

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3935037号

(P3935037)

(45) 発行日 平成19年6月20日(2007.6.20)

(24) 登録日 平成19年3月30日(2007.3.30)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 23/36 (2006.01)	HO 1 L 23/36 C
B 3 2 B 15/04 (2006.01)	B 3 2 B 15/04 B
CO 4 B 37/02 (2006.01)	CO 4 B 37/02 C
HO 1 L 23/373 (2006.01)	HO 1 L 23/36 M

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-286324 (P2002-286324)	(73) 特許権者	000224798
(22) 出願日	平成14年9月30日(2002.9.30)		DOWAホールディングス株式会社
(65) 公開番号	特開2004-128005 (P2004-128005A)		東京都千代田区外神田四丁目14番1号
(43) 公開日	平成16年4月22日(2004.4.22)	(74) 代理人	100107548
審査請求日	平成17年6月23日(2005.6.23)		弁理士 大川 浩一
		(72) 発明者	高橋 貴幸
			東京都千代田区丸の内一丁目8番2号
			同和鋳業株式会社内
		(72) 発明者	小山内 英世
			東京都千代田区丸の内一丁目8番2号
			同和鋳業株式会社内
		(72) 発明者	浪岡 睦
			東京都千代田区丸の内一丁目8番2号
			同和鋳業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

純度が99.5%以上のアルミニウム部材をセラミックス基板の少なくとも一方の面に接触させ、不活性ガス中において620 ~ 650 の温度に加熱することにより、アルミニウム部材をセラミックス基板に直接接合することを特徴とする、アルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法。

【請求項2】

前記セラミックス基板が窒化アルミニウムを主成分とするセラミックス基板であることを特徴とする、請求項1に記載のアルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法。

【請求項3】

前記セラミックス基板がアルミナを主成分とするセラミックス基板であることを特徴とする、請求項1に記載のアルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法。

【請求項4】

前記アルミニウム部材の純度が99.9%以上であることを特徴とする、請求項1に記載のアルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法。

【請求項5】

前記不活性ガスが窒素ガスであることを特徴とする、請求項1乃至4のいずれかに記載のアルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、セラミックス基板とこのセラミックス基板に接合されたアルミニウム板とからなるアルミニウム - セラミックス接合基板およびその製造方法に関し、特に、高い熱サイクル耐性を備えたパワーモジュール用のアルミニウム - セラミックス絶縁基板として使用するアルミニウム - セラミックス接合基板、その製造方法およびそのアルミニウム - セラミックス接合基板を用いたパワーモジュールに関する

【0002】

【従来の技術】

従来、パワーモジュール用の金属 - セラミックス絶縁基板の金属回路板として銅板が使用されている。また、近年、より高い熱サイクル耐性を実現するために、金属 - セラミックス絶縁基板の金属回路板としてアルミニウム板を使用することが提案され、実用化されている。アルミニウム板を使用することによって高い熱サイクル耐性が得られるのは、アルミニウムの降伏応力が銅と比べて小さいので、金属とセラミックスの接合界面に発生する熱応力を金属自身の塑性変形によって緩和する効果が大きくなり、金属 - セラミックス接合基板に熱サイクルが加えられた場合のセラミックス基板に対するダメージが低減して熱サイクル耐性が向上するためであると推察されている。

10

【0003】

しかし、アルミニウム板の表面には酸化被膜が形成され、この酸化被膜がアルミニウム板とセラミックス基板との接合を妨害するため、特別な処理によってアルミニウム板の表面の酸化被膜を除去して清浄な表面を維持したままでなければ、アルミニウム板とセラミックス基板の直接的な接合は困難であると考えられてきた。

20

【0004】

そのため、アルミニウム板とセラミックス基板は、一般にAl - Si系などのろう材を介して接合されている。このような方法の例として、アルミニウム板をAl - Si系ろう材を介してセラミックス基板上に配置し、真空中において加熱することにより、ろう材を介してアルミニウム板をセラミックス基板に接合する方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

一方、ろう材などの中間材を使用しないで、Siを含むアルミニウム板をセラミックス基板に直接接合する方法として、不活性雰囲気中においてSiを含むアルミニウム板とセラミックス基板をその共晶温度とアルミニウムの融点との間の温度に加熱して、Siを含むアルミニウム板とセラミックス基板との間にAl - Si共晶融体を生成させることにより、Siを含むアルミニウム板とセラミックス基板を直接接合するいわゆる共晶接合法が知られている（例えば、特許文献2参照）。

30

【0006】

また、50重量%以下のSiを含むAl - Si合金板を窒化珪素(Si₃N₄)基板に直接接合する方法も知られている（例えば、特許文献3参照）。

【0007】

【特許文献1】

特開2001 - 168482号公報（段落番号0068）

40

【特許文献2】

特開昭52 - 37914号公報（5頁左下欄13行～右下欄1行、表）

【特許文献3】

特開2001 - 168482号公報（段落番号0034）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ろう材を介してアルミニウム板をセラミックス基板に接合する方法では、ペースト状のろう材を使用する場合には、セラミックス基板またはアルミニウム板に予めペースト状のろう材を塗布するろう材ペースト塗布工程が必要となり、箔状のろう材を使用する場合には、アルミニウム板とセラミックス基板の積層時に製品の主構成物ではないろう材

50

箔を挿入するろう材挿入工程が必要となるため、工程数が多くなり、材料費などのコストが高くなるという問題がある。また、真空炉内において高真空で接合する必要があり、ベルト式トンネル炉などの生産性の高い連続炉内において接合することができず、製造コストが比較的高くなるという問題もある。さらに、ろう材からアルミニウム中に異種元素が拡散混入すると、一般に降状応力が増大し、アルミニウムの塑性変形によるアルミニウム - セラミックス接合基板の熱応力の緩和作用が低下するため、アルミニウム - セラミックス接合基板の熱サイクル耐性が低下するという問題もある。

【 0 0 0 9 】

また、共晶接合法は、共晶融体を生成するアルミニウム板とセラミックス基板とを接合する場合に限られ、Siを含むアルミニウムとAl - Si共晶融体を生成しないセラミックスとを接合するのは困難である。

10

【 0 0 1 0 】

さらに、Al - Si合金板を窒化珪素基板に直接接合する方法では、アルミニウム中にSiなどの異種元素が過度に混入する場合には、一般に降状応力が増大し、アルミニウムの塑性変形によるアルミニウム - セラミックス接合基板の熱応力の緩和作用が低下して、アルミニウム - セラミックス接合基板の熱サイクル耐性が低下するという問題がある。そのため、アルミニウムは高純度であることが望ましい。また、窒化珪素(Si₃N₄)基板は高価であり放熱性も窒化アルミニウムよりも低いため、この方法の用途は限られている。そのため、放熱特性に優れた窒化アルミニウムや、放熱性は窒化アルミニウムより低い安価で入手しやすい酸化アルミニウムに対して、異種元素が添付されていない純アルミニウム板を直接接合する方法が望まれているが、このような方法は未だ知られておらず、純アルミニウム板を窒化アルミニウム基板や酸化アルミニウム基板に接合するためにろう材が使用されている。

20

【 0 0 1 1 】

したがって、本発明は、このような従来の問題点に鑑み、異種金属を添加しないアルミニウム部材を窒化アルミニウム基板や酸化アルミニウム基板などのセラミックス基板にろう材を介さずに直接接合することができる、アルミニウム - セラミックス接合基板、その製造方法およびそのアルミニウム - セラミックス接合基板を用いたパワーモジュールを提供することを目的とする。

【 0 0 1 2 】**【 課題を解決するための手段 】**

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意研究した結果、純度が99.5%以上のアルミニウム部材をセラミックス基板の少なくとも一方の面に接触させ、不活性ガス中において620 ~ 650の温度に加熱することにより、アルミニウム部材をセラミックス基板にろう材や接合に関与する合金成分を介さずに直接接合することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

30

【 0 0 1 3 】

すなわち、本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板の製造方法は、純度が99.5%以上のアルミニウム部材をセラミックス基板の少なくとも一方の面に接触させ、不活性ガス中において620 ~ 650の温度に加熱することにより、アルミニウム部材をセラミックス基板に直接接合することを特徴とする。

40

【 0 0 1 4 】

このアルミニウム - セラミックス接合基板の製造方法において、セラミックス基板が窒化アルミニウムを主成分とするセラミックス基板またはアルミナを主成分とするセラミックス基板であるのが好ましい。また、アルミニウム部材の純度が99.9%以上であるのが好ましい。さらに、不活性ガスが窒素ガスであるのが好ましい。特に、不純物である酸素の濃度は10ppm以下に制御するのが好ましい。

【 0 0 1 5 】

また、本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板は、純度が99.5%以上のアルミニウム部材がセラミックス基板の少なくとも一方の面に直接接合し、アルミニウム部

50

材とセラミックス基板との間のピール強度が 5 kg/cm 以上であることを特徴とする。

【0016】

このアルミニウム - セラミックス接合基板において、セラミックス基板が窒化アルミニウムを主成分とするセラミックス基板またはアルミナを主成分とするセラミックス基板であるのが好ましい。また、アルミニウム部材の純度が 99.9% 以上であるのが好ましい。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板の製造方法の実施の形態では、窒素ガス中において $620 \sim 650$ の温度で加熱処理することにより、純アルミニウム板と窒化アルミニウム (AlN) 基板やアルミナ (Al_2O_3) 基板などのセラミックス基板とをろう材を介さずに直接接合することができる。

10

【0018】

この方法では、大きな加圧も必要がなく、真空炉を必要としないので、生産性の高い連続炉における製造が可能になる。また、ろう材ペースト塗布工程またはろう材箔挿入工程が必要ないので、工程を簡略化することができる。

【0019】

接合温度を $620 \sim 650$ の温度とするのは、 620 より低い温度では、接合に長時間要するため生産性に乏しく、一方、 650 より高い温度では、アルミニウム板の窒化が起こり、電気的特性や熱的特性が低いアルミニウム - セラミックス接合基板になるからである。

20

【0020】

アルミニウム板をセラミックス基板に接合する際にアルミニウム板をセラミックス基板に押圧する必要はないが、 1000 Pa 以下のわずかな押圧により、さらに強固な接合が得られる。

【0021】

アルミニウム部材の純度は、 99.5% 以上であれば良好なアルミニウム - セラミックス接合基板を得ることができるが、より高い熱サイクル耐性を確保するためには、アルミニウムの純度が高い方が好ましい。

【0022】

加熱処理装置としては、開放型の窒素雰囲気炉を使用することができ、ベルト式トンネル炉などにより連続的に量産することができる。

30

【0023】

また、本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板の製造方法の実施の形態により製造されたアルミニウム - セラミックス接合基板上への半導体チップ、端子、放熱板などの半田付け、アルミニウム線のワイヤボンディング、樹脂パッケージなどのアセンブリ工程を経て、安価で信頼性の高いパワーモジュールを製造することができる。

【0024】

なお、本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板におけるアルミニウム板とセラミックス基板の接合のメカニズムは明確でないが、従来の考え方である Al の表面酸化を除去するために、 Si などの添加元素を利用したり、高真空中で接合するのではなく、接合界面に微量の N が見られるため、それが接合に関わっていると考えられる。

40

【0025】

【実施例】

以下、実施例に基づいて本発明によるアルミニウム - セラミックス接合基板およびその製造方法について詳細に説明する。

【0026】

[実施例1]

図1に示すように、 $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ の大きさで厚さ 0.635 mm の AlN からなるセラミックス基板10と、 $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ の大きさで厚さ 0.4 mm の純度 99.9% のアルミニウム板12を用意し、セラミックス基板10の両面にアルミニウム板12を

50

直接配置し、その両側に接合防止用の離型剤（BN）を塗布したAlNからなるスペーサ14を配置し、その上面に120gのステンレス製のおもり16を載せた。これをベルト式トンネル炉に入れ、窒素ガスを5L/分の流量で流した窒素ガス雰囲気において、1時間で接合温度620℃まで昇温させ、その温度で2時間保持して加熱した後、2時間で20℃まで冷却して、約5時間でセラミックス基板の両面にアルミニウム板が接合したアルミニウム-セラミックス接合基板を得た。

【0027】

このようにして得られたアルミニウム-セラミックス接合基板について接合強度（ピール強度）を測定したところ、ピール強度は $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。

10

【0028】

また、本実施例で得られたアルミニウム-セラミックス接合基板について、380℃に維持された非酸化雰囲気のリフロー炉を通過させた後にアルミニウム板の剥離やセラミックス基板のクラックの発生などの異常が生じるか否かを確認し、この通炉処理を繰り返して異常が生じない通炉回数によって熱サイクル耐性を評価した。その結果、この実施例において製造されたアルミニウム-セラミックス接合基板は、通炉処理5回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0029】

[実施例2~4]

加熱温度を630℃（実施例2）、640℃（実施例3）、650℃（実施例4）とした

20

以外は、実施例1と同様の方法によりアルミニウム-セラミックス接合基板を得た。

【0030】

このようにして得られたアルミニウム-セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度はいずれの実施例でも $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例1と同様に通炉処理を行ったところ、いずれの実施例でも通炉処理5回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0031】

[実施例5~8]

セラミックス基板をアルミナ基板とした以外は、実施例1~4と同様の方法によりアルミ

30

ニウム-セラミックス接合基板を得た。

【0032】

このようにして得られたアルミニウム-セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度はいずれの実施例でも $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例1と同様に通炉処理を行ったところ、いずれの実施例でも通炉処理5回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0033】

[実施例9]

アルミニウム板のアルミニウム純度を99.5%とした以外は、実施例3と同様の方法によりアルミニウム-セラミックス接合基板を得た。

40

【0034】

このようにして得られたアルミニウム-セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度は $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例1と同様に通炉処理を行ったところ、通炉処理5回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0035】

[実施例10]

アルミニウム板のアルミニウム純度を99.5%とした以外は、実施例7と同様な方法によりアルミニウム-セラミックス接合基板を得た。

50

【0036】

このようにして得られたアルミニウム - セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度は $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例 1 と同様に通炉処理を行ったところ、通炉処理 5 回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0037】

[比較例 1]

セラミックス基板の両面に予め $\text{Al} - 0.5 \text{ wt\% Si}$ の組成のろう材ペーストを塗布して乾燥した後にアルミニウム板を配置し、真空炉内で加熱した以外は実施例 3 と同様の方法によりアルミニウム - セラミックス接合基板を得た。なお、この比較例では、加熱および冷却時間に合計 20 時間を要した。

10

【0038】

このようにして得られたアルミニウム - セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度は $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例 1 と同様に通炉処理を行ったところ、通炉処理 5 回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0039】

[比較例 2]

セラミックス基板の両面に予め $\text{Al} - 0.5 \text{ wt\% Si}$ の組成のろう材ペーストを塗布して乾燥した後にアルミニウム板を配置し、真空炉内で加熱した以外は実施例 7 と同様の方法によりアルミニウム - セラミックス接合基板を得た。なお、この比較例では、加熱および冷却時間に合計 20 時間を要した。

20

【0040】

このようにして得られたアルミニウム - セラミックス接合基板についてピール強度を測定したところ、ピール強度は $> 200 \text{ N/cm}$ であり、パワーモジュールなどに使用するのに十分な強い接合強度であった。また、実施例 1 と同様に通炉処理を行ったところ、通炉処理 5 回後にアルミニウムの剥離もクラックの発生もなく、異常がなかった。

【0041】

実施例 1 ~ 10 と比較例 1 および 2 を比較すると、実施例 1 ~ 10 においてアルミニウム板とセラミックス基板を直接接合することにより得られたアルミニウム - セラミックス接合基板は、比較例 1 および 2 においてアルミニウム板とセラミックス基板をろう材を介して接合することにより得られたアルミニウム - セラミックス接合基板と同等の特性を有することがわかる。また、実施例 1 ~ 10 においてアルミニウム板とセラミックス基板を直接接合することによりアルミニウム - セラミックス接合基板を作製するのに要した時間は、比較例 1 および 2 においてアルミニウム板とセラミックス基板をろう材を介して接合することによりアルミニウム - セラミックス接合基板を作成するのに要した時間の 4 分の 1 程度であった。なお、熱サイクル耐性の試験は、通路処理 5 回で終了させたが、アルミニウムの純度が高くなれば、硬さ（強度）が低くなり、さらに熱サイクル耐性が高くなる。

30

【0042】

なお、実施例 1 ~ 10 および比較例 1、2 の結果を表 1 にまとめて示す。

40

【0043】

【表 1】

	セラミック	Al板純度	ろう材	接合雰囲気	接合温度	接合強度	熱サイクル耐性
実施例1	AIN	99.9%	なし	N ₂	620°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例2	AIN	99.9%	なし	N ₂	630°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例3	AIN	99.9%	なし	N ₂	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例4	AIN	99.9%	なし	N ₂	650°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例5	Al ₂ O ₃	99.9%	なし	N ₂	620°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例6	Al ₂ O ₃	99.9%	なし	N ₂	630°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例7	Al ₂ O ₃	99.9%	なし	N ₂	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例8	Al ₂ O ₃	99.9%	なし	N ₂	650°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例9	Al ₂ O ₃	99.5%	なし	N ₂	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
実施例10	Al ₂ O ₃	99.5%	なし	N ₂	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
比較例1	AIN	99.9%	Al-Si系	真空	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし
比較例2	Al ₂ O ₃	99.9%	Al-Si系	真空	640°C	>200N/cm	通炉5回で異常なし

【0044】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、純度が99.5%以上のアルミニウム部材をセラミックス基板の少なくとも一方の面に接触させ、不活性ガス中において620～650の温度に加熱することにより、Al-Si共晶融体のような共晶融体を生成しない場合でも、ろう材を介することなく、アルミニウム部材を窒化アルミニウム基板や酸化アルミニウム基板などのセラミックス基板に直接接合することができ、通常のパワーモジュールに使用するのに必要な特性を満たすアルミニウム-セラミックス接合基板を安価に且つ高い生産性で製造することができる。

【0045】

また、添加元素のないアルミニウム部材をろう材を介さずにセラミックス基板に接合できるため、アルミニウムの純度が保たれ、接合後のアルミニウムの降状応力が增大することがなく、将来のより過酷な熱サイクル耐性の要求にも対応できるアルミニウム-セラミックス接合基板を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるアルミニウム-セラミックス接合基板の製造方法によりセラミック

10

20

30

40

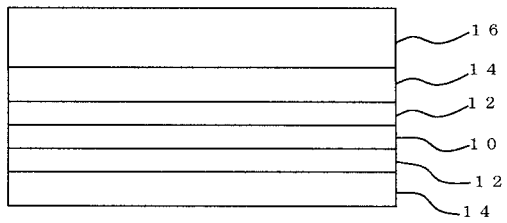
50

ス基板にアルミニウム板を直接接合する工程を示す側面図。

【符号の説明】

- 1 0 セラミック基板
- 1 2 アルミニウム板
- 1 4 スペース
- 1 6 おもり

【図 1】



フロントページの続き

審査官 菅野 智子

- (56)参考文献 特開2001-168482(JP,A)
特開昭52-037914(JP,A)
特開2000-340897(JP,A)
特開平08-091951(JP,A)
特開平02-175672(JP,A)
特開平07-193358(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/36
B32B 15/04
C04B 37/02
H01L 23/373