

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6561886号
(P6561886)

(45) 発行日 令和1年8月21日(2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日(2019.8.2)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 L 23/40	(2006.01)	HO 1 L	23/40	F	
HO 1 L 23/12	(2006.01)	HO 1 L	23/12	J	
HO 1 L 23/13	(2006.01)	HO 1 L	23/12	C	
C 2 2 C 21/00	(2006.01)	C 2 2 C	21/00	J	

請求項の数 3 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-64580 (P2016-64580)	(73) 特許権者	000006264
(22) 出願日	平成28年3月28日 (2016.3.28)		三菱マテリアル株式会社
(65) 公開番号	特開2017-183360 (P2017-183360A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成29年10月5日 (2017.10.5)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	平成30年9月26日 (2018.9.26)		弁理士 松沼 泰史
		(74) 代理人	100175802
			弁理士 寺本 光生
		(74) 代理人	100142424
			弁理士 細川 文広
		(74) 代理人	100140774
			弁理士 大浪 一徳
		(74) 代理人	100064908
			弁理士 志賀 正武

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートシンク付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】

絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の金属層と、ヒートシンクとが、接合されてなり、前記ヒートシンクが、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されているヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、

前記ヒートシンクが、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されている場合は、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面が、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金から形成されているパワーモジュール用基板を用意し、前記ヒートシンクが、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されている場合は、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面が、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金から形成されているパワーモジュール用基板を用意する工程と、

前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面および前記ヒートシンクの前記金属層との接

10

20

合面のうちの少なくとも一方の接合面に、厚さが $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下の Mg 層を形成する Mg 層形成工程と、

前記金属層と、前記ヒートシンクとを、前記 Mg 層を介して積層して積層体を形成する積層工程と、

前記積層体を 550 以上 575 以下の温度範囲で加熱して、前記金属層と、前記ヒートシンクとを接合する加熱工程と、

を備えていることを特徴とするヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法。

【請求項 2】

前記積層体において、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面および前記ヒートシンクの前記金属層との接合面の表面から厚さ $50 \mu\text{m}$ までの範囲に存在している Si の量と、前記 Mg 層に存在している Mg の量との比 (Si / Mg) が、原子比で 0.01 以上 99.0 以下の範囲内にあることを特徴とする請求項 1 に記載のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法。

10

【請求項 3】

前記加熱工程にて、前記積層体を、積層方向に 0.1MPa 以上 3.5MPa 以下の圧力を付与しながら加熱することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のヒートシンク付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】

本発明は、ヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

風力発電、電気自動車、ハイブリッド自動車等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 (窒化アルミニウム)、 Al_2O_3 (アルミナ)、 Si_3N_4 (窒化ケイ素) などのセラミックスからなる絶縁基板と、この絶縁基板の一方の面に導電性の優れた金属層を接合して形成した回路層と、を備え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。なお、パワーモジュール用基板としては、セラミックス基板の他方の面に金属層を形成したものも提供されている。

30

【0003】

また、回路層に搭載した半導体素子等から発生した熱を効率的に放散させるために、パワーモジュール用基板の金属層側にヒートシンクを接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板が提供されている。ヒートシンクの材料としては、アルミニウム合金や AlSiC に代表される炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料などのアルミニウム系材料が広く利用されている。

【0004】

パワーモジュール用基板と AlSiC とを接合する方法としては、ろう材を用いる方法と、AlSiC の被覆層 (スキン層) の一部を溶融させる方法が知られている。

【0005】

特許文献 1 には、主に炭化ケイ素からなる多孔体に、初晶温度が 615 以上であるアルミニウム合金を含浸して形成された AlSiC 系複合体と、AlSiC とパワーモジュール用基板とを、ろう材を用いて接合することが開示されている。なお、この特許文献 1 の実施例では、AlSiC 系複合体と DBA 基板を、アルミニウム系ろう材を用いて 590 でろう付けしている。

40

【0006】

特許文献 2 には、ヒートシンクとして Si と Mg とが所定の量で含有されたアルミニウム合金の被覆層が形成されている AlSiC 系複合材料を用い、この AlSiC 系複合材料の被覆層の一部を溶融させて、パワーモジュール用基板と AlSiC 系複合材料とを接合することが開示されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2003-306730号公報

【特許文献2】特開2014-138124号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、最近では、パワー半導体素子等の高出力化が進められており、これを搭載するヒートシンク付パワーモジュール用基板では、パワー半導体素子等にて発生した熱を、ヒートシンクにて効率良く外部に放出できるように、パワーモジュール基板とヒートシンクとを高い接合信頼性で接合することが要求される。しかしながら、特許文献1に開示されているパワーモジュール用基板とAlSiCとを、アルミニウム系ろう材を用いて接合する方法では、ろう付けの接合温度が高いため、AlSiCの母材が部分的に溶融して、AlSiCが歪んで変形してしまう。また、特許文献2に記載されているAlSiC系複合材料の被覆層の一部を溶融させる方法においては、AlSiC系複合材料の被覆層の一部のみを溶融させることが難しく、AlSiCの母材の部分的に溶融することがある。

10

【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、パワーモジュール用基板とAlSiCなどのアルミニウム又はアルミニウム合金を母材とするヒートシンクとを、ヒートシンクの母材を溶融させずに、高い接合信頼性で接合できるヒートシンク付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。

20

【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、本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法は、絶縁層と、この絶縁層の一方の面に形成された回路層と、前記絶縁層の他方の面に形成された金属層と、を備えたパワーモジュール用基板の金属層と、ヒートシンクとが、接合されてなり、前記ヒートシンクが、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されているヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法であって、前記ヒートシンクが、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されている場合は、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面が、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金又はSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金から形成されているパワーモジュール用基板を用意し、前記ヒートシンクが、アルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金、あるいは炭化ケイ素質部材中にアルミニウムもしくはSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されている場合は、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面が、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金から形成されているパワーモジュール用基板を用意する工程と、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面および前記ヒートシンクの前記金属層との接合面のうちの少なくとも一方の接合面に、厚さが0.1μm以上10μm以下のMg層を形成するMg層形成工程と、前記金属層と、前記ヒートシンクとを、前記Mg層を介して積層して積層体を形成する積層工程と、前記積層体を550以上575以下の温度範囲で加熱して、前記金属層と、前記ヒートシンクとを接合する加熱工程と、を備えていることを特徴としている。

30

40

【0011】

この構成のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によれば、アルミニウム

50

を主成分とするアルミニウム系ろう材を用いた場合と比較して低温での加熱により、ヒートシンクの母材を溶融させずに、金属層とヒートシンクとが高い接合信頼性で接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板を得ることができる。上記の構成によって、低温での加熱によって金属層とヒートシンクとを接合できる理由としては、次のように考えられる。加熱工程において、積層体を加熱すると、Mg層のMgが金属層あるいはヒートシンクに拡散し、金属層あるいはヒートシンクに含まれているSiとMg層から拡散してきたMgとが反応することによって高濃度の Mg_2Si が生成され、Alと Mg_2Si とMgとが共存する領域やAlと Mg_2Si とSiとが共存する領域が形成される。この領域は575以下で、接合に十分な量の液相を生成することが可能である。従来のアルミニウムを主成分とするアルミニウム系ろう材、Mg含有Al-Si系ろう材、Mg含有ろう材を皮材としたクラッド材などのろう材は、575以下では、接合に十分な量の液相を生成することができない。そして、金属層とヒートシンクとはともにAl部材から構成されているので、この液相は、金属層とヒートシンクとに拡散し、両者が接合される。

10

【0012】

また、上記の積層体は、Siを含むアルミニウム合金またはヒートシンクとMgを含むMg層とが分離した構造を有するので、Mg層のMg濃度を高くできる。従来のMg含有Al-Si系ろう材やMg含有ろう材を皮材としたクラッド材を用いて本件発明の効果を奏するためには、Mgの濃度を高くしなければならないが、この場合、圧延性が低下し、Mg含有Al-Si系ろう材を得ることができない。そのため、本件発明においては、上述のような積層体の構成としている。また、Mg濃度が高いMg層を有しているので、Si

20

を含むヒートシンクにMgを確実に拡散することができる。
以上の理由により、上記のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法によれば、比較的低温での加熱によって、金属層とヒートシンクとが高い接合信頼性で接合したヒートシンク付パワーモジュール用基板を得ることができると考えられる。

【0013】

ここで、金属層のアルミニウム合金及びヒートシンクのアルミニウム合金の両方のSi濃度が0.1at%未満だと、Alと Mg_2Si とMgとが共存する領域やAlと Mg_2Si とSiとが共存する領域で生成する液相の量が少なくなり、金属層とヒートシンクとの接合性が低下する。

Mg層厚さが0.1 μm 未満の場合、加熱時に Mg_2Si の量が少なくなり金属層とヒートシンクとの接合性が低下する。10 μm を超えた場合、Al-Mgの液相が多量に発生することとなり、ろうこぶが生じる。

30

また、加熱温度が550未満の場合、液相の生成量が少なくなるため、接合性が低下する。575を超えた場合、ろうこぶやヒートシンク母材の溶融が生じる。

【0014】

ここで、本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法においては、前記積層体において、前記金属層の前記ヒートシンクとの接合面および前記ヒートシンクの前記金属層との接合面の表面から厚さ50 μm までの範囲に存在しているSiの量と、前記Mg層に存在しているMgの量との比(Si/Mg)が、原子比で0.01以上99.00以下の範囲内にあることが好ましい。

40

この場合、加熱工程において、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するのに必要な高濃度の Mg_2Si を確実に生成させることができるので、金属層とヒートシンクとを高い接合信頼性で確実に接合することが可能となる。

【0015】

さらに、本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法においては、前記加熱工程にて、前記積層体を、積層方向に0.1MPa以上3.5MPa以下の圧力を付与しながら加熱することが好ましい。

この場合、パワーモジュール用基板及びヒートシンクに亀裂や破損を生じさせずに、パワーモジュール用基板の金属層とヒートシンクとを高い接合信頼性で確実に接合することが可能となる。

50

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、パワーモジュール用基板とAlSiCなどのアルミニウム合金を母材とするヒートシンクとを、ヒートシンクの母材を溶融させずに、高い接合信頼性で接合できるヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第一実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の概略説明図である。

【図2】図1における金属層とヒートシンクとの接合部の拡大説明図である。

10

【図3】第一実施形態に係るヒートシンク付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。

【図4】本発明の第二実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の概略説明図である。

【図5】第二実施形態に係るヒートシンク付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】

【0018】

以下、図面を参照して、本発明のヒートシンク付きパワーモジュール用基板の製造方法について説明する。なお、以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。また、以下の説明で用いる図面は、本発明の特徴をわかりやすくするために、便宜上、要部となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。

20

【0019】

(第一実施形態)

本発明の第一実施形態について、図1～図3を参照して説明する。

図1は、本発明の第一実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の概略説明図である。図2は、図1における金属層とヒートシンクとの接合部の拡大説明図である。図3は、第一実施形態に係るヒートシンク付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。

30

【0020】

ヒートシンク付パワーモジュール用基板10は、パワーモジュール用基板20と、パワーモジュール用基板の金属層に接合されたヒートシンク30と、を備えている。

【0021】

パワーモジュール用基板20は、絶縁層となるセラミックス基板21と、このセラミックス基板21の一方の面(図1において上面)に形成された回路層22と、セラミックス基板21の他方の面(図1において下面)に形成された金属層23と、を備えている。

【0022】

セラミックス基板(絶縁層)21は、絶縁性および放熱性に優れたSi₃N₄(窒化ケイ素)、AlN(窒化アルミニウム)、Al₂O₃(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、セラミックス基板21は、AlN(窒化アルミニウム)で構成されている。セラミックス基板21の厚さは、例えば、0.2mm以上1.5mm以下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。

40

【0023】

回路層22は、セラミックス基板21の一方の面にアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材が接合されることで形成されている。アルミニウム部材としては、純度が99質量%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)や純度が99.99質量%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)を用いることができる。本実施形態では、4Nアルミニウムの圧延板を用いている。回路層22の厚さは、0.1mm以上1.0mm

50

以下の範囲内に設定されており、本実施形態では0.4mmに設定されている。回路層22とセラミックス基板21とは、例えば、Al-Si系ろう材によって接合されている。

【0024】

回路層22の材料としては、アルミニウム部材以外に、銅又は銅合金からなる銅部材を用いることができる。例えば、セラミックス基板21に無酸素銅の圧延板を接合して回路層22とすることができる。また、回路層22として、アルミニウム部材と銅部材とを接合した接合体を用いてもよい。例えば、セラミックス基板21にアルミニウム部材を接合し、さらにそのアルミニウム部材に銅部材を接合した接合体を回路層22とすることができる。アルミニウム部材と銅部材とを接合する場合は、アルミニウム部材と銅部材との間にチタンからなるチタン部材を介在させることが好ましい。チタン部材を介在させること

10

【0025】

金属層23は、セラミックス基板21の他方の面に接合されたアルミニウム又はアルミニウム合金からなるアルミニウム部材を接合することで形成されている。アルミニウム部材としては、純度が99質量%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)や純度が99.99質量%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)等を用いることができる。本実施形態では、4Nアルミニウムの圧延板を用いている。金属層23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0.4mmに設定されている。金属層23とセラミックス基板21とは、例えば、Al-Si系ろう材によって接合さ

20

【0026】

ヒートシンク30は、パワーモジュール用基板20側の熱を放散するためのものである。ヒートシンク30としては、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、又は炭化ケイ素質部材中にSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されている。Si濃度が低いと、後述する製造方法において、加熱工程の際にAlとMg₂SiとMgとが共存する領域やAlとMg₂SiとSiとが共存する領域から生成される液相が発生しなくなる。アルミニウム基複合材料としては、炭化ケイ素中(炭化ケイ素:SiC)中にアルミニウム合金が充填されたAlSiCを用

30

【0027】

パワーモジュール用基板20とヒートシンク30との間には、接合部40が形成されている。接合部40は、図2に示すように、Mg₂SiからなるMg₂Si相41が分散された組織を有する。このMg₂Si相41が分散されている接合部40は、次に述べる製造方法において、パワーモジュール用基板20の金属層23とヒートシンク30とを、Mg層を介して加熱して、パワーモジュール用基板20とヒートシンク30とを接合することによって形成される。

【0028】

ここで、第一実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法について図3を参照して説明する。

40

【0029】

まず、図3(a)に示すように、パワーモジュール用基板20の金属層23のヒートシンク30との接合面に、Mg層50を形成する(Mg層形成工程)。

Mg層50の厚さは0.1μm以上10μm以下の範囲内に設定されている。Mg層50の厚さが薄くなりすぎると、後述する加熱工程の際に生成するMg₂Siの量が少なくなり、金属層23とヒートシンク30との接合性が低下する。一方、Mg層の厚さが厚くなりすぎると、後述する加熱工程の際に、Al-Mg合金の液相が過剰に生成して、金属層23とヒートシンク30との接合部にろうこぶが発生し易くなるおそれがある。

【0030】

50

Mg層50は、Mg濃度が80at%以上であることが好ましく、90at%以上であることが特に好ましい。Mg層50のMg濃度が低くなりすぎると、後述する加熱工程の際に、AlとMg₂SiとMgとが共存する領域やAlとMg₂SiとSiとが共存する領域から液相が生成されにくくなるおそれがある。

【0031】

また、金属層23の接合面およびヒートシンク30の接合面の表面から厚さ50μmまでの範囲に存在しているSiの量と、Mg層50に存在しているMgの量との比(Si/Mg)は、原子比で0.01以上99.0以下の範囲内にあることが好ましく、1.1以上6.7以下の範囲内にあることが特に好ましい。SiとMgとの存在量比が上記の範囲内にあると、後述する加熱工程の際に、金属層23とヒートシンク30とを接合するのに必要な高濃度のMg₂Siを確実に生成させることができるので、金属層23とヒートシンク30とを高い接合信頼性で確実に接合することが可能となる。なお、Mg層50に存在しているMg量は、Mg層50の厚さと純度と密度から求めることができる。金属層23の接合面およびヒートシンク30の接合面の表面から厚さ50μmまでの範囲に存在しているSi量は、金属層23およびヒートシンク30のSi含有量から求めることができる。

10

【0032】

金属層23にMg層50を形成する方法としては、Mgターゲットを用いたスパッタ法、Mg粉末のペーストを塗布して乾燥する方法や蒸着法を用いることができる。

【0033】

次に、金属層23とヒートシンク30とを、Mg層50を介して積層して積層体11を形成する(積層工程)。

20

【0034】

次に、積層体11を加熱して、金属層23とヒートシンク30とを接合する(加熱工程)。加熱工程において、積層体11を加熱することによって、Mg層50のMgがヒートシンク30のアルミニウム合金に拡散し、アルミニウム合金中のSiと拡散してきたMgとが反応することによって高濃度のMg₂Siが生成され、AlとMg₂SiとMgとが共存する領域やAlとMg₂SiとSiとが共存する領域が形成される。この領域は575以下で、接合に十分な量の液相を生成することが可能である。そして、金属層23とヒートシンク30とは、上記のとおりアルミニウムを主成分としているため、AlとMg₂SiとMgとが共存する領域AlやMg₂SiとSiとが共存する領域から形成された液相は、金属層23とヒートシンク30の両者に拡散して、その両者を接合する。

30

【0035】

加熱工程において、積層体11の加熱温度は、550以上575以下の温度範囲である。積層体11の加熱温度が低くなりすぎると、AlとMg₂SiとMgとが共存する領域やAlとMg₂SiとSiとが共存する領域から形成される液相が生成しないため、接合性が低下する。一方、積層体11の加熱温度が高くなりすぎると、ろうこぶやヒートシンク30の母材の溶融が生じる。

【0036】

加熱工程において、積層体11の加熱は、積層体11を積層方向に0.1MPa以上3.5MPa以下の圧力を付与しながら行うことが好ましい。付与する圧力が低くなりすぎると、液相がパワーモジュール用基板20の金属層23とヒートシンク30とに拡散しにくくなるおそれがある。付与する圧力が高くなりすぎると、パワーモジュール用基板20及びヒートシンク30に亀裂や破損が生じるおそれがある。

40

【0037】

加熱の時間は、15分以上180分の範囲内に設定されていることが好ましい。

加熱は、真空加熱炉を用いて、真空加熱炉内の圧力を 10^{-6} Pa以上 10^{-2} Pa以下の範囲内に設定して行うことが好ましい。

【0038】

(第二実施形態)

50

本発明の第二実施形態について、図4～図5を参照して説明する。

図4は、本発明の第二実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の概略説明図である。図5は、第二実施形態に係るヒートシンク付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。なお、第一実施形態および第二実施形態と同一の構成のものについては、同一の符号を付して記載し、詳細な説明を省略する。

【0039】

ヒートシンク付パワーモジュール用基板60は、パワーモジュール用基板70と、パワーモジュール用基板70の金属層73に接合されたヒートシンク30と、を備えている。パワーモジュール用基板70とヒートシンク30との間には、前述の第一実施形態の場合と同様に、接合部40が形成されている。

10

【0040】

パワーモジュール用基板70は、絶縁層となるセラミックス基板71と、このセラミックス基板71の一方の面(図4において上面)に形成された回路層72と、セラミックス基板21の他方の面(図4において下面)に形成された金属層73と、を備えている。

【0041】

セラミックス基板(絶縁層)71は、絶縁性および放熱性に優れた Si_3N_4 (窒化ケイ素)、 AlN (窒化アルミニウム)、 Al_2O_3 (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、セラミックス基板71は、 AlN (窒化アルミニウム)で構成されている。セラミックス基板21の厚さは、例えば、0.2mm以上1.5mm以下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。

20

【0042】

回路層72は、セラミックス基板71の一方の面に銅又は銅合金からなる銅部材が接合されることで形成されている。銅部材としては、無酸素銅を用いることができる。本実施形態では、無酸素銅の圧延板を用いている。回路層72の厚さは0.05mm以上1mm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。回路層72とセラミックス基板71とは、例えば、DBC法あるいは活性金属ろう付け法によって接合されている。

【0043】

回路層72の材料としては、銅部材以外にも、アルミニウム部材を用いることができる。また、回路層72として、アルミニウム部材と銅部材とを接合した接合体を用いてもよい。例えば、セラミックス基板71にアルミニウム部材を接合し、さらにそのアルミニウム部材に銅部材を接合して回路層72とすることができる。

30

【0044】

金属層73は、セラミックス基板71の他方の面に接合されている銅部材層74と、銅部材層74のセラミックス基板71に接合されている面とは反対側の面に接合されているチタン部材層75と、チタン部材層75のセラミックス基板71に接合されている面とは反対側の面に接合されているアルミニウム部材層76とから構成されている。

【0045】

銅部材層74は、銅又は銅合金からなる。銅部材としては、無酸素銅を用いることができる。本実施形態では、無酸素銅の圧延板を用いている。銅部材層74の厚さは0.05mm以上1mm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。銅部材層74とセラミックス基板71とは、例えば、DBC法あるいは活性金属ろう付け法によって接合されている。

40

【0046】

チタン部材層75は、チタンからなる。チタン部材層75の厚さは0.003mm以上0.050mm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。チタン部材層75と銅部材層74とは、例えば、固相拡散接合によって接合されている。

【0047】

アルミニウム部材層76は、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる。アルミニウ

50

ム又はアルミニウム合金としては、純度が99質量%以上のアルミニウム(2Nアルミニウム)や純度が99.99質量%以上のアルミニウム(4Nアルミニウム)等を用いることができる。本実施形態では、4Nアルミニウムの圧延板を用いている。アルミニウム部材層76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0.4mmに設定されている。アルミニウム部材層76とチタン部材層75とは、例えば、固相拡散接合によって接合されている。なお、アルミニウム部材層76となるアルミニウム板として、Si濃度が0.1at%以上含有されているアルミニウム合金板を用いることもできる。

【0048】

次に、第二実施形態に係るヒートシンク付パワーモジュール用基板の製造方法について図5を参照して説明する。

10

【0049】

まず、図5(a)に示すように、パワーモジュール用基板70のアルミニウム部材層76(金属層73のヒートシンク30との接合面)に、Mg層50を形成する(Mg層形成工程)。Mg層50の厚さ、Mg濃度、SiとMgとの存在量比(Si/Mg)、そして形成方法は、第1実施形態の場合と同じである。

【0050】

次に、アルミニウム部材層76とヒートシンク30とを、Mg層50を介して積層して積層体61を形成する(積層工程)。

【0051】

20

次に、積層体61を加熱して、アルミニウム部材層76とヒートシンク30とを接合する(加熱工程)。加熱工程において、積層体61の加熱温度、積層体61に付与する圧力、加熱の時間、そして真空加熱炉内の圧力は、第1実施形態の場合と同じである。

【0052】

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。

例えば、本実施形態では、ヒートシンクが、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金、又は炭化ケイ素質部材中にSi濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されているが、ヒートシンクは、アルミニウム又はSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金、もしくは炭化ケイ素質部材中にアルミニウム又はSi濃度が0.1at%未満のアルミニウム合金が充填されたアルミニウム基複合材料から形成されていてもよい。但し、この場合は、金属層のヒートシンクとの接合面が、Si濃度が0.1at%以上のアルミニウム合金から形成されているパワーモジュール用基板を用意する必要がある。

30

【0053】

また、例えば、本実施形態では、Mg層が単層とされているが、Mg層の層構成については制限ない。Mg層を、アルミニウム層の表裏面のそれぞれにMg層を積層した積層構造体としてもよい。

【0054】

さらに、パワーモジュール用基板は、金属層のヒートシンクとの接合面がアルミニウム又はアルミニウム合金から構成されていれば、その構成に特に制限はない。パワーモジュール用基板の回路層および金属層は、積層体の加熱工程において溶融しないように構成されていれば、種々の材料の接合体とすることができる。

40

【実施例】

【0055】

本発明例及び比較例のヒートシンク付パワーモジュール用基板は次のような方法で製造した。

まず、セラミックス基板の一方の面に、回路層となる純度99.99%以上のアルミニウム板(0.6mm t)をAl-Si系ろう材を介して積層し、他方の面に金属層となる表1記載のアルミニウム板(0.6mm t)をAl-Si系ろう材を介して積層し、荷重を

50

負荷しながら、加熱して接合しパワーモジュール用基板を得た。

次に、パワーモジュール用基板の金属層及び/又はヒートシンクにスパッタ法により、下記の表1に示すMg濃度と層厚とを有するMg層を形成した。SiとMgとの存在量比(Si/Mg)を下記の方法により測定した。その結果を表1に示す。

【0056】

次いで、パワーモジュール用基板の金属層と表1記載のヒートシンクとを、Mg層を介して積層して積層体を形成した。この積層体を真空加熱炉に入れ、表1に示す荷重を付与しながら、表1に示す加熱温度にて15分加熱して、ヒートシンク付パワーモジュール用基板を作製した。

そして、得られた各ヒートシンク付パワーモジュール用基板について、ヒートシンクとパワーモジュール用基板との接合率と、外観を下記の方法により評価した。その評価結果を、表1に示す。

【0057】

(SiとMgとの存在量比(Si/Mg))

Mg量は、パワーモジュール用基板の金属層及び/又はヒートシンクにMg層を形成した後、厚さを断面SEM観察から、純度をEPMAから求め、Mgの密度を 1.74 g/cm^3 として算出した。パワーモジュール用基板の金属層及びヒートシンクの両方にMg層が形成されている場合、その合計量をMg量とした。

Si量は、ヒートシンクのAl-Si合金中のSi濃度及びパワーモジュール用基板の金属層のSi濃度をパワーモジュール用基板の金属層と接合される面から厚さ方向に $50\text{ }\mu\text{m}$ の範囲内のSi量を算出した。厚さは断面SEM観察から測定した。

求められたMg量とSi量からSiとMgとの存在量比(Si/Mg)を求めた。なお、Si量は、ヒートシンクのAl-Si合金中のSi濃度及びパワーモジュール用基板の金属層のSi濃度の合計量である。

【0058】

(ヒートシンク付パワーモジュール用基板の外観評価)

次の何れかに該当した場合をxと評価し、それ以外をyと評価した。

1. ヒートシンクとパワーモジュール用基板との接合部を目視で観察し、ろうこぶが生じていた場合。

2. ヒートシンクを目視で観察し、ろうこぶ又は亀裂が生じていた場合。

【0059】

(接合部の接合率)

冷熱サイクル後の接合率を評価した。冷熱サイクルは、液相(フロリナート中)で行い、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \times 5\text{ 分}$ 、 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \times 5\text{ 分}$ のサイクルを2000サイクル行った。

冷熱サイクル後の接合率はヒートシンクとパワーモジュール用基板との接合部の超音波探傷像を、超音波探傷装置(株式会社日立パワーソリューションズ製FineSAT200)を用いて測定し、以下の式から接合率を算出した。

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、すなわちパワーモジュール用基板の金属層の面積とした。

(接合率) = {(初期接合面積) - (剥離面積)} / (初期接合面積)

超音波探傷像を二値化処理した画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。

評価結果を表1に示す。

【0060】

10

20

30

40

【表 1】

	パワーモジュール用基板の金属層		ヒートシンク		Mg層			積層体の加熱条件		評価		
	アルミニウム板材質	Si量 (at%)	ヒートシンクの材質	ヒートシンクのSi量 (at%)※	成膜側	Mg濃度 (at%)	層厚 (μm)	SiとMgとの存在比 (Si/Mg)	荷重 (MPa)	加熱温度 (°C)	接合部の外観	接合部の接合率 (%)
本発明例1	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	0.1	99.00	1.5	560	○	90.5
本発明例2	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	1.0	6.69	1.5	560	○	96.7
本発明例3	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	1.5	560	○	97.7
本発明例4	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	3.0	2.33	1.5	560	○	97.2
本発明例5	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	5.0	1.38	1.5	560	○	98
本発明例6	4N-AI	<0.01	AlSiC	8.1	金属層	99.9	5.0	1.13	1.5	560	○	98
本発明例7	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	8.0	0.85	1.5	560	○	97.6
本発明例8	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	10.0	0.69	1.5	560	○	95.1
本発明例9	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	ヒートシンク側	99.9	2.0	3.35	1.5	560	○	93.6
本発明例10	Al-Si	0.1	4N-AI	<0.01	金属層	99.9	2.0	0.03	1.5	560	○	92.1
本発明例11	Al-Si	12.5	4N-AI	<0.01	金属層	99.9	2.0	4.26	1.5	560	○	97.3
本発明例12	4N-AI	<0.01	Al-Si	0.1	金属層	99.9	2.0	0.03	1.5	560	○	91.2
本発明例13	4N-AI	<0.01	Al-Si	12.5	金属層	99.9	2.0	4.26	1.5	560	○	97.4
本発明例14	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	0.1	560	○	91.1
本発明例15	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	3.5	560	○	97.5
本発明例16	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	1.5	555	○	95.5
本発明例17	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	1.5	575	○	98.1
本発明例18	Al-Si	0.1	Al-Si	0.1	金属層	99.9	2.0	0.03	1.5	560	○	92.2
本発明例19	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	両側	99.9	2.0	3.35	1.5	560	○	93.8
比較例1	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	0.05	199.00	1.5	560	○	84.1
比較例2	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	15	0.45	1.5	560	×	94.7
比較例3	4N-AI	<0.01	4N-AI	<0.01	金属層	99.9	2.0	0.00	1.5	560	×	41.3
比較例4	4N-AI	<0.01	Al-Si	0.05	金属層	99.9	2.0	0.01	1.5	560	○	81.2
比較例5	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	1.5	525	○	62.1
比較例6	4N-AI	<0.01	AlSiC	10	金属層	99.9	2.0	3.35	1.5	580	×	97.9

※「材質」がAlSiCの場合はAlSiC内のAlのSi濃度を示す

【0061】

Mg層の厚さが0.1μm未満と薄くされた比較例1、金属層及びヒートシンクのSi濃度が0.1at%以下とSi濃度が低い比較例3や比較例4、接合温度が低い比較例5では、接合部の接合率が低くなった。

Mg層の膜厚が10μmよりも厚くされた比較例2ではろうこぶが生じていた。接合温度が高かった比較例6では、ヒートシンクに亀裂が生じていた。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 2 】

一方、本発明例で得られたヒートシンク付パワーモジュール用基板は、いずれもろうこぶが生じることもなく、接合部の接合率も高い値を示した。

以上のことから、本発明例によれば、パワーモジュール用基板とAlSiCなどのアルミニウム又はアルミニウム合金を母材とするヒートシンクとを、ヒートシンクの母材を溶解させずに、確実に接合できることが確認された。

【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

- 10、60 ヒートシンク付パワーモジュール用基板
- 11、61 積層体
- 20、70 パワーモジュール用基板
- 21、71 セラミックス基板
- 22、72 回路層
- 23、73 金属層
- 30 ヒートシンク
- 40 接合部
- 41 Mg₂Si相
- 50 Mg層
- 74 銅部材層
- 75 チタン部材層
- 76 アルミニウム部材層

10

20

【 図 1 】

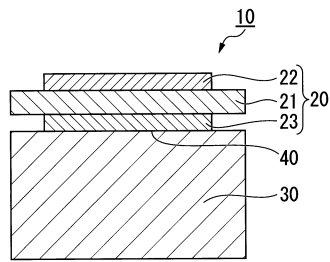
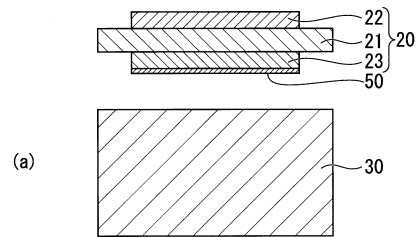


図1

【 図 3 】



(a)

【 図 2 】

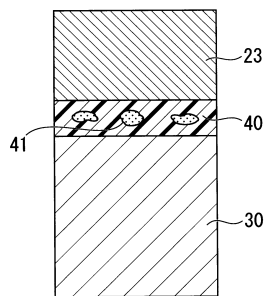
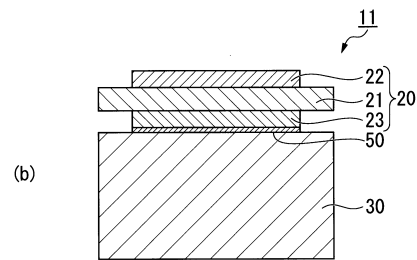


図2



(b)

図3

【 図 4 】

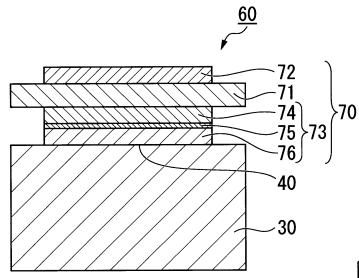


図 4

【 図 5 】

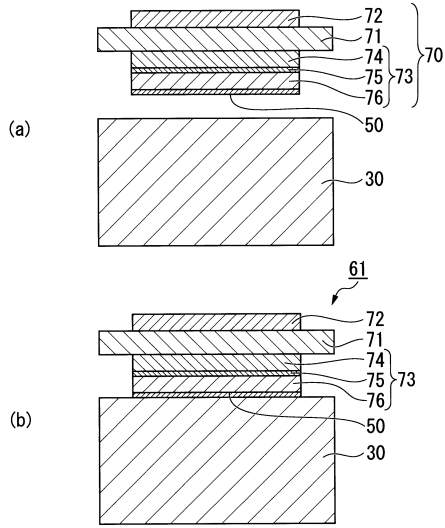


図 5

フロントページの続き

- (72)発明者 湯本 遼平
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
- (72)発明者 大開 智哉
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
- (72)発明者 大井 宗太郎
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 豊島 洋介

- (56)参考文献 特開2012-160642(JP,A)
国際公開第2011/096542(WO,A1)
国際公開第2015/029552(WO,A1)
特開2017-183716(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 5/00 - 25/00
27/00 - 28/00
30/00 - 30/06
35/00 - 45/10
H01L23/12 - 23/15
23/29
23/34 - 23/36
23/373 - 23/427
23/44
23/467 - 23/473