

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6111764号  
(P6111764)

(45) 発行日 平成29年4月12日(2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	23/12	(2006.01)	HO 1 L	23/12	D
HO 1 L	23/36	(2006.01)	HO 1 L	23/12	J
CO 4 B	37/02	(2006.01)	HO 1 L	23/36	C
			CO 4 B	37/02	B

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2013-55518 (P2013-55518)	(73) 特許権者	000006264
(22) 出願日	平成25年3月18日(2013.3.18)		三菱マテリアル株式会社
(65) 公開番号	特開2014-183119 (P2014-183119A)		東京都千代田区大手町一丁目3番2号
(43) 公開日	平成26年9月29日(2014.9.29)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成27年9月30日(2015.9.30)		弁理士 志賀 正武
		(74) 代理人	100108578
			弁理士 高橋 詔男
		(74) 代理人	100129403
			弁理士 増井 裕士
		(74) 代理人	100142424
			弁理士 細川 文広
		(72) 発明者	寺▲崎▼ 伸幸
			埼玉県北本市下石戸上1975-2 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の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

セラミックス基板と、このセラミックス基板の一方の面に銅板が接合されてなる回路層と、前記セラミックス基板の他方の面にアルミニウム板が接合されてなる金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記セラミックス基板の一方の面側において、活性金属材料及び融点が660 以下の溶加材を介して、前記セラミックス基板と前記銅板とを積層する第一積層工程と、

前記セラミックス基板の他方の面側において、接合材を介して前記セラミックス基板と前記アルミニウム板とを積層する第二積層工程と、

積層された前記セラミックス基板、前記銅板、及び前記アルミニウム板を加熱処理する加熱処理工程と、を備え、

前記セラミックス基板と前記銅板、及び前記セラミックス基板と前記アルミニウム板を同時に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。

【請求項2】

前記第一積層工程において、前記セラミックス基板側に前記溶加材を配置し、前記銅板側に前記活性金属材料を配置することを特徴とする請求項1記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

【請求項3】

前記溶加材が液相線温度450 以上のろう材であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

## 【請求項 4】

前記ろう材は、Cu - P - Sn - Ni系ろう材、Cu - Sn系ろう材、及びCu - Al系ろう材の中から選択されるいずれか一種であることを特徴とする請求項 3 に記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

## 【請求項 5】

前記溶加材が液相線温度 450 未満のはんだ材であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

## 【請求項 6】

前記はんだ材は、Cu - P - Sn - Ni系はんだ材又はCu - Sn系はんだ材であることを特徴とする請求項 5 に記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

10

## 【請求項 7】

前記活性金属材料は、Ti材とされていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のパワーモジュール用基板の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、セラミックス基板の一方の面に回路層が配設され、他方の面に金属層が配設されたパワーモジュール用基板の製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

風力発電、電気自動車等の電気車両などを制御するために用いられる大電力制御用のパワー半導体素子においては、発熱量が多いことから、これを搭載する基板としては、例えばAlN（窒化アルミ）などからなるセラミックス基板の一方の面及び他方の面に、導電性の優れた金属板を回路層及び金属層として接合したパワーモジュール用基板が、従来から広く用いられている。さらに、このようなパワーモジュール用基板は、金属層側に、はんだ材を介してヒートシンクが接合されることもある。

20

## 【0003】

例えば、特許文献 1 に示すパワーモジュール用基板においては、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、銅板を接合することで回路層及び金属層が形成された構造とされている。このパワーモジュール用基板は、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、Ag - Cu - Ti系ろう材を介在させて銅板を配置し、加熱処理を行うことにより銅板が接合されている。

30

## 【0004】

ところで、はんだ材を介して特許文献 1 に開示されたパワーモジュール用基板の金属層とヒートシンクとを接合した場合、冷熱サイクルが負荷された際に、パワーモジュール用基板とヒートシンクとの間に熱膨張係数の差に起因する熱応力が発生するが、金属層が変形抵抗の大きい銅からなるため、前述の熱応力を金属層が変形することによって吸収することができず、セラミックス基板に割れが発生するおそれがあった。

## 【0005】

そこで、特許文献 2 には、セラミックス基板の一方の面に銅板を接合することで回路層が形成され、他方の面にアルミニウム板を接合することで金属層が形成されたパワーモジュール用基板が提案されている。このパワーモジュール用基板の金属層とヒートシンクとを接合した場合、冷熱サイクルが負荷された際にパワーモジュール用基板とヒートシンクとの間に生じる熱応力を、比較的変形抵抗が小さいアルミニウムからなる金属層によって吸収し、セラミックス基板に割れが生じることを抑制できる。

40

ここで、特許文献 2 に記載されたパワーモジュール用基板では、セラミックス基板の一方の面にAg - Cu - Ti系ろう材を介在させて加熱処理を行い、銅板を接合した後に、セラミックス基板の他方の面にAl - Si系ろう材を介在させて加熱処理を行い、アルミニウム板を接合している。

## 【先行技術文献】

50

## 【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3211856号公報

【特許文献2】特開2003-197826号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献1、2に開示されたように、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いてセラミックス基板と銅板とを接合すると、Ag-Cu-Ti系ろう材の融点が高いため、セラミックス基板が熱により劣化してしまう問題があった。

10

また、Ag-Cu-Ti系ろう材は、高価なAgを含有しているため製造コストが高くなる問題もあった。

【0008】

また、Ag-Cu-Ti系ろう材は、その融点がアルミニウム板の融点よりも高いため、特許文献2に開示されたパワーモジュール用基板のように、セラミックス基板の一方の面にAg-Cu-Ti系ろう材を介して銅板を接合し、セラミックス基板の他方の面にAl-Si系ろう材を介してアルミニウム板を接合する際には、先に銅板を接合した後に、次いでアルミニウム板を接合しなければならなかった。すなわち、回路層及び金属層を形成するために、接合を二度に分けて行わなければならず、製造工程が複雑化するとともに製造に要する時間も長くなり、製造コストが高くなる問題があった。さらに、接合時に二回熱処理が行われることにより、セラミックス基板にかかる熱負荷が大きくなり、セラミックス基板の反りが大きくなったり、セラミックス基板に割れが生じたりするおそれもあった。

20

【0009】

この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、セラミックス基板の一方の面に銅板を、他方の面にアルミニウム板を、同時かつ低温で接合でき、さらに製造コストが低いパワーモジュール用基板の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前述の課題を解決するために、本発明のパワーモジュール用基板の製造方法は、セラミックス基板と、このセラミックス基板の一方の面に銅板が接合されてなる回路層と、前記セラミックス基板の他方の面にアルミニウム板が接合されてなる金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の製造方法であって、前記セラミックス基板の一方の面側において、活性金属材料及び融点が660以下の溶加材を介して、前記セラミックス基板と前記銅板とを積層する第一積層工程と、前記セラミックス基板の他方の面側において、接合材を介して前記セラミックス基板と前記アルミニウム板とを積層する第二積層工程と、積層された前記セラミックス基板、前記銅板、及び前記アルミニウム板を加熱処理する加熱処理工程と、を備え、前記セラミックス基板と前記銅板、及び前記セラミックス基板と前記アルミニウム板を同時に接合することを特徴としている。

30

なお、本発明において融点は、固相線温度としている。また、本発明において溶加材はろう材又ははんだ材等を示す。

40

【0011】

本発明のパワーモジュール用基板の製造方法によれば、前記セラミックス基板の一方の面側において、活性金属材料及び融点が660以下の溶加材を介して、前記セラミックス基板と前記銅板とを積層する第一積層工程を備え、積層された前記セラミックス基板と前記銅板を加熱処理するので、加熱処理時に、溶加材が溶融した液相に活性金属が溶け込み、溶加材の液相とセラミックス基板との濡れ性が良好となる。したがって、溶加材の液相が凝固した際に、溶加材とセラミックス基板との接合が良好となる。

また、望ましくは、前記溶加材の融点が600以下とされているとよい。

【0012】

50

また、溶加材の融点が660以下とされているので、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いた場合と比較して、低温で溶加材の液相を形成することができる。このような低温域で加熱処理を行うと、セラミックス基板への熱的な負荷を軽減することができる。さらに、Agを含有しない溶加材を用いてセラミックス基板と銅板とを接合するので、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いた場合よりも製造コストを低減できる。

**【0013】**

また、前記第一積層工程において、前記セラミックス基板側に前記溶加材を配置し、前記銅板側に前記活性金属材料を配置することが好ましい。

このような場合、銅板と活性金属材料とを加熱処理時に固相拡散接合によって接合することができ、接合界面にCuと活性金属との液相が生じて接合界面にコブが生じたり、厚みが変動したりすることを抑制可能となる。また、溶加材の液相と銅板との間に活性金属材料が介在されているので、溶加材の液相と銅板とが直接接触することがなく、接合界面にコブが生じたり、厚みが変動したりすることを確実に抑制できる。

このように、溶加材がセラミックス基板と良好に接合されるとともに、活性金属材料と銅板とが固相拡散接合によって接合されるので、低温条件でもセラミックス基板と銅板とを良好に接合することができ、セラミックス基板が熱劣化することを抑制できる。

**【0014】**

また、上述のパワーモジュール用基板の製造方法において、前記溶加材が液相線温度450以上のろう材であることが好ましい。

具体的には、前記ろう材は、Cu-P-Sn-Ni系ろう材、Cu-Sn系ろう材、及びCu-Al系ろう材の中から選択されるいずれか一種であることが望ましい。

このようなろう材を用いた場合、ろう材の融点が低いので、低温条件でも確実にセラミックス基板と銅板との接合を行うことができる。

**【0015】**

また、上述のパワーモジュール用基板の製造方法において、前記溶加材が液相線温度450未満のはんだ材であることが好ましい。

具体的には、前記はんだ材は、Cu-P-Sn-Ni系はんだ材又はCu-Sn系はんだ材であることが望ましい。

このようなはんだ材を用いた場合、はんだ材の融点が前記ろう材よりも低いので、より低温条件でもセラミックス基板と銅板との接合を行うことができる。

**【0016】**

さらに、上述したようにセラミックス基板の一方の面に銅板を低温で接合することができるので、セラミックス基板の他方の面にアルミニウム板を同時に接合することができる。このように、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に、銅板及びアルミニウム板を同時に接合することで、製造工程を簡略化するとともに製造に要する時間を短縮し、製造コストを低減できる。さらに、一回の加熱処理で銅板とアルミニウム板を同時に接合できるので、銅板とアルミニウム板を別々に接合する場合と比較して、セラミックス基板にかかる熱負荷を低減し、セラミックス基板の反りを小さくでき、またセラミックス基板に割れが発生することを抑制できる。

**【0017】**

また、上述のパワーモジュール用基板の製造方法において、前記活性金属材料は、Ti材とされていることが好ましい。

この場合、溶加材の液相中にTiが溶解込むことで確実にセラミックス基板の表面を溶加材の液相で濡れさせることができるとともに、Ti材と銅板とを固相拡散接合することができ、セラミックス基板と銅板とを確実に接合することが可能となる。

**【発明の効果】****【0018】**

本発明によれば、セラミックス基板の一方の面に銅板を、他方の面にアルミニウム板を、同時かつ低温で接合でき、さらに製造コストが低いパワーモジュール用基板の製造方法を提供することができる。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態に係るパワーモジュール用基板を用いたパワーモジュールの概略説明図である。

【図2】本発明の一実施形態に係るパワーモジュール用基板の概略説明図である。

【図3】本発明の一実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法を説明するフロー図である。

【図4】本発明の一実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法及びパワーモジュールの製造方法の概略説明図である。

【図5】本発明の他の実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法の概略説明図である。

10

【図6】本発明の他の実施形態に係るパワーモジュール用基板の製造方法の概略説明図である。

## 【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、本発明の実施形態について添付した図面を参照して説明する。

図1に、本実施形態に係るパワーモジュール用基板10を備えたパワーモジュール1を示す。

このパワーモジュール1は、回路層12が配設されたパワーモジュール用基板10と、回路層12の一方の面（図1において上面）に接合層2を介して接合された半導体素子3と、パワーモジュール用基板10の他方側（図1において下側）に配置されたヒートシンク30と、を備えている。

20

【0021】

パワーモジュール用基板10は、図2に示すように、セラミックス基板11と、このセラミックス基板11の一方の面（図2において上面）に配設された回路層12と、セラミックス基板11の他方の面（図2において下面）に配設された金属層13と、を備えている。

【0022】

セラミックス基板11は、絶縁性の高いAlN（窒化アルミ）、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>（窒化ケイ素）、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（アルミナ）等のセラミックスで構成されている。本実施形態では、放熱性の優れたAlN（窒化アルミ）で構成されている。また、セラミックス基板11の厚さは、0.2～1.5mmの範囲内に設定されており、本実施形態では、0.635mmに設定されている。

30

【0023】

回路層12は、セラミックス基板11の一方の面に、導電性を有する銅又は銅合金の金属板が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、回路層12は、純度99.99質量%以上の銅の圧延板を接合することで形成されている。なお、回路層12の厚さは0.1mm以上1.0mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、0.3mmに設定されている。

【0024】

金属層13は、セラミックス基板11の他方の面に、アルミニウム又はアルミニウム合金の金属板が接合されることにより形成されている。本実施形態においては、金属層13は、純度99.99質量%以上のアルミニウムの圧延板を接合することで形成されている。なお、金属層13の厚さは0.1mm以上3.0mm以下の範囲内に設定されており、本実施形態では、1.6mmに設定されている。

40

【0025】

半導体素子3は、Si等の半導体材料で構成されている。この半導体素子3と回路層12は、接合層2を介して接合されている。

接合層2は、例えばSn-Ag系、Sn-In系、若しくはSn-Ag-Cu系のはんだ材とされている。

50

## 【0026】

ヒートシンク30は、前述のパワーモジュール用基板10からの熱を放散するためのものである。本実施形態においては、ヒートシンク30は、アルミニウム又はアルミニウム合金で構成されており、本実施形態ではA6063（アルミニウム合金）で構成されている。このヒートシンク30には、冷却用の流体が流れるための流路31が設けられている。なお、このヒートシンク30と金属層13とが、Al-Si系ろう材によって接合されている。

## 【0027】

次に、本実施形態に係るパワーモジュール1の製造方法について、図3のフロー図及び図4を参照して説明する。

まず、図4に示すように、セラミックス基板11の一方の面（図4において上面）に、溶加材25、活性金属材料26、及び回路層12となる銅板22を順に積層する（第一積層工程S01）とともに、セラミックス基板11の他方の面（図4において下面）に、図4に示すように、接合材27及び金属層13となるアルミニウム板23を順に積層する（第二積層工程S02）。すなわち、セラミックス基板11と銅板22の間において、セラミックス基板11側に溶加材25を配置し、銅板22側に活性金属材料26を配置しており、セラミックス基板11とアルミニウム板23の間において、接合材27を配置している。

## 【0028】

ここで、溶加材25は、融点が660以下Cu-P-Sn-Ni系ろう材、Cu-Sn系ろう材、又はCu-Al系ろう材、Cu-P-Sn-Ni系はんだ材又はCu-Sn系はんだ材とされている。また、望ましくは、融点が600以下とされているとよい。本実施形態では、溶加材25としてCu-P-Sn-Ni系ろう材箔（Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni）を用いている。溶加材25の厚みは、5 $\mu$ m以上150 $\mu$ m以下の範囲とされている。

## 【0029】

活性金属材料26は、例えばTi、Zr、Nb、Hfといった活性元素のいずれか1種又は2種以上を含有するものとされており、本実施形態では、活性金属材料26としてTi箔を用いている。活性金属材料26の厚みは、1 $\mu$ m以上20 $\mu$ m以下の範囲とされている。

接合材27は、本実施形態では、融点降下元素であるSiを含有したAl-Si系ろう材とされており、具体的には、Al-7.5mass%Siろう材を用いている。

## 【0030】

次に、セラミックス基板11、溶加材25、活性金属材料26、銅板22、接合材27、及びアルミニウム板23を積層方向に加圧（圧力1~35kgf/cm<sup>2</sup>）した状態で、真空加熱炉内に装入して加熱する（加熱処理工程S03）。ここで、本実施形態では、真空加熱炉内の圧力は10<sup>-6</sup>Pa以上10<sup>-3</sup>Pa以下の範囲内に、加熱温度は600以上650以下の範囲内に、加熱時間は30分以上360分以下の範囲に設定している。

## 【0031】

この加熱処理工程S03においては、活性金属材料26（Ti箔）と銅板22とが固相拡散接合によって接合されるとともに、溶加材25が溶融して液相を形成し、この液相が凝固することにより、溶加材25を介して、セラミックス基板11と活性金属材料26とが接合されることになる。また、加熱処理工程S03においては、接合材27が溶融して液相を形成し、この液相が凝固することにより、接合材27を介してセラミックス基板11とアルミニウム板23とが接合される。

なお、固相拡散接合によって接合される活性金属材料26と銅板22との接合面は、予め平滑な面とされている。

これにより、セラミックス基板11の一方の面に回路層12が形成されるとともに、セラミックス基板11の他方の面に金属層13が形成され、本実施形態であるパワーモジュール用基板10が製造される。

## 【0032】

次いで、パワーモジュール用基板10の金属層13の下面に、Al-Si系ろう材を介してヒートシンク30を接合する(ヒートシンク接合工程S04)。

次に、パワーモジュール用基板10の回路層12の上面に、はんだ材を介して半導体素子3を接合する(半導体素子接合工程S05)。

このようにして、本実施形態に係るパワーモジュール1が製造される。

#### 【0033】

以上のような構成とされた本実施形態のパワーモジュール用基板の製造方法によれば、セラミックス基板11と銅板22との間において、セラミックス基板11側に融点が660以下の溶加材25を配置し、銅板22側に活性金属材料26(本実施形態においてはTi箔)を配置した状態で加熱処理を行う構成とされているので、加熱時に溶加材25が溶融した液相にTiが溶け込み、溶加材25の液相とセラミックス基板11との濡れ性が良好となる。したがって、溶加材25の液相が凝固した際に、溶加材25とセラミックス基板11との接合信頼性が向上する。

10

#### 【0034】

また、本実施形態においては、活性金属材料26と銅板22とを積層し、加圧した状態で、温度600以上650以下に加熱し保持する構成とされているので、活性金属材料26に含まれるTi原子を銅板22中に拡散させ、銅板22に含まれる銅原子を活性金属材料26中に拡散させ、活性金属材料26と銅板22とを固相拡散接合することができる。

#### 【0035】

加熱温度が600以上の場合、活性金属材料26に含まれるTi原子と銅板22に含まれる銅原子との拡散が促進され、短時間で十分に固相拡散させることができる。また、加熱温度が650以下の場合、活性金属材料26と銅板22との間に液相が生じて接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを抑制できる。そのため、加熱温度は、上記の範囲に設定されている。

20

#### 【0036】

また、加熱処理工程S03において、積層方向に加圧される圧力が $1\text{ kgf/cm}^2$ 以上の場合は、活性金属材料26と銅板22とを十分に接合させることができ、活性金属材料26と銅板22との間に隙間が生じることを抑制できる。また、加圧される圧力が $35\text{ kgf/cm}^2$ 以下の場合は、セラミックス基板11に割れが発生することを抑制できる。そのため、加圧される圧力は上記の範囲に設定されている。

30

#### 【0037】

また、溶加材25の融点が660以下とされているので、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いた場合と比較して、低温で溶加材の液相を形成することができる。

また、溶加材25と銅板22との間に活性金属材料26が介在されているので、溶加材25の液相と銅板22とが直接接触することがなく、接合界面にコブが生じたり、厚み変動したりすることを抑制できる。

さらに、活性金属材料26と銅板22との接合される面は、予め平滑な面とされているので、接合界面に隙間が生じることを抑制でき、活性金属材料26と銅板22とを確実に接合することができる。

#### 【0038】

40

上述のように、溶加材25がセラミックス基板11と良好に接合されるとともに、活性金属材料26と銅板22とが固相拡散接合によって接合されるので、セラミックス基板11と銅板22とを良好に接合でき、セラミックス基板11と回路層12との接合信頼性を向上させることができる。

さらに、Agを含有しない溶加材25を用いてセラミックス基板11と銅板22とを接合するので、Ag-Cu-Ti系ろう材を用いた場合よりも製造コストを低減できる。

#### 【0039】

さらに、上述したようにセラミックス基板11の一方の面に銅板22を低温で接合することができるので、セラミックス基板11の一方の面に銅板22を、他方の面にアルミニウム板23を同時に接合することができる。

50

## 【0040】

このように、セラミックス基板11の一方の面及び他方の面に、銅板22及びアルミニウム板23を同時に接合することで、製造工程を簡略化するとともに製造に要する時間を短縮し、製造コストを低減できる。さらに、一回の加熱処理で銅板22とアルミニウム板23を接合できるので、銅板22とアルミニウム板23を別々に接合する場合と比較して、セラミックス基板11にかかる熱負荷を低減でき、セラミックス基板11の反りを小さくしたり、セラミックス基板11の割れの発生を抑制したりすることが可能となる。

## 【0041】

また、本実施形態に係るパワーモジュール用基板10、パワーモジュール1によれば、セラミックス基板11の一方の面に銅板22からなる回路層12が形成されているので、半導体素子3からの熱を拡げてセラミックス基板11側に放散することができる。また、銅板22は変形抵抗が大きいので、ヒートサイクルが負荷された際に、回路層12の変形が抑制され、半導体素子3と回路層12とを接合する接合層2の変形を抑制し、接合信頼性を向上できる。

また、セラミックス基板11の他方の面にアルミニウム板23からなる金属層13が形成されているので、ヒートサイクル負荷時にパワーモジュール用基板10とヒートシンク30との間に生じる熱応力を金属層13によって吸収し、セラミックス基板11に割れが発生することを抑制できる。

## 【0042】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

## 【0043】

なお、上記実施の形態では、接合材としてAl-Si系ろう材を介してセラミックス基板とアルミニウム板を接合する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、過渡液相接合法(Transient Liquid Phase Bonding、TLP)を適用して接合しても良い。過渡液相接合法では、図5に示すように、アルミニウム板23のうちセラミックス基板11との接合面に、スパッタリング法などによってSi、Cu等の添加元素を固着して固着層127を形成した後に、セラミックス基板11とアルミニウム板23を積層し、積層方向に加圧し、加熱処理を行うことでセラミックス基板11とアルミニウム板23を接合することができる。すなわち、過渡液相接合法では、接合材として固着層127を介してセラミックス基板11とアルミニウム板23を積層し、銅板22とアルミニウム板23とを同時に接合することができる。

過渡液相接合法において、積層方向に加圧する際の圧力は、 $1\text{ kgf/cm}^2$ 以上 $35\text{ kgf/cm}^2$ 以下とされている。また、加熱処理における加熱温度及び加熱時間は、600以上650以下、30分以上360分以下とされている。

なお、固着層の添加元素として、Si、Cuの他に、Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga、又はLi等の添加元素を用いても良い。

## 【0044】

また、接合材として金属粒子と有機物とを有する金属ペーストを用いることでセラミックス基板とアルミニウム板を接合することもできる。金属ペーストとしては、例えばAg粒子と有機物とを有するAgペーストが挙げられる。具体的には、図6に示すように、セラミックス基板11の他方の面に、スクリーン印刷などによってAgペースト227を塗布し、Agペースト227を介してセラミックス基板11とアルミニウム板23を積層し加熱処理を行うことで、銅板22とアルミニウム板23をセラミックス基板11に同時に接合できる。Agペースト227を用いて接合する場合、積層方向に加圧する際の圧力は、 $1\text{ kgf/cm}^2$ 以上 $35\text{ kgf/cm}^2$ 以下とされている。また、加熱処理における加熱温度及び加熱時間は、600以上650以下、30分以上360分以下とされている。

## 【0045】

また、上記の実施形態では、パワーモジュール用基板とヒートシンクとをAl-Si系

10

20

30

40

50

ろう材を介して接合する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば上述した過渡液相接合法(TLP)を適用し、固着層を介してパワーモジュール用基板とヒートシンクとを接合しても良い。また、Ag粒子と有機物とを有するAgペーストを介してパワーモジュール用基板とヒートシンクとを接合しても良い。

さらに、ヒートシンクとして冷却用の流路を有するもので説明したが、ヒートシンクの構造に特に限定はなく、例えば空冷方式のヒートシンクであってもよい。また、ヒートシンクは、放熱フィンを有していても良い。

#### 【実施例】

#### 【0046】

以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

まず、AlNからなるセラミックス基板(40mm×40mm×0.635mm t)の一方の面に表1に示す溶加材、活性金属材、純度99.99%の銅からなる銅板(37mm×37mm×0.3mm t)を積層し、他方の面に表1に示す接合材を介してアルミニウム板(37mm×37mm×1.6mm t)を積層する。

なお、活性金属の位置が銅板側とされた本発明例1~12については、セラミックス基板/溶加材/活性金属材/銅板の順に積層し、セラミックス基板側とされた本発明例13についてはセラミックス基板/活性金属材/溶加材/銅板の順に積層した。

なお、表1に示す接合材として、「Al-Si」は、Al-7.5mass%Siろう材とした。「Cu(TLP)」は、固着層としてCuを用いた。「Agペースト」は、Ag粒子と有機物とを含むAgペーストとした。

#### 【0047】

そして、積層方向に圧力12kgf/cm<sup>2</sup>で加圧した状態で真空加熱炉内に装入し、加熱することによってセラミックス基板の一方の面に銅板を接合し、他方の面にアルミニウム板を接合し、セラミックス基板の一方の面及び他方の面に回路層及び金属層を形成した。ここで、真空加熱炉内の圧力を10<sup>-6</sup>Pa以上、10<sup>-3</sup>Pa以下の範囲内に設定し、加熱温度及び加熱時間は表1に示す条件とした。このようにしてパワーモジュール用基板を得た。

#### 【0048】

次いで、上述のパワーモジュール用基板の金属層の他方の面側にヒートシンクを接合した。ヒートシンクは、A6063からなるアルミニウム板(50mm×60mm×5mm t)とし、ヒートシンクの接合は表1に示す方法で行った。表1のヒートシンクの接合方法に示す「Al-Si」では、Al-10.5mass%Siろう材を用い、「Cu(TLP)」では、Cuの固着層を用い、「Agペースト」では、Ag粒子と有機物とを含むAgペーストを用いて接合を行った。パワーモジュール用基板とセラミックス基板の接合時の圧力は12kgf/cm<sup>2</sup>、加熱温度は610℃、加熱時間は60分とし、真空雰囲気で行った。

このようにして、本発明例1~13のヒートシンク付パワーモジュール用基板を作製した。

#### 【0049】

上述のようにして得られた本発明例のヒートシンク付パワーモジュール用基板に対して、回路層とセラミックス基板との接合率、及び金属層とセラミックス基板との接合率を評価した。さらに、ヒートシンク付パワーモジュール用基板に対して、冷熱サイクル試験を行い、試験後の回路層とセラミックス基板との接合率、及び金属層とセラミックス基板との接合率を評価した。

冷熱サイクルの試験方法と、接合率の評価方法を以下に説明する。

#### 【0050】

##### (冷熱サイクル試験)

冷熱サイクル試験は、冷熱衝撃試験機エスベック社製TSB-51を使用し、ヒートシンク付パワーモジュール用基板に対して、液相(フロリナート)で、-40℃×5分、125℃×5分の3000サイクルを実施した。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

(接合率評価)

ヒートシンク付パワーモジュール用基板に対し、セラミックス基板と回路層との界面の接合率、及びセラミックス基板と金属層との界面の接合率について超音波探傷装置を用いて評価し、以下の式から算出した。

ここで、初期接合面積とは、接合前における接合すべき面積、すなわち本実施例では回路層及び金属層の面積とした。超音波探傷像において剥離は接合部内の白色部で示されることから、この白色部の面積を剥離面積とした。なお、セラミックス基板、回路層、及び金属層にクラックが生じた場合、このクラックは超音波探傷像において白色部で示され、クラックも剥離面積として評価されることになる。

$$(\text{接合率}(\%)) = \{ (\text{初期接合面積}) - (\text{剥離面積}) \} / (\text{初期接合面積}) \times 100$$

以上の評価の結果を表1に示す。

## 【 0 0 5 2 】

【 表 1 】

本発明例	溶加材の成分	溶加材の厚み		溶加材の融点	活性金属材料の種類	活性金属材料の厚み		活性金属材料の位置	接合材	接合材の厚み		ヒートシンクの接合方法	加熱条件		初期の接合率[%]		冷熱サイクル試験後の接合率[%]	
		μm	μm			μm	μm			温度	時間		回路層	金属層	回路層	金属層		
本発明例 1	Cu-6.3mass%P-9.3mass%Sn-7mass%Ni	40	5	600°C	Ti	5	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	90分	100	100	99.8	98.3
本発明例 2	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	5	580°C	Ti	5	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	90分	99.8	100	98.4	99.4
本発明例 3	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	5	580°C	Zr	5	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	30分	100	100	98.6	99.8
本発明例 4	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	5	580°C	Nb	5	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	120分	100	100	99.0	99.2
本発明例 5	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	5	580°C	Hf	5	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	120分	99.6	100	98.1	97.3
本発明例 6	Sn-0.7mass%Cu-0.03mass%Ni-P	100	15	217°C	Ti	15	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	600°C	360分	98.2	99.8	93.8	95.3
本発明例 7	Sn-0.7mass%Cu	100	15	227°C	Ti	15	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	600°C	360分	97.3	100	94.4	94.9
本発明例 8	Al-33mass%Cu	150	15	548°C	Ti	15	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	600°C	45分	98.6	100	94.2	94.8
本発明例 9	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	3	580°C	Ti	3	銅板側	Cu (TLP)	0.2	Cu (TLP)	0.2	Al-Si	630°C	180分	100	100	98.2	96.3
本発明例 10	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	3	580°C	Ti	3	銅板側	Ag ペースト	3	Ag ペースト	3	Al-Si	630°C	180分	100	100	98.9	97.0
本発明例 11	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	3	580°C	Ti	3	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Cu	630°C	180分	100	100	99.3	95.5
本発明例 12	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	3	580°C	Ti	3	銅板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Ag ペースト	630°C	180分	100	99.1	99.6	94.6
本発明例 13	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	3	580°C	Ti	3	セラミック基板側	Al-Si	15	Al-Si	15	Al-Si	650°C	90分	99.7	98.9	91.6	97.5

【 0 0 5 3 】

融点が660以下の溶加材を用い、セラミック基板の一方の面及び他方の面に回路層及び金属層を同時に形成した本発明例1～13においては、初期の接合率は高く、冷熱サイクルが負荷された後も高い接合率を維持できるヒートシンク付パワーモジュール用基

10

20

30

40

50

板が得られることが確認された。

【符号の説明】

【0054】

- 10 パワーモジュール用基板
- 11 セラミックス基板
- 12 回路層
- 13 金属層
- 22 銅板
- 23 アルミニウム板
- 25 溶加材
- 26 活性金属材料
- 27、127、227 接合材

【図1】

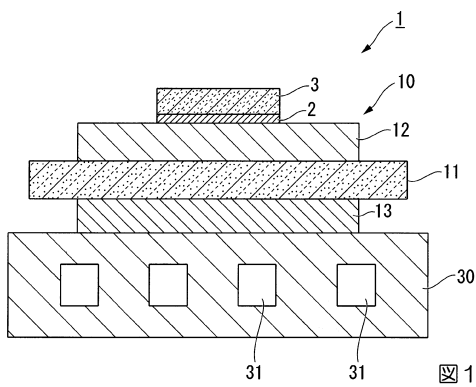


図1

【図2】

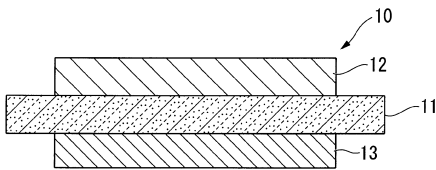


図2

【図3】

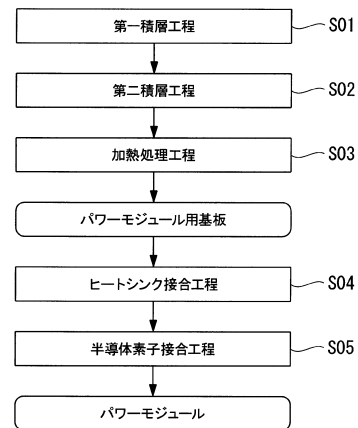
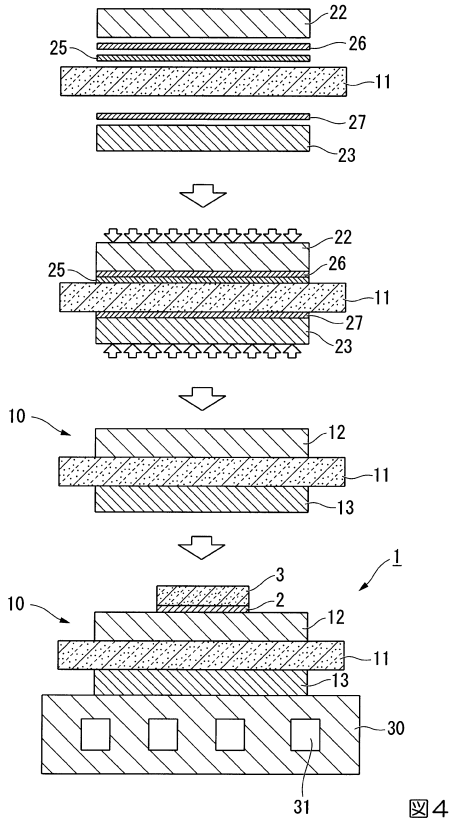


図3

【 図 4 】



【 図 5 】

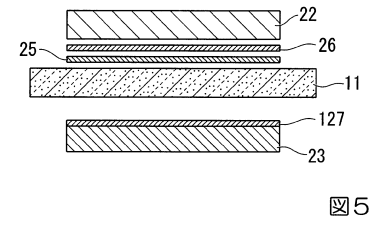


図 5

【 図 6 】

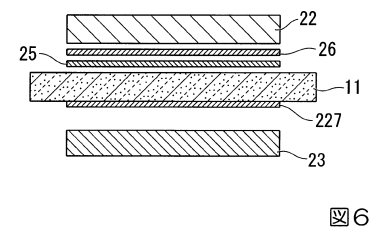


図 6

---

フロントページの続き

(72)発明者 長友 義幸

埼玉県北本市下石戸上1975-2 三菱マテリアル株式会社 中央研究所内

審査官 麻川 倫広

(56)参考文献 特開2005-050919(JP,A)

特開2011-155227(JP,A)

特開2003-197826(JP,A)

特開2012-64801(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/12 - 23/15

H01L 23/34 - 23/473

C04B 37/02