィンとでパワー半導体モジュールを挟み込み、放熱フィン同士を相互に固定してもよい。

なお、上記の各実施例においては、各接合をはんだによって行っているが、電氣的・熱的・機械的な接続を図る接合方法であればこれに限るものではない。例えば、実施例 1 において、金属バー 13 a, 13 c と IGBT 11 a, FWD 11 b との間をはんだによって接合し、同じく実施例 2 においては、絶縁基板 18, 19 の銅パターン 18 a, 19 a と IGBT 11 P a, FWD 11 P b, IGBT 11 N a, FWD 11 N b, 金属バー 13 d, 13 e との間をはんだによって接合しているが、はんだ接合に代えて超音波接合を採用してもよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図 1】パワー半導体モジュールの第 1 の実施例を示す断面図である。

【図 2】パワー半導体モジュールの第 2 の実施例を示す断面図である。

【図 3】第 1 の従来例を示す断面図である。

【図 4】第 2 の従来例を示す断面図である。

【符号の説明】

【0022】

- 11 a, 11 N a, 11 P a IGBT
- 11 b, 11 N b, 11 P b FWD
- 12 はんだ
- 13 a, 13 b, 13 c, 13 d, 13 e 金属バー
- 14 金属
- 15 封止樹脂
- 16 放熱シート
- 17 放熱フィン
- 18, 19, 21, 31, 32 絶縁基板
- 22 外部導出端子
- 23 ボンディングワイヤ
- 24 樹脂ケース
- 25 蓋
- 26 放熱ベース
- 21 a, 21 b, 31 a, 31 b 銅パターン
- 32 c スルーホール
- 33 金属配線板

20

30

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-193476(JP,A)
特開平09-186290(JP,A)
特開平10-056131(JP,A)
特開2002-110893(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 25/00 - 25/18