

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4998404号  
(P4998404)

(45) 発行日 平成24年8月15日(2012.8.15)

(24) 登録日 平成24年5月25日(2012.5.25)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 23/373 (2006.01) H O 1 L 23/36 M

請求項の数 4 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-205659 (P2008-205659)	(73) 特許権者	000006264
(22) 出願日	平成20年8月8日(2008.8.8)		三菱マテリアル株式会社
(65) 公開番号	特開2009-65144 (P2009-65144A)		東京都千代田区大手町一丁目3番2号
(43) 公開日	平成21年3月26日(2009.3.26)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成23年3月30日(2011.3.30)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	特願2007-212133 (P2007-212133)	(74) 代理人	100108578
(32) 優先日	平成19年8月16日(2007.8.16)		弁理士 高橋 詔男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100108453
			弁理士 村山 靖彦
		(74) 代理人	100106057
			弁理士 柳井 則子
		(72) 発明者	長瀬 敏之
			茨城県那珂市向山1002-14 三菱マ テリアル株式会社 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワーモジュール用基板及びその製造方法並びにパワーモジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミックス基板の表面に回路層が配置され、裏面に金属層が配置されるパワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記金属層は、アルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満の第1層と、アルミニウム純度99.99wt%以上の第2層とを含む2以上の層を積層してなるクラッド材により形成されており、

前記クラッド材の前記第1層を、前記セラミックス基板側と反対側の面として、

これらセラミックス基板と金属層とを、互いにろう付けにより接合することを特徴とするパワーモジュール用基板の製造方法。

10

【請求項2】

請求項1記載のパワーモジュール用基板の製造方法により製造されるパワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールであって、

前記回路層の表面に半導体チップが接合され、

前記第1層の裏面にヒートシンクが接合されていることを特徴とするパワーモジュール。

【請求項3】

請求項1記載のパワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記金属層として、前記第1層と第2層とを含む計3層からなるクラッド材を用いることを特徴とするパワーモジュール用基板の製造方法。

20

**【請求項 4】**

請求項 1 又は請求項 3 記載のパワーモジュール用基板の製造方法により製造されるパワーモジュール用基板であって、

前記セラミックス基板は、 $AlN$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Si_3N_4$  の内、いずれかの材料で形成されていることを特徴とするパワーモジュール用基板。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、大電流、大電圧を制御する半導体装置に用いられるパワーモジュール用基板及びその製造方法並びにパワーモジュールに関する。

10

**【背景技術】****【0002】**

一般に、半導体素子の中でも電力供給のためのパワーモジュールは、その発熱量が比較的高いことが知られている。パワーモジュールに搭載されるパワーモジュール用基板としては、例えば、 $AlN$ （窒化アルミニウム）のセラミックス基板の表面に回路層を接合し、裏面に金属層を接合して形成されたものがある。この回路層の上には、はんだ材を介して半導体チップ等の電子部品が搭載される。また、金属層はこの電子部品から発せられる熱を効率良く放熱させるための熱伝達層として設けられており、この金属層を介してヒートシンク等の放熱板上にパワーモジュール用基板が接合されるようになっている。

**【0003】**

20

セラミックス基板と金属層（又は回路層）との良好な接合強度を得るために、例えば、特許文献 1 には、この金属層として、異なる金属材料を積層してなるクラッド材を用いる方法が提案されている。そしてこのクラッド材として、例えば、 $Al-Ti-Cu$  の 3 層のものが用いられている。

**【0004】**

前記  $Al$  層は、この金属層（クラッド材）のセラミックス基板側の面に配置され、前記  $Cu$  層は、セラミックス基板側と反対側の面に配置され、 $Ti$  層は、この  $Al$  層と  $Cu$  層との間に介在して配置されている。そしてこれらセラミックス基板と金属層との各層間がろう付けにより接合されている。このように、金属層として異なる金属材料からなるクラッド材を用いることで、夫々の材料の熱膨張係数の違いを利用し、熱サイクル時における接合信頼性を向上させるようになされている。

30

【特許文献 1】特開平 11 - 97807 号公報

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、前記金属層を、異なる金属材料のクラッド材で形成した場合、それら金属材料間で腐食が発生したり、或いは各金属材料間の接合面の密着性が十分に確保できなかったりして、熱サイクル時にこれら接合面が剥離してしまうという問題があった。

**【0006】**

本発明は、前述した課題に鑑みてなされたものであって、熱サイクル時の接合信頼性を向上することができるパワーモジュール用基板及びその製造方法並びにパワーモジュールを提供することを目的とする。

40

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

前記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提案している。すなわち本発明に係るパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板の表面に回路層が配置され、裏面に金属層が配置されるパワーモジュール用基板の製造方法であって、前記金属層は、アルミニウム純度 99.5 wt% 以上 99.9 wt% 未満の第 1 層と、アルミニウム純度 99.99 wt% 以上の第 2 層とを含む 2 以上の層を積層してなるクラッド材により形成されており、前記クラッド材の前記第 1 層を、前記セラミックス基板側と反対側の面とし

50

て、これらセラミックス基板と金属層とを、互いにろう付けにより接合することを特徴とする。また、本発明に係るパワーモジュールは、前記パワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールであって、前記回路層の表面に半導体チップが接合され、前記第1層の裏面にヒートシンクが接合されていることを特徴とする。

【0008】

この発明に係るパワーモジュール用基板の製造方法並びにパワーモジュールによれば、前記金属層が、同一金属（アルミニウム）の2以上の層を積層してなるクラッド材により形成されているので、各層の間に異種金属材料に起因する腐食が発生する虞がなく、接合面の密着性が十分に確保される。また、前記クラッド材は、そのセラミックス基板側と反対側の面がアルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満で形成される高硬度・高強度の第1層とされているので、この第1層が、後工程においてこの層の裏面に接合される高熱膨張係数のヒートシンクの熱膨張・熱収縮を効果的に拘束し、熱サイクル時における接合信頼性を向上することができる。

10

【0009】

また、前記第1層の前記セラミックス基板側がアルミニウム純度99.99wt%以上で形成される低硬度・低耐力の第2層とされているので、熱サイクル時において、この第2層が、高熱膨張係数のヒートシンクと低熱膨張係数のセラミックス基板との熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する緩衝材の役割を果たし、これらの接合信頼性をより向上させることができる。

【0010】

20

本発明に係るパワーモジュール用基板の製造方法において、前記金属層として、前記第1層と第2層とを含む計3層からなるクラッド材を用いることとしてもよい。これによれば、前記クラッド材の表面・裏面が夫々アルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満で形成される高硬度・高強度の層とされ、これらの層に接合されるヒートシンク及びセラミックス基板の熱膨張・熱収縮を効果的に拘束することができる。またこれら2つの層の間がアルミニウム純度99.99wt%以上で形成される低硬度・低耐力の層とされるので、この層が熱サイクル時においてこの積層体に発生する応力を緩和し、接合信頼性をより向上させることができる。また、種々の用途に応じて、多様に対応可能なパワーモジュール用基板を提供することができる。

【0011】

30

また、本発明に係るパワーモジュール用基板において、前記セラミックス基板は、AlN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の内、いずれかの材料で形成されていることとしてもよい。

【発明の効果】

【0012】

本発明に係るパワーモジュール用基板及びその製造方法並びにパワーモジュールによれば、熱サイクル時の接合信頼性を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、図面を参照し、この発明の実施の形態について説明する。

図1は本発明の第一実施形態のパワーモジュールを示す縦断面図、図2は本発明の第二実施形態のパワーモジュールを示す縦断面図である。

40

【0014】

本発明の第一実施形態に係るパワーモジュール10(10a)は、図1に示すように、セラミックス基板1を有するパワーモジュール用基板4と、該パワーモジュール用基板4の表面に搭載された半導体チップ5と、パワーモジュール用基板4の裏面に接合されたヒートシンク7とから構成されている。

【0015】

パワーモジュール用基板4は、セラミックス基板1の表面側に回路層2が積層されるとともに、裏面側に放熱のための熱伝達層となる金属層3が積層された構成である。セラミックス基板1は、例えばAlN、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>等の窒化物系セラミックス、若しくはAl<sub>2</sub>

50

O<sub>3</sub>等の酸化物系セラミックスにより形成される。また回路層2は純度99.99wt%以上のアルミニウムの単層により形成されている。また金属層3は、純度の異なる2層のアルミニウムが予めクラッドされるクラッド材であり、そのセラミックス基板1側と反対側の面が純度99.5wt%以上99.9wt%未満のアルミニウムの第1層3aとされ、そのセラミックス基板1側の面が純度99.99wt%以上のアルミニウムの第2層3bとされている。これら第1層3a及び第2層3bは、夫々約0.1~1.5mmの厚みで形成されている。

#### 【0016】

セラミックス基板1、回路層2、金属層3の相互間、及び金属層3とヒートシンク7との間は、Al-Si系のろう材を介してろう付け接合されている。また、回路層2と半導体チップ5との間は、はんだ材によってはんだ接合されている。図中符号6は、このはんだ材の接合層を示している。

10

#### 【0017】

ヒートシンク7は、Al合金の押し出し成形によって形成された扁平な筒体8内に、この筒体8の押し出し方向に沿って形成される複数のフィン9が幅方向に並べられて配置されている。そして、各フィン9間に複数の微細流路11が形成されている。

#### 【0018】

次に、このような積層構造とされるパワーモジュール用基板4並びにパワーモジュール10を製造する方法について説明する。パワーモジュール用基板4を製造するには、まず、セラミックス基板1の両面にAl-Si系ろう材箔を配置し、その表面に回路層2、裏面に金属層3を夫々配置する。そして、これらセラミックス基板1、ろう材箔、回路層2、金属層3からなる積層体を、真空雰囲気中において積層方向に加圧した状態で加熱し、ろう材箔を溶融させることによって、このセラミックス基板1の表面に回路層2、裏面に金属層3がろう付け接合されたパワーモジュール用基板4が製造されるようになっている。

20

#### 【0019】

また、パワーモジュール10を製造するには、前述のようにしてパワーモジュール用基板4を製造した後、このパワーモジュール用基板4に、表面の脱脂、エッチング、ディマット処理し、ダブルジンケート処理を施し、めっき浴により1~7μm程度のNi-Pめっき膜を形成する。次に、このパワーモジュール用基板4の回路層2表面に、半導体チップ5をはんだ材6によりはんだ接合し、金属層3の裏面にヒートシンク7をはんだ接合又はろう付け接合して、パワーモジュール10が製造される。

30

#### 【0020】

前述のように構成されたパワーモジュール10は、パワーモジュール用基板4の金属層3を同一金属(アルミニウム)からなる積層構造とすることにより、このパワーモジュール用基板4とヒートシンク7との接合界面における腐食・剥離の発生を有効に防止することができるものである。また、本発明の実施形態によれば、金属層3の、セラミックス基板1側と反対側の面がアルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満で形成される高硬度・高強度の第1層3aとされ、この第1層3aが、その裏面に接合される高熱膨張係数のヒートシンク7の熱膨張・熱収縮を効果的に拘束し、熱サイクル時における接合信頼性を向上することができる。

40

#### 【0021】

また、第1層3aのセラミックス基板1側がアルミニウム純度99.99wt%以上で形成される低硬度・低耐力の第2層3bとされているので、熱サイクル時において、この第2層3bが、高熱膨張係数のヒートシンク7と低熱膨張係数のセラミックス基板1との熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する緩衝材の役割を果たし、これらの接合信頼性をより向上させることができる。

#### 【0022】

次に、本発明の第二実施形態について、図2を用いて説明する。尚、前述の第一実施形態と同様の部位には、同一の符号を付しその説明を省略する。

50

図2において、パワーモジュール10(10b)は、その金属層3が3層のアルミニウムのクラッド材からなり、そのセラミックス基板1側と反対側の面が純度99.5wt%以上99.9wt%未満のアルミニウムの第1層3aとされ、第1層3aに隣接するセラミックス基板1側の層が純度99.99wt%以上のアルミニウムの第2層3bとされている。また、この第2層3bのセラミックス基板1側が、純度99.5wt%以上99.9wt%未満のアルミニウムの第3層3cとされている。これら第1層3a、第2層3b、第3層3cは、夫々約0.1~1.5mmの厚みで形成されている。

【0023】

また、セラミックス基板1、回路層2、金属層3の相互間、及び金属層3とヒートシンク7との間は、Al-Si系のろう材を介してろう付け接合されている。

10

【0024】

本発明の第二実施形態によれば、金属層3を形成する3層からなるクラッド材の表面・裏面が夫々アルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満で形成される高硬度・高強度の第1層3a、第3層3cとされているので、これらの層に接合されるヒートシンク7及びセラミックス基板1の熱膨張・熱収縮を有効に拘束することができる。またこれら2つの層3a、3cの間の層がアルミニウム純度99.99wt%以上で形成される低硬度・低耐力の第2層3bとされるので、この層が熱サイクル時においてこの積層体に発生する応力を緩和し、熱サイクル時における接合信頼性をより向上させることができる。また、種々の用途に応じて、多様に対応可能なパワーモジュール用基板4を提供することができる。

20

【0025】

なお、本発明は前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。例えば、本実施形態では回路層2を純度99.99wt%以上のアルミニウムの単層により形成されたとしたがこれに限らず、回路層2を金属層3の積層構造と同様にアルミニウムの2又は3層からなるクラッド材を用いて形成し、セラミックス基板1を対称面として、金属層3の積層構造と面对称に配置して構成してもよい。

【0026】

また本実施形態では、セラミックス基板1、回路層2、金属層3の相互間、及び金属層3とヒートシンク7との間は、Al-Si系のろう材によって接合されたとしたが、Al合金系のろう材であればこれに限ることなく、例えば、Al-Cu系、Al-Mn系、Al-Mg系、Al-Ge系のものを用いてもよい。

30

【0027】

また本実施形態では、パワーモジュール用基板4の裏面に複数の微細流路11を備えるヒートシンク7が接合されたとしたが、放熱効果を持つものであればこれに限らず、例えば、ヒートシンク7の代わりに複数の放熱フィンを備えた放熱板を用いてもよい。

【実施例】

【0028】

以下、本発明を実施例により具体的に説明する。ただし本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

40

[実施例1]

まず、パワーモジュール用基板4として、Al(回路層2)/AlN(セラミックス基板1)/Al(金属層3)をこの順に積層するとともに、各層の間にAl-Si系ろう材箔を配置し、真空中で積層方向に荷重をかけて加熱しろう付け接合した。ここで、回路層2には、アルミニウム純度99.99wt%以上の単層のものを用いた。また金属層3には、アルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満(2N-Al)の第1層3aと、アルミニウム純度99.99wt%以上(4N-Al)の第2層3bとからなる2層のクラッド材を用いた。そして、金属層3のセラミックス基板1側と反対側の面が第1層3aとされ、そのセラミックス基板1側の面が第2層3bとされるよう配置して前記接合を行った。第1層3a及び第2層3bの厚みは、夫々0.3mmとした。

50

## 【0029】

次に、このパワーモジュール用基板4に、表面の脱脂、エッチング、ディマット処理後、ダブルジンケート処理を施し、無電解Ni-Pめっき浴(市販)中で10分間浸漬し、約5 $\mu$ mのNi-Pめっき膜を形成した。そして、このパワーモジュール用基板4の表面に半導体(Si)チップ5を、裏面にヒートシンク7を、夫々はんだ付けにより接合した。

## 【0030】

次に、このようにして得られたパワーモジュール用基板4を用いて、熱サイクル試験(40/125)を繰り返し行い、これを3000サイクル行った時点で、熱抵抗の上昇を測定し、また超音波探傷によりクラックの進展を検査して、その接合信頼性を評価した。その結果を、表1として示す。

10

## 【0031】

## [実施例2]

金属層3として、第1層3aの厚みが0.4mm、第2層3bの厚みが0.2mmからなるクラッド材を用い、実施例1と同様にAl(回路層2)/AlN(セラミックス基板1)/Al(金属層3)の順に積層させ、各層の間にAl-Si系ろう材箔を配置し、真空中で積層方向に荷重をかけ加熱しろう付け接合してパワーモジュール用基板4を得た。次に、このパワーモジュール用基板4とヒートシンク7とをAl合金系のろう材箔を用いて接合させた後、表面の脱脂、エッチング、ディマット処理を行い、ダブルジンケート処理を施した。そして、無電解Ni-Pめっき浴(市販)中で10分間浸漬し、約5 $\mu$ mのNi-Pめっき膜を形成した。その後、このパワーモジュール用基板4の表面に半導体(Si)チップ5をはんだ付けした。このはんだ付けには、Pb-10wt%Snはんだ材を用い、 $H_2 + N_2 = 7 : 93$ の混合雰囲気中で、360 $^{\circ}$ 加熱により行った。それ以外は実施例1と同様にして、その評価を行った。

20

## 【0032】

## [実施例3]

金属層3として、アルミニウム純度99.5wt%以上99.9wt%未満(2N-Al)の第1層3a及び第3層3cと、これら第1層3a及び第3層3cの間に配置されるアルミニウム純度99.99wt%以上(4N-Al)の第2層3bとからなる3層のクラッド材を用いた。また、第1層3a、第2層3b、第3層3cの各厚みを、夫々0.2mmとした以外は、実施例2と同様にして、その評価を行った。

30

## 【0033】

## [比較例1]

金属層として、Al及びCuの異なる金属材料からなる2層のクラッド材を用いた。そして回路層2、セラミックス基板1、前記金属層を積層させる際、この金属層のセラミックス基板1側と反対側の面にCu層を配置し、そのセラミックス基板1側の面にAl層を配置して、これらを接合した。そして、得られたパワーモジュール用基板の表面に半導体(Si)チップ5を、裏面にヒートシンク7を、夫々はんだ付けにより接合した以外は、実施例1と同様にして、その評価を行った。

## 【0034】

## [比較例2]

パワーモジュール用基板とヒートシンク7との接合にAl合金系のろう材箔を用いてろう付け接合させた後、このパワーモジュール用基板の表面に半導体(Si)チップ5をはんだ付けした以外は、比較例1と同様にして、その評価を行った。

40

## 【0035】

## [比較例3]

金属層として、Al/Ni/Cuの順に積層され、異なる金属材料からなる3層のクラッド材を用いた。そして回路層2、セラミックス基板1、前記金属層を積層させる際、この金属層のセラミックス基板1側と反対側の面にCu層を配置し、そのセラミックス基板1側の面にAl層を配置して、これらを接合した。そして、得られたパワーモジュール用

50

基板の表面に半導体 ( S i ) チップ 5 を、裏面にヒートシンク 7 を、夫々はんだ付けにより接合した。それ以外は、比較例 1 と同様にして評価を行った。

【 0 0 3 6 】

[ 比較例 4 ]

パワーモジュール用基板とヒートシンク 7 との接合に A l 合金系のろう材箔を用いてろう付け接合させた後、このパワーモジュール用基板の表面に半導体 ( S i ) チップ 5 をはんだ付けした以外は、比較例 3 と同様にして、その評価を行った。

【 0 0 3 7 】

[ 比較例 5 ]

金属層として、A l / T i / C u の順に積層され、異なる金属材料からなる 3 層のクラッド材を用いた以外は、比較例 3 と同様にして、その評価を行った。

10

【 0 0 3 8 】

[ 比較例 6 ]

パワーモジュール用基板とヒートシンク 7 との接合に A l 合金系のろう材箔を用いてろう付け接合させた後、このパワーモジュール用基板の表面に半導体 ( S i ) チップ 5 をはんだ付けした以外は、比較例 5 と同様にして、その評価を行った。

【 0 0 3 9 】

【表 1】

	金属層の構成	金属層 (クラッド材) 積層数	金属層/ ヒートシンク 接合手段	3000サイクル後 評価	備考
実施例 1	4N-Al/2N-Al	2層	はんだ付け	○	4N厚/2N厚=0.3mm/0.3mm
実施例 2	4N-Al/2N-Al	2層	ろう付け	○	4N厚/2N厚=0.2mm/0.4mm
実施例 3	2N-Al/4N-Al/2N-Al	3層	ろう付け	○	2N厚/4N厚/2N厚=0.2mm/0.2mm/0.2mm
比較例 1	Al/Cu	2層	はんだ付け	×	Al・Cu間の接合界面で剥離
比較例 2	Al/Cu	2層	ろう付け	×	Al・Cu間の接合界面で剥離
比較例 3	Al/Ni/Cu	3層	はんだ付け	×	セラミックス基板に割れ
比較例 4	Al/Ni/Cu	3層	ろう付け	×	Al・Ni間の接合界面で剥離
比較例 5	Al/Ti/Cu	3層	はんだ付け	×	セラミックス基板に割れ
比較例 6	Al/Ti/Cu	3層	ろう付け	×	セラミックス基板に割れ

## 【0040】

表 1 に示す通り、実施例 1 乃至実施例 3 においては、パワーモジュール用基板 4 とヒートシンク 7 との接合がはんだ付け・ろう付けのどちらの手段によるに関わらず、接合界面の剥離やクラックの進展が認められず、その熱サイクル時における接合信頼性が高いことがわかった。

## 【0041】

一方、比較例 1、比較例 2、比較例 4 においては、金属層の異種金属材料間における接

10

20

30

40

50



合界面の剥離が起きた。また、比較例 3、比較例 5、比較例 6 においては、セラミックス基板 1 にクラックが進展し、割れが発生した。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】本発明の第一実施形態のパワーモジュールを示す縦断面図である。

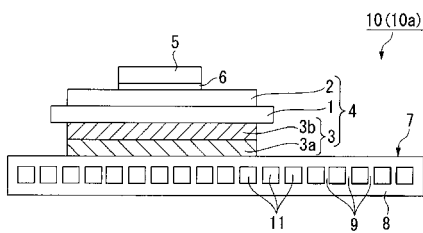
【図 2】本発明の第二実施形態のパワーモジュールを示す縦断面図である。

【符号の説明】

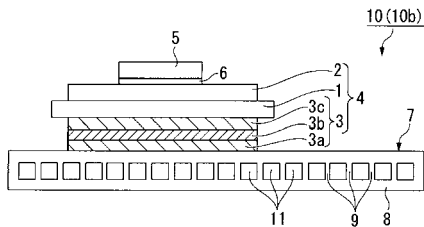
【0043】

- 1 セラミックス基板
- 2 回路層
- 3 金属層
- 3 a 第 1 層
- 3 b 第 2 層
- 3 c 第 3 層
- 4 パワーモジュール用基板
- 5 半導体チップ
- 7 ヒートシンク
- 10 パワーモジュール

【図 1】



【図 2】



---

フロントページの続き

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開2003-007939(JP,A)  
特開2008-108993(JP,A)  
特開2004-152971(JP,A)  
特開平01-063029(JP,A)  
特開2002-207018(JP,A)  
特開2007-181877(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/34-473