

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3846699号
(P3846699)

(45) 発行日 平成18年11月15日(2006.11.15)

(24) 登録日 平成18年9月1日(2006.9.1)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 23/28 (2006.01)	HO 1 L 23/28 B
HO 1 L 21/56 (2006.01)	HO 1 L 21/56 T
HO 1 L 23/50 (2006.01)	HO 1 L 23/50 Y
HO 1 L 25/07 (2006.01)	HO 1 L 25/04 C
HO 1 L 25/18 (2006.01)	

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2001-312641 (P2001-312641)	(73) 特許権者	000005234
(22) 出願日	平成13年10月10日 (2001.10.10)		富士電機ホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2003-124400 (P2003-124400A)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(43) 公開日	平成15年4月25日 (2003.4.25)	(74) 代理人	100077481
審査請求日	平成16年5月17日 (2004.5.17)		弁理士 谷 義一
		(74) 代理人	100088915
			弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	内田 真治
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
			富士電機株式会社内
		(72) 発明者	岡本 健次
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
			富士電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体パワーモジュールおよびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

板状金属のヒートシンクの一方向の主面に、熱伝導率が $1.0 \sim 7.5 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ であり、厚さが $50 \sim 150 \mu\text{m}$ である絶縁樹脂層を備えて構成した金属絶縁板と、該金属絶縁板の前記絶縁樹脂層上に設けられたリードフレームとからなり、前記リードフレームは段差状の屈曲部を有し、前記屈曲部は前記ヒートシンクの主面の端部から 2 mm 以上内側に位置し、かつ、前記ヒートシンク端部での前記リードフレームの浮き上がり寸法が 1 mm 以上となるように屈曲し、前記金属絶縁板と前記リードフレームとが、厚さが $10 \sim 50 \mu\text{m}$ である接着樹脂層を介してプレス接着されていることを特徴とする半導体パワーモジュール用回路基板。

【請求項2】

前記絶縁樹脂層が、酸化珪素、酸化アルミニウム、窒化珪素、窒化アルミニウム、および、窒化ホウ素のうち少なくとも1種類以上のフィラーを含有するエポキシ樹脂からなることを特徴とする請求項1に記載の半導体パワーモジュール用回路基板。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の半導体パワーモジュール用回路基板と、該回路基板に備えられた前記リードフレーム上に半田付けされた半導体素子と、該半導体素子と前記リードフレームとを電氣的に接続するためのボンディングワイヤとを備え、前記リードフレームの外端部および前記ヒートシンクの他方の主面以外の部分がモールド用樹脂でモールドされていることを特徴とする半導体パワーモジュール。

10

20

【請求項 4】

前記モールド用樹脂の熱膨張率が、前記ヒートシンクの熱膨張率の60～110%であることを特徴とする請求項3に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項 5】

板状金属のヒートシンクの一方の主面に、熱伝導率が1.0～7.5 W/(m・K)であり、厚さが50～150 μmである絶縁樹脂層を設けて金属絶縁板を形成するステップと、前記絶縁樹脂層上の所望の場所に厚さが10～50 μmである接着シートを載置するステップと、前記絶縁樹脂上に前記接着シートを載置した状態で前記金属絶縁板をプレス積層するステップと、段差状の屈曲部を有するリードフレーム上の所望の位置に半導体素子を半田付けするステップと、前記接着シート上に、前記半導体素子を半田付けした前記 10
リードフレームを、前記屈曲部が前記ヒートシンクの主面の端部から2 mm以上内側に位置し、かつ、前記ヒートシンク端部での前記リードフレームの浮き上がり寸法が1 mm以上となるように載置するステップと、前記リードフレーム上に半田付けした前記半導体素子を、前記リードフレームの所望の位置にワイヤボンディングするステップと、前記金属絶縁板と、前記接着シートと、前記リードフレームとを積層させた状態で樹脂モールドするステップとからなり、前記接着シートを介して前記リードフレームを前記絶縁樹脂層上にプレス接着させることを特徴とする半導体パワーモジュールの製造方法。

【請求項 6】

前記半田付けは、前記リードフレーム上の所望の位置にフラックスを含まない板半田を載置し、該板半田上に前記半導体素子を配置させ、還元雰囲気中の所定温度下で前記半導体素子を前記リードフレーム上に固着させ、前記半田付け後の洗浄なしに前記ワイヤボンディングをおこなうことを特徴とする請求項5に記載の半導体パワーモジュールの製造方法。 20

【請求項 7】

前記半田付けは、予め前記リードフレーム上の所望の位置にエポキシ樹脂を主成分とするフラックス入りの半田を塗工し、該半田の塗工箇所に前記半導体素子を配置させ、還元雰囲気中の所定温度下で前記半導体素子を前記リードフレーム上に固着させ、前記半田付け後の洗浄なしに前記ワイヤボンディングをおこなうことを特徴とする請求項5に記載の半導体パワーモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】 30

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体パワーモジュールおよびその製造方法に関し、より詳細には、放熱性に優れ、低コストで、かつ、電気絶縁特性が良好な半導体パワーモジュールおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体パワーモジュールは、回路基板上に半導体素子等の電子部品を実装して構成されるものであり、回路基板には、従来より、セラミック等の絶縁性基板に比較して放熱性の高い金属ベース基板が多用されてきた。この金属ベース基板は、銅板やアルミニウム板等の金属板の上に、エポキシ樹脂からなる絶縁層と回路パターンニングを施した銅箔とを積層させて構成されている。 40

【0003】

図6は、従来の一般的な半導体パワーモジュールの製造工程を説明するためのフローチャートで、先ず、金属ベース基板の銅箔上に回路パターンニングを施す(S601)。次に、銅チップ等で構成した発熱拡散用のヒートスプレッドを準備し(S602)、金属ベース基板上にヒートスプレッドを半田付けする(S603)。更に、半導体素子を別途準備し(S604)、ヒートスプレッドを半田付けした金属ベース基板上にこの半導体素子を半田付けする(S605)。

【0004】 50

半田付けが終了した金属ベース基板上に残存している半田フラックスは洗浄により除去され(S606)、アルミ製ワイヤー等がボンディングされる(S607)。次に、樹脂製の外部端子付きのケース枠を準備し(S608)、これを金属ベース基板の周囲を囲むように嵌め込んでケース枠の底部と金属ベース基板の全周囲とを接着剤で固着し(S609)、更に、ケース枠の端子部分を金属ベース基板上の銅箔パターンの所定の位置に半田付けし(S610)、その後、洗浄を施し(S611)、シリコーンゲルやエポキシ樹脂などの封止樹脂を準備して(S612)、これを金属ベース基板とケース枠で囲まれた部分に注入し(S613)、硬化させる(S614)。このようにして、金属ベース基板上に半導体素子が実装された、ケース枠付きの半導体パワーモジュールが作製される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、昨今の半導体パワーモジュールには、製造コストを低減させ、かつ、半導体素子と放熱フィンとの間の熱抵抗を低減させることが要求されている。

【0006】

このうち、製造コストの低減のためには、半導体パワーモジュールの構成部品数を減らして製造方法を簡略化することが必要とされるものの、従来型の半導体パワーモジュールでは、金属ベース基板と樹脂製ケース枠を必須の構成要素とするために、銅箔をエッチングして回路パターンを形成したり、外部素子との接続用に予め端子を付属させたケース枠を必要とされることから、コストの低減には限界があった。

【0007】

また、電氣的絶縁不良の原因となるボイドやクラックの発生を防止するためには、ケース枠に封止樹脂を充填しそれを硬化させる工程が必要とされるため、製造に要する時間が長くなり、スループットが低下して製造コストを上昇させる原因となっていた。

【0008】

半導体パワーモジュールの製造コストの低減のために、トランスファー成型などの成型方法を採用して、高価な金属ベース基板やケース枠を不要とした構成の低コストの半導体パワーモジュールや、特開平9-139461号公報に記載された発明のように、リードフレームとヒートシンクとの間に絶縁性を有する封止樹脂を充填させて、リードフレームとヒートシンクとの間の電氣的絶縁を図りつつこれらを相互に連結させて樹脂封止した半導体パワーデバイスも考案されているものの、特開平9-139461号公報に記載された半導体パワーモジュールでは、リードフレームとヒートシンクとの間の絶縁層が封止樹脂により形成されているため、絶縁層形成後の厚み精度が低く、また、封止能力を担保する必要から絶縁層厚を十分に薄くすることも困難であり、絶縁層の放熱性を向上させてリードフレームとヒートシンクとの間の熱抵抗を低減させるという要請に対応した特性を備える半導体パワーモジュールが得られない。

【0009】

パワーモジュールに備えられた半導体素子により発生した熱は、その大半が、素子をマウントした銅箔またはリードフレームへと伝熱された後、さらに、絶縁層、金属板(ヒートシンク)を伝熱経路として伝熱結合した放熱フィンに達して周囲へと放熱される。この場合、上述の伝熱経路の熱抵抗が大きいと半導体素子の温度が上昇し、素子特性を劣化させてしまうことになるため、半導体パワーモジュールの電流容量の増大化やモジュールの小型化に伴い、伝熱経路の熱抵抗を低減させることが益々重要となる。

【0010】

このような技術上の問題を解決するために、特開2001-196495号公報において、ヒートシンクである金属板上にリードフレームを絶縁層を介して設けた構成の樹脂モールド用回路基板の発明が開示されている。しかし、ここで用いられている絶縁層は、金属板とリードフレームとを接着しながらも電気絶縁性と熱伝導性に富む材料であることが要求され、絶縁層として利用可能な材料の選択に制約がある。更に、この絶縁層は、金属板上に無機粉体を含有させたエポキシ樹脂等を塗布したり、Bステージ状態の絶縁シートをプレス圧着したりすることにより形成されるため、形成後に得られる絶縁層の膜厚の均一

10

20

30

40

50

性を十分に担保することが困難であり、その結果、絶縁層内での熱抵抗値が不均一になってしまうといった問題があった。

【0011】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、低コストで、放熱性および絶縁特性に優れ、かつ、これらの特性が面内で均一な半導体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。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、半導体パワーモジュール用回路基板であって、板状金属のヒートシンクの一方向の主面に、熱伝導率が $1.0 \sim 7.5 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ であり、厚さが $50 \sim 150 \mu\text{m}$ である絶縁樹脂層を備えて構成した金属絶縁板と、該金属絶縁板の前記絶縁樹脂層上に設けられたリードフレームとからなり、前記リードフレームは段差状の屈曲部を有し、前記屈曲部は前記ヒートシンクの主面の端部から 2 mm 以上内側に位置し、かつ、前記ヒートシンク端部での前記リードフレームの浮き上がり寸法が 1 mm 以上となるように屈曲し、前記金属絶縁板と前記リードフレームとが、厚さが $10 \sim 50 \mu\text{m}$ である接着樹脂層を介してプレス接着されていることを特徴とする。

10

【0013】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の半導体パワーモジュール用回路基板において、前記絶縁樹脂層が、酸化珪素、酸化アルミニウム、窒化珪素、窒化アルミニウム、および、窒化ホウ素のうち少なくとも1種類以上のフィラーを含有するエポキシ樹脂からなることを特徴とする。

20

【0017】

また、請求項3に記載の発明は、半導体パワーモジュールであって、請求項1又は2に記載の半導体パワーモジュール用回路基板と、該回路基板に備えられた前記リードフレーム上に半田付けされた半導体素子と、該半導体素子と前記リードフレームとを電気的に接続するためのボンディングワイヤとを備え、前記リードフレームの外端部および前記ヒートシンクの他方向の主面以外の部分がモールド用樹脂でモールドされていることを特徴とする。

【0018】

また、請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の半導体パワーモジュールにおいて、前記モールド用樹脂の熱膨張率が、前記ヒートシンクの熱膨張率の $60 \sim 110\%$ であることを特徴とする。

30

【0019】

また、請求項5に記載の発明は、半導体パワーモジュールの製造方法であって、板状金属のヒートシンクの一方向の主面に、熱伝導率が $1.0 \sim 7.5 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ であり、厚さが $50 \sim 150 \mu\text{m}$ である絶縁樹脂層を設けて金属絶縁板を形成するステップと、前記絶縁樹脂層上の所望の場所に厚さが $10 \sim 50 \mu\text{m}$ である接着シートを載置するステップと、前記絶縁樹脂層上に前記接着シートを載置した状態で前記金属絶縁板をプレス積層するステップと、段差状の屈曲部を有するリードフレーム上の所望の位置に半導体素子を半田付けするステップと、前記接着シート上に、前記半導体素子を半田付けした前記リードフレームを、前記屈曲部が前記ヒートシンクの主面の端部から 2 mm 以上内側に位置し、かつ、前記ヒートシンク端部での前記リードフレームの浮き上がり寸法が 1 mm 以上となるように載置するステップと、前記リードフレーム上に半田付けした前記半導体素子を、前記リードフレームの所望の位置にワイヤボンディングするステップと、前記金属絶縁板と、前記接着シートと、前記リードフレームとを積層させた状態で樹脂モールドするステップとからなり、前記接着シートを介して前記リードフレームを前記絶縁樹脂層上にプレス接着させることを特徴とする。

40

【0021】

また、請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の半導体パワーモジュールの製造方法

50

において、前記半田付けは、前記リードフレーム上の所望の位置にフラックスを含まない板半田を載置し、該板半田上に前記半導体素子を配置させ、還元雰囲気中の所定温度下で前記半導体素子を前記リードフレーム上に固着させ、前記半田付け後の洗浄なしに前記ワイヤボンディングをおこなうことを特徴とする。

【0022】

更に、請求項7に記載の発明は、請求項5に記載の半導体パワーモジュールの製造方法において、前記半田付けは、予め前記リードフレーム上の所望の位置にエポキシ樹脂を主成分とするフラックス入りの半田を塗工し、該半田の塗工箇所に前記半導体素子を配置させ、還元雰囲気中の所定温度下で前記半導体素子を前記リードフレーム上に固着させ、前記半田付け後の洗浄なしに前記ワイヤボンディングをおこなうことを特徴とする。

10

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。

【0024】

〔実施例1〕

図1は、本発明の半導体パワーモジュールの構成例を説明するための図で、金属のヒートシンク1の上に絶縁樹脂層2を設けた金属絶縁板と、接着樹脂層3を介して絶縁樹脂層2上に固着されたリードフレーム4と、リードフレーム4上に半田5で固着された半導体の素子5と、素子5の上面電極とリードフレーム4の所定位置とを導通させるためのボンディングワイヤ7と、これらをモールドするモールド樹脂8とから構成されている。

20

【0025】

ここで、絶縁樹脂層2は、ヒートシンク1とリードフレーム4とを電氣的に絶縁し、かつ、良好な熱伝導を得る役割を果たすためのもので、その熱伝導率は、 $1.0 \sim 7.5 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ の範囲とすることが好ましい。これは、熱伝導度を $1.0 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ 以下とすると、その放熱性の低さから定格容量が大きく制限され、 $600 \text{ V} \cdot 20 \text{ A}$ 定格でのチップの使用が困難となるからであり、 $7.5 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ 以上とすると、特殊なフィラーを大量に用いて絶縁層を形成する必要が生じるために絶縁層の信頼性が低下し、その結果、定格電圧が制約されて 600 V 耐圧のチップが使用できなくなる可能性があるためである。なお、 $600 \text{ V} \cdot 20 \text{ A}$ 定格でのより安定したチップの使用、若しくはそれ以上の定格値での使用のためには、熱伝導度を $1.8 \sim 5.0 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$ の範囲とすることがより好ましい。

30

【0026】

この構造の半導体パワーモジュールでは、ヒートシンク1の下面とリードフレーム4の外部端子部分の一部を除くモジュール全体が、モールド樹脂8によってモールドされているため、ケース枠や、回路をパターンニングした金属ベース基板などの高価な部材を必要としない。また、比較的長時間を必要とする封止樹脂の充填・硬化工程も不用である。このため製造コストを大幅に削減することが可能となるとともに、薄い絶縁樹脂層2を高い精度で形成することが可能なため、放熱性にも優れるという利点がある。

【0027】

〔実施例2〕

図2は、本発明の半導体パワーモジュールの第1の製造工程例を説明するためのフローチャートで、先ず、絶縁樹脂層として酸化珪素フィラーを分散させたエポキシ樹脂をシート成型した後にヒートシンクとなる厚さ2mmのアルミニウム板の上にプレス積層させて、絶縁樹脂層厚が $80 \mu\text{m}$ の金属絶縁板を作製する(S201)。

40

【0028】

次に、この金属絶縁板を $40 \times 100 \text{ mm}$ の大きさに打抜き加工し、その上に、 $40 \times 100 \text{ mm}$ の酸化珪素フィラーを分散させたBステージのエポキシ樹脂からなる接着シートを重ね(S202)、更に、所定の回路パターン形状に加工したリードフレームを載せる(S203)。この状態で、加熱プレス成形機中で加圧 4 MPa 、温度 180 の条件下で30分保持してプレス接着する(S204)。なお、このときの接着樹脂層厚は 20μ

50

mとする。

【0029】

このようにして作製した回路基板の所定の位置に、フラックス入りのクリーム半田をディスプレイペンで塗工し、その上に半導体素子を並べ(S205)、リフロー炉中で、220で10分間の半田付けを行ない(S206)、その後、不要なフラックスを洗浄し(S207)、0.3mmのアルミニウムワイヤーを用いてワイヤーボンディングして素子を実装(S208)した後、別途、モールド樹脂を準備し(S209)、トランスファー成型機を使って175で120分間のトランスファー成型を行って樹脂モールドする(S210)。

【0030】

このようにして作製した半導体パワーモジュールを用いたインバータ回路について、動作試験、および、-40~150で1000回のヒートサイクル試験を行ったところ、半導体パワーモジュールとしての特性を十分に満足していることが確認された。

【0031】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップと、シャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否の判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

【0032】

従って、絶縁樹脂層の熱伝導率を、1.0~7.5W/(m・K)の範囲とすることで実用上十分な特性を有する半導体パワーモジュールが得られることが分る。

【0033】

なお、絶縁樹脂層の樹脂を、エポキシ樹脂に替えて、ポリイミド樹脂やフッ素樹脂としても同様の特性の半導体パワーモジュールが得られた。

【0034】

〔実施例3〕

絶縁樹脂層に含まれるフィラーは、絶縁樹脂層の電気絶縁性や熱伝導性、更には、損失とノイズの誘導にかかわる誘電率等にも関係するため、半導体パワーモジュールにおける特に重要な構成要素である。

【0035】

そこで、各種の材質のフィラーを分散させたエポキシ樹脂をシート成型して絶縁樹脂層を形成し、半導体パワーモジュールを作製した。なお、絶縁樹脂層のエポキシ樹脂に含有されるフィラーの材質以外は、実施例2で説明したのと同様の製造工程により作製した。

【0036】

その結果、酸化珪素、酸化アルミニウム、窒化珪素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素、またはそれらの混合物を含有したエポキシ樹脂からなる絶縁樹脂層を備える半導体パワーモジュールにおいて、インバータ回路での動作試験、および、-40~150で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0037】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップと、シャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否の判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

【0038】

〔実施例4〕

本発明の半導体パワーモジュールへの、絶縁樹脂層および接着樹脂層の厚みの影響を検討した。なお、絶縁樹脂層、接着樹脂層の厚さ以外は、実施例2で説明したのと同様の製造工程により作製した。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

表 1 は、絶縁樹脂層厚を 2 5 ~ 2 0 0 μm 、接着樹脂層厚を 5 ~ 1 0 0 μm の範囲で変化させて作製した半導体パワーモジュールの特性を纏めたものである。

【 0 0 4 0 】

【表 1】

条件	絶縁樹脂層厚 (μm)	接着樹脂層厚 (μm)	結果
1	25	50	絶縁不良
2	40	50	絶縁不良
3	60	50	OK
4	80	50	OK
5	120	50	OK
6	150	50	OK
7	200	50	過温度上昇
8	250	50	過温度上昇
9	80	5	リードフレーム剥離
10	80	10	OK
11	80	20	OK
12	80	50	OK
13	80	75	過温度上昇

【 0 0 4 1 】

この表から分るように、絶縁樹脂層の厚さが 5 0 ~ 1 5 0 μm で、かつ、接着樹脂層の厚さが 1 0 ~ 5 0 μm の半導体パワーモジュールにおいて、インバータ回路での動作試験、および、- 4 0 ~ 1 5 0 で 1 0 0 0 回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【 0 0 4 2 】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、I G B T チップおよび F W D チップの各々 6 チップとシャント抵抗 1 つを搭載させた 6 0 0 V ・ 2 0 A 定格のモジュールにおいて、1 2 0 % 印加で 3 0 分の運転を行なったものであり、その合否の判定は、別の制御回路により、3 相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

【 0 0 4 3 】

〔実施例 5〕

本発明の半導体パワーモジュールに備えるリードフレームの形状を検討した。なお、リードフレームの形状以外は、実施例 2 において説明したものと同様の製造工程により作製した。

【 0 0 4 4 】

図 3 は、本発明の半導体パワーモジュールに備えるリードフレームの形状を説明するための図で、図 1 に示した構造の半導体パワーモジュールの外部端子部分近傍の様子を示しており、金属のヒートシンク 3 1 の上に絶縁樹脂層 3 2 を設けた金属絶縁板と、接着樹脂層 3 3 を介して絶縁樹脂層 3 2 上に固着されたリードフレーム 3 4 と、リードフレーム 3 4

上に半田 3 5 で固着された図示しない半導体素子とがモールド樹脂 3 6 で封止されている。

【 0 0 4 5 】

リードフレーム 3 4 は、ヒートシンク 3 1 の主面の端部から距離 a の位置に段差状の屈曲部分を有し、これにより、リードフレーム 3 4 の一部は接着樹脂層 3 3 から距離 b だけ離隔し、この状態でモールド樹脂 3 6 の外部へと突出している。なお、距離 b は、ヒートシンク端部でのリードフレームの浮き上がり寸法のことである。

【 0 0 4 6 】

表 2 は、距離 a および距離 b をパラメータとする様々な形状のリードフレーム 3 4 を備えた、本発明の半導体パワーモジュールの特性を纏めたものである。

【 0 0 4 7 】

【表 2】

条件	a (mm)	b (mm)	結果
1	0	0	絶縁不良
2	1	0.5	絶縁不良
3	1	1	絶縁不良
4	1	2	絶縁不良
5	1	3	加工不良 (クラック)
6	2	0.5	絶縁不良
7	2	1	OK
8	2	2	OK

【 0 0 4 8 】

この表から分るように、リードフレーム 3 4 の屈曲部分の位置を、ヒートシンク 3 1 の主面の端部から 2 mm 以上とし、かつ、ヒートシンク端部でのリードフレームの浮き上がり寸法を 1 mm 以上とすることで、リードフレーム 3 4 の加工不良や半導体パワーモジュールの電気絶縁不良をなくすことができた。

【 0 0 4 9 】

〔実施例 6〕

本発明の半導体パワーモジュールを構成するモールド樹脂およびヒートシンク部材が、半導体パワーモジュールの特性に及ぼす効果について検討した。

【 0 0 5 0 】

表 3 は、熱膨張率の異なるモールド樹脂およびヒートシンク部材を用いて本発明の半導体パワーモジュールを構成し、これらの材料間の熱膨張率差に起因する樹脂層の応力破壊によってモジュール不良が発生するか否かテストした結果を纏めたものである。なお、モールド樹脂とヒートシンク部材以外は、実施例 2 において説明したものと同様の製造工程により作製した。

【 0 0 5 1 】

【表 3】

条件	ヒートシンク材	ヒートシンク熱膨張率 α ($\times E-6/^{\circ}C$)	モールド樹脂熱膨張率 α ($\times E-6/^{\circ}C$)	熱膨張率差 (%)	結果
1	銅	18	10	56	ヒートサイクル不良
2	銅	18	12	67	OK
3	銅	18	14	78	OK
4	銅	18	16	89	OK
5	銅	18	18	100	OK
6	銅	18	20	111	ヒートサイクル不良
7	銅	18	22	122	成型時不良
8	アルミニウム	24	14	42	ヒートサイクル不良
9	アルミニウム	24	16	67	OK
10	アルミニウム	24	18	75	OK
11	アルミニウム	24	20	83	OK
12	アルミニウム	24	21	87	OK
13	アルミニウム	24	24	100	OK
14	アルミニウム	24	26	108	OK
15	アルミニウム	24	27	113	ヒートサイクル不良
16	アルミニウム	24	30	125	成型時不良

10

20

30

【0052】

この表から分かるように、モールド樹脂の熱膨張率がヒートシンク材の熱膨張率の60～110%となるように材料を選択すれば、成型後の割れやヒートサイクル試験後の不良は生じておらず、更に、インバータ回路での動作試験、および、-40～150 で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0053】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップとシャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否の判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、

40

【0054】

〔実施例7〕

図4は、本発明の半導体パワーモジュールの第2の製造工程例を説明するためのフローチャートで、まず、酸化珪素フィラーを分散させたエポキシ樹脂をシート成型して1000×1000×2mm³のアルミニウム板上にプレス積層し、絶縁樹脂層厚が80μmの金属絶縁板を作製して、40×100mm²の面積に打ち抜き加工する(S401)。また、酸化珪素フィラーを分散させたBステージのエポキシ樹脂からなる接着シートも40×100mm²の面積に打ち抜く(S402)。

【0055】

50

別途、所定の回路パターンに加工したリードフレームを準備し（S403）、回路基板の所定の位置にフラックス入りのクリーム半田をディスペンサーで塗工してその上に半導体素子を並べ（S404）、220のリフロー炉で10分間の半田付けを行なう（S405）。その後、不要なフラックスを洗浄し（S406）、0.3mmのアルミニウムワイヤーを所定位置にワイヤーボンディングし（S407）て実装する。

【0056】

更に、モールド樹脂を準備し（S408）、金属絶縁板上に接着シートおよび実装したリードフレームを積層させてトランスファー成型金型中にセットし、トランスファー成型機を用いて、リードフレームを押え込みながら175で120分の条件でトランスファー成型を実行する（S409）。なお、このトランスファー成型工程では、金属絶縁板上へのリードフレームの接着と樹脂モールドとを同時に実行する。

10

【0057】

このようにして作製した半導体パワーモジュールを用いて構成したインバータ回路の動作試験、および、-40～150で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0058】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップとシャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

20

【0059】**〔実施例8〕**

図5は、本発明の半導体パワーモジュールの第3の製造工程を説明するためのフローチャートで、先ず、酸化珪素フィラーを分散させたエポキシ樹脂をシート成型し、1000×1000×2mm³のアルミニウム板上にプレス積層して絶縁樹脂層厚が80μmの金属絶縁板を作製し、この金属絶縁板上に酸化珪素フィラーを分散させた未硬化のエポキシ樹脂からなる接着シートを重ねプレス成型し（S501）、この大面積の接着シート付き金属絶縁板を40×100mm²に打抜き加工する（S502）。別途、所定の回路パターンに加工したリードフレームを準備し（S503）、回路基板の所定の位置にフラックス入りのクリーム半田をディスペンサーで塗工してその上に半導体素子を並べ（S504）、220のリフロー炉で10分間の半田付けを行なう（S505）。その後、不要なフラックスを洗浄し（S506）、0.3mmのアルミニウムワイヤーを所定位置にワイヤーボンディングし（S507）て実装する。

30

【0060】

次に、接着シート付き金属絶縁板上に素子を実装したリードフレームをトランスファー成型金型中に積層し（S508）、別途、モールド樹脂を準備し（S509）、金属絶縁板上に接着シートおよび実装したリードフレームを積層させてトランスファー成型金型中にセットし、トランスファー成型機を用いて、リードフレームを押え込みながら175で120分の条件でトランスファー成型を実行する（S510）。なお、このトランスファー成型工程では、金属絶縁板上へのリードフレームの接着と樹脂モールドとを同時に実行する。

40

【0061】

このようにして作製した半導体パワーモジュールを用いて構成したインバータ回路の動作試験、および、-40～150で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0062】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップとシャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否判定は、別の制御回路により

50

、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

【0063】

〔実施例9〕

実施例2で説明したのと同様の工程で作製した、リードフレームを接着した金属絶縁板の所定の位置に、所定の形状に打抜いた、フラックスを含まない半田シートおよび半導体素子を並べ、水素と窒素の混合ガスの還元雰囲気中でパージし、還元雰囲気の熱処理炉で275、10分保持して半田付けした。

【0064】

その後、洗浄を行なうことなく、0.3mmのアルミニウムワイヤーを所定位置にワイヤーボンディングし、最後にトランスファー成型機を使って175で120分の条件で、樹脂モールドした。

10

【0065】

このようにして作製した半導体パワーモジュールを用いて構成したインバータ回路の動作試験、および、-40～150で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0066】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップとシャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

20

【0067】

〔実施例10〕

実施例2において説明したのと同様の工程で作製した、リードフレームを接着した金属絶縁板の所定の位置に、エポキシ樹脂が主成分の半田フラックス入りの半田（アルファメタルズ社製AP4000）をディスペンサーで所定量分だけ塗布し、その上に半導体素子を並べ、220で10分間の条件でリフロー炉中で半田付けした。

【0068】

その後、洗浄を行なうことなく、0.3mmのアルミニウムワイヤーを所定位置にワイヤーボンディングし、最後にトランスファー成型機を使って175で120分の条件で樹脂モールドした。

30

【0069】

このようにして作製した半導体パワーモジュールを用いて構成したインバータ回路の動作試験、および、-40～150で1000回のヒートサイクル試験ともに十分に満足できる結果を得ることができた。

【0070】

ここで、インバータ回路の動作試験条件は、IGBTチップおよびFWDチップの各々6チップとシャント抵抗1つを搭載させた600V・20A定格のモジュールにおいて、120%印加で30分の運転を行なったものであり、その合否判定は、別の制御回路により、3相のアウトプットの電流・電圧が安定して取り出され、暴走や短絡がなく、かつ、運転時間中一定であるか否かで判断した。

40

【0071】

【発明の効果】

以上、説明したように、本発明によれば、半導体パワーモジュールの配線パターンおよび外部端子を構成しているリードフレームを、接着樹脂層を介して絶縁樹脂層上に固着させる構成としたので、従来の半導体パワーモジュールに比較して、放熱性に優れ、製造コストが低く、かつ、絶縁特性が良好な半導体パワーモジュールおよびその製造方法を提供することが可能となる。

【0072】

50

また、ヒートシンクと絶縁樹脂層からなる金属絶縁板、接着樹脂層、および、予め素子を実装させたリードフレームを積層させた状態で、加圧加熱しながら樹脂モールドすることとしたので、樹脂モールド時にリードフレームが絶縁樹脂層上に接着樹脂層を介して固着するため、プレス接着の工程が不要となり製造コストが更に削減される。

【0073】

また、ヒートシンクと絶縁樹脂層とからなる金属絶縁板に、予め接着樹脂層を形成することとしたので、大面積の金属絶縁板を製造することが可能となり、接着樹脂層を形成する際に接着シートのみを打抜く工程が不要となり、製造コストを更に削減することができる。

【0074】

また、リードフレーム上の所定の位置に、板半田、半導体素子、制御素子を配置させて還元雰囲気中でパージし、その状態で所定の温度に維持することとしたので、半導体素子を制御する素子がリードフレーム上に半田付けされ、半田付け後の洗浄なしにワイヤーボンディングが可能となり、製造コストをさらに削減することができる。

【0075】

また、リードフレーム上の所定の位置に、エポキシ樹脂が主成分の半田フラックス入りの半田を塗工し、半導体素子や制御素子を配置して、その状態で所定の温度に維持することとしたので、半導体素子および制御素子の半田付け後の洗浄なしにワイヤーボンディングが可能となり、製造コストをさらに削減することができる。

【0076】

また、絶縁樹脂層の材料を、酸化珪素、酸化アルミニウム、窒化珪素、窒化アルミニウム、窒化ホウ素からなるフィラー群のうち1種類以上を含有するエポキシ樹脂としたので、絶縁樹脂層の熱伝導率が高くなり、放熱性を向上させることが可能となる。

【0077】

また、絶縁樹脂層の厚みを50～150 μm とし、かつ、接着樹脂層の厚みを10～50 μm としたので、電気絶縁性、絶縁信頼性、および、熱抵抗率といった諸特性のバランスを望ましい状態に設定することが可能となる。

【0078】

また、リードフレームの一部を、金属絶縁板の沿面と絶縁させるために段差を有するように屈曲させることとしたので、ヒートシンクの沿面との絶縁距離を大きくすることができ、絶縁性を高めることが可能となり、更に、リードフレームの屈曲部をヒートシンクの端部からの寸法が2mm以上内側に入り、ヒートシンク端部でのリードフレームの浮き上り寸法が1mm以上としたので、リードフレームの加工不良や電気絶縁不良を低減させることができる。

【0079】

更に、モールド用樹脂の熱膨張率を、ヒートシンクの熱膨張率の80～110%と設定することとしたので、モールド後のクラックがなく、また、ヒートサイクルとパワーサイクルによる信頼性を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体パワーモジュールの構成例を説明するための図である。

【図2】本発明の半導体パワーモジュールの、第1の製造工程例を説明するためのフローチャートである。

【図3】本発明の半導体パワーモジュールの、リードフレーム形状を説明するための図である。

【図4】本発明の半導体パワーモジュールの、第2の製造工程例を説明するためのフローチャートである。

【図5】本発明の半導体パワーモジュールの、第3の製造工程例を説明するためのフローチャートである。

【図6】従来の半導体パワーモジュールの製造工程を説明するためのフローチャートである。

10

20

30

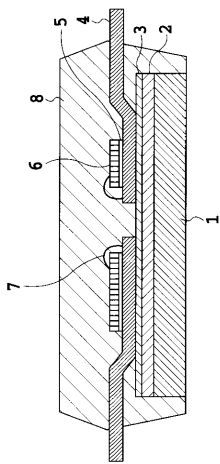
40

50

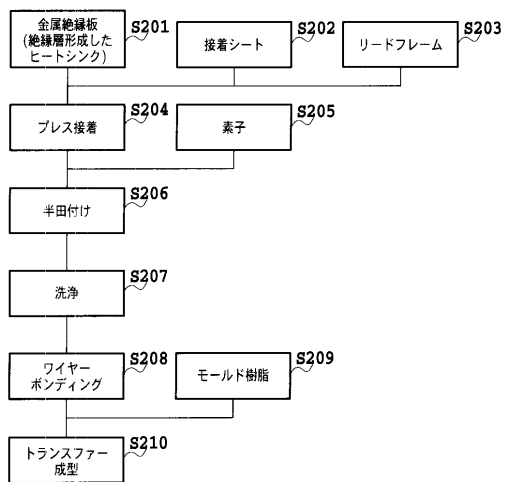
【符号の説明】

- 1、31 ヒートシンク
- 2、32 絶縁樹脂層
- 3、33 接着樹脂層
- 4、34 リードフレーム
- 5、35 半田
- 6 素子
- 7 ボンディングワイヤ
- 8、36 モールド樹脂

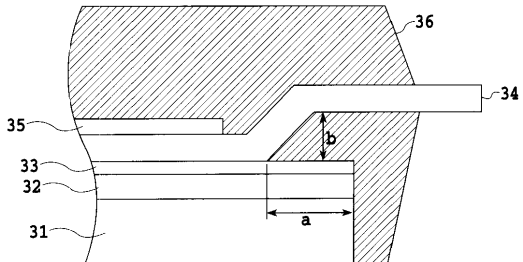
【図1】



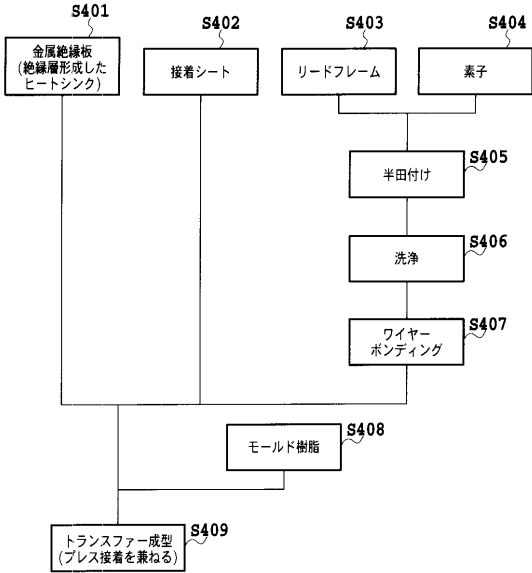
【図2】



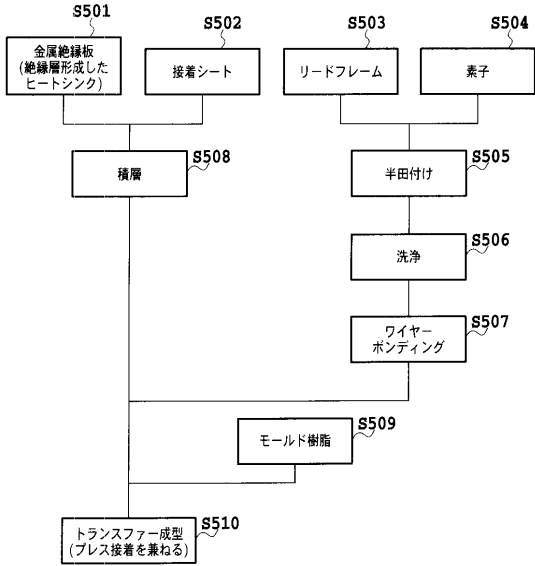
【図3】



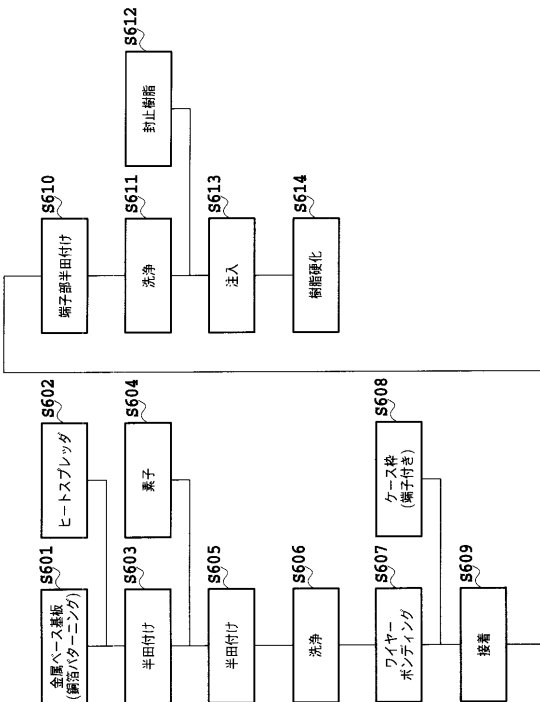
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 米澤 栄一

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

審査官 河本 充雄

(56)参考文献 特開2000-260918(JP,A)

特開平10-125826(JP,A)

特開2001-250880(JP,A)

特開平08-236679(JP,A)

特開平07-153878(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/56

H01L 23/12

H01L 23/28-23/31

H01L 23/36

H01L 23/50

H01L 25/07

H01L 25/18