

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6028352号
(P6028352)

(45) 発行日 平成28年11月16日 (2016. 11. 16)

(24) 登録日 平成28年10月28日 (2016. 10. 28)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 L 23/40	(2006. 01)	HO 1 L 23/40		F	
HO 1 L 23/36	(2006. 01)	HO 1 L 23/36		C	
HO 1 L 23/12	(2006. 01)	HO 1 L 23/12		J	
CO 4 B 37/02	(2006. 01)	CO 4 B 37/02		B	

請求項の数 1 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-60687 (P2012-60687)	(73) 特許権者	000006264
(22) 出願日	平成24年3月16日 (2012. 3. 16)		三菱マテリアル株式会社
(65) 公開番号	特開2013-197185 (P2013-197185A)		東京都千代田区大手町一丁目3番2号
(43) 公開日	平成25年9月30日 (2013. 9. 30)	(74) 代理人	100101465
審査請求日	平成26年9月25日 (2014. 9. 25)		弁理士 青山 正和
前置審査		(72) 発明者	青木 慎介
			静岡県駿東郡小山町菅沼1400 三菱マ
			テリアル株式会社 三田工場 静岡DBA
			センター
		(72) 発明者	長瀬 敏之
			静岡県駿東郡小山町菅沼1400 三菱マ
			テリアル株式会社 三田工場 静岡DBA
			センター
		審査官	木下 直哉
			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】

ヒートシンクと、このヒートシンクに接合される金属板がセラミックス基板の表面に接合されてなるパワーモジュール用基板とを接合してヒートシンク付パワーモジュール用基板を製造する方法であって、前記金属板のセラミックス基板接合面と前記セラミックス基板との間をろう材を用いてろう付けして前記パワーモジュール用基板を形成する一次ろう付工程と、前記金属板のヒートシンク接合面と前記ヒートシンクとをフラックスを用いたろう付により接合する二次ろう付工程とを有し、前記二次ろう付工程の前に、前記金属板の側面を研磨することにより、前記一次ろう付工程により前記金属板の側面に付着したろう材を除去す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。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、大電流、高電圧を制御するパワーモジュールを構成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に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、大電流、高電圧を制御する半導体装置として、半導体チップ等の電子部品をパワーモジュール用基板上に搭載した構成のパワーモジュールが知られている。パワーモジュールを製造する方法として、例えば、特許文献1および特許文献2に記載された方法が知

20

られている。これらの製造方法では、まずセラミックス基板の一方の面にAl-Si系等のろう材を介して回路層となる金属板を積層し、セラミックス基板の他方の面にろう材を介して放熱層となる金属板を積層して、これらを積層方向に加圧するとともに加熱し、セラミックス基板と各金属板とを接合し、パワーモジュール用基板を製造する。次いで、放熱層の、セラミックス基板が接合されている面とは反対側の面に、ろう材を介してヒートシンクの天板部を積層し、この積層方向に加圧するとともに加熱して放熱層とヒートシンクとを接合することにより、ヒートシンク付パワーモジュール用基板が製造される。

【0003】

ヒートシンクとパワーモジュール用基板の金属板との間の接合方法としては、ろう付け、はんだ付け、ねじ止め、フラックスを用いたろう付け法などが適用される。特許文献3 10
では、ヒートシンクの天板とパワーモジュール用基板の金属層との接合方法として、フラックスを塗布したろう付法が記載されている。このフラックスを用いたろう付法では、例えば、フッ化物系のフラックスをろう材面に塗布してろう材面の酸化物を除去し、非酸化性雰囲気中で加熱して接合するろう付法であり、高価な設備が不要で、比較的容易に安定したろう付が可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-311527号公報

【特許文献1】特開2002-009212号公報 20

【特許文献3】特開2009-105166号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、パワーモジュールの製造過程において、パワーモジュール用基板の金属板とヒートシンクとをフラックスを用いたろう付を行う際に、金属板とヒートシンクとの間から流出したフラックスが金属板の側面を経由してセラミックス基板と金属板との接合部界面に引き込まれてこの接合部を侵食してしまうと、これにより接合部にクラックが生じ、セラミックス基板と金属板との剥離が生じやすくなるおそれがある。

【0006】 30

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、セラミックス基板と金属板との接合部に剥離を生じさせることなく、金属板とヒートシンクとをフラックスを用いたろう付し、接合信頼性の高いヒートシンク付パワーモジュール用基板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】

【0007】

本発明者は、金属板の側面を経由するフラックスの移動について鋭意研究した結果、次の知見を得た。

パワーモジュール用基板の製造過程において、セラミックス基板と金属板とのろう付時に、接合に寄与しない余剰分のろう材が接合部から押し出され、金属板の側面に付着する場合がある。この一次ろう付工程で金属板側面に付着したろう材が固化し、金属板側面の表面に網目状の溝が形成され易く、このような状態で金属板とヒートシンクとをノコロックろう付すると、金属板とヒートシンクとの間から流出したフラックスが、金属板の側面に付着したろう材に接触し、この網目状の溝を伝って流動してセラミックス基板と金属板との接合部界面に引き込まれる。したがって、フラックスの侵食によるセラミックス基板と金属板との剥離を防止するには、このフラックスのろう材表面での流動を防止する必要がある。本発明は、このような知見の下、以下の解決手段とした。

【0008】 40

すなわち、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、ヒートシンクと、このヒートシンクに接合される金属板がセラミックス基板の表面に接合されてなる 50

パワーモジュール用基板とを接合してヒートシンク付パワーモジュール用基板を製造する方法であって、前記金属板のセラミックス基板接合面と前記セラミックス基板との間をろう材を用いてろう付けして前記パワーモジュール用基板を形成する一次ろう付工程と、前記金属板のヒートシンク接合面と前記ヒートシンクとをフラックスを用いたろう付により接合する二次ろう付工程とを有し、前記二次ろう付工程の前に、前記金属板の側面を研磨することにより、前記一次ろう付工程により前記金属板の側面に付着したろう材を除去することを特徴とする。

【0009】

この製造方法によれば、二次ろう付工程の前に金属板側面を研磨しているため、一次ろう付工程において金属板の側面に付着した余剰のろう材の少なくとも表面部が研磨により除去されることにより、金属板の側面が平坦になり、その結果、二次ろう付工程においてフラックスが金属板とヒートシンクとの間から流出したとしても、金属板の側面を伝ってセラミックス基板と金属板との接合部まで到達することが防止される。

10

【0010】

また、この製造方法において、金属板の側面をブラスト処理によって研磨することが望ましい。金属板の側面に一次ろう付工程によって形成された網目状の溝は、余剰ろう材が固化して形成されたものであるから、ブラスト処理によって簡便に除去することができる。

【0011】

本発明のパワーモジュール用基板は、ヒートシンクに接合される金属板がセラミックス基板の表面に接合されてなり、前記金属板の側面の算術平均粗さ R_a が $0.7 \mu m$ 以下に形成されているとよい。

20

金属板にろう材が付着していたとしても、その表面が算術平均粗さ R_a で $0.7 \mu m$ 以下の平坦面であれば、ヒートシンクを接合する際にフラックスが金属板側面を伝ってセラミックス基板との接合部内に引き込まれることが防止される。

【発明の効果】

【0012】

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およびパワーモジュール用基板によれば、ヒートシンクとパワーモジュール用基板との接合の際に用いられるフラックスがセラミックス基板と金属板との接合部に引き込まれることが防止され、セラミックス基板と金属板との接合部に剥離を生じさせず、接合信頼性の高いヒートシンク付パワーモジュール用基板を提供することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態のパワーモジュールの全体構成を示す縦断面図である。

【図2】パワーモジュール用基板を製造する一次ろう付工程時の積層状態を示す正面図である。

【図3】パワーモジュール用基板の要部の側面図であり、(a)が一次ろう付工程後の状態、(b)が研磨工程後の状態を示す。

【発明を実施するための形態】

40

【0014】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。

図1は、本実施形態のパワーモジュール用基板10を用いたパワーモジュール100を示している。このパワーモジュール100は、パワーモジュール用基板10と、パワーモジュール用基板10の表面に搭載された半導体チップ等の電子部品20と、この電子部品20とは反対面でパワーモジュール用基板10に接合されたヒートシンク30とから構成される。

【0015】

パワーモジュール用基板10は、セラミックス基板11と、セラミックス基板11の両面に積層された金属板12、13とを備える。このパワーモジュール用基板10において

50

、セラミックス基板 11 の一方の表面に積層された金属板 12 は回路層となり（以下、この金属板 12 を回路層用金属板という場合がある）、その表面に電子部品 20 がはんだ付けされる。また、他方の金属板 13 は放熱層とされ（以下、この金属板 13 を放熱層用金属板という場合がある）、その表面にヒートシンク 30 が取り付けられる。

【0016】

セラミックス基板 11 は、例えば、 AlN （窒化アルミニウム）、 Si_3N_4 （窒化珪素）等の窒化物系セラミックス、もしくは Al_2O_3 （アルミナ）等の酸化物系セラミックスにより形成され、その厚さは $0.2 \sim 1.5$ mm の範囲内に設定されており、本実施形態では、 0.635 mm に設定されている。

【0017】

回路層用金属板 12 は、純度 99 質量% 以上のアルミニウムが用いられ、JIS 規格では、1000 番台のアルミニウム、特に 1N90（純度 99.9 質量% 以上：いわゆる 3N アルミニウム）または 1N99（純度 99.99 質量% 以上：いわゆる 4N アルミニウム）を用いることができる。放熱層用金属板 13 は、純度 99 質量% 以上のアルミニウムが用いられ、JIS 規格では、1000 番台のアルミニウム、特に 1N99（純度 99.99 質量% 以上：いわゆる 4N アルミニウム）を用いることができる。なお、本実施形態では、図 1 に示すように、セラミックス基板 11 の平面寸法は、回路層 12 及び金属層 13 の平面寸法より大きく設定されている。

【0018】

このパワーモジュール用基板 10 においては、放熱層用金属板 13 に熱サイクル時のセラミックス基板 11 とヒートシンク 30 との間の熱伸縮差に対する緩衝機能を持たせるため、回路層用金属板 12 よりも肉厚に形成されたものを用いている。例えば、回路層用金属板 12 の厚さは $600 \mu m$ 、放熱層用金属板 13 の厚さは $1600 \mu m$ である。また、放熱層用金属板 13 には、純度の高いアルミニウム（例えば 1N99）を用いるのが好ましい。

【0019】

そして、これら金属板 12、13 とセラミックス基板 11 とは、ろう付けにより接合されている。ろう材としては、Al-Si 系、Al-Ge 系、Al-Cu 系、Al-Mg 系または Al-Mn 系等の合金が使用される。

【0020】

放熱層用金属板 13 の表面（ヒートシンク接合面）13a には、複数本の溝 14 が相互に平行に形成されている。これら溝 14 は、平面視矩形の金属板 13 の一方の側縁から他方の側縁にかけて平行に形成されている。溝 14 は、横断面が V 字状や U 字状となっている。

【0021】

ヒートシンク 30 としては、板状の放熱板、内部に冷媒が流通する冷却器、フィンが形成された液冷、空冷放熱器、ヒートパイプなど、熱の放散によって温度を下げることを目的とした金属部品が含まれる。よって、平板状のもの、熱間鍛造等によって多数のピン状フィンを一体に形成したもの、押出成形によって相互に並行な流路を一体に形成したものなど、その形状等は特に限定されない。また、その材料は、熱伝導が良好な材質、例えば A6000 台のアルミニウム合金により形成される。図示例では、冷却媒体（例えば冷却水）を流通させるための複数の流路 30a が相互に並行に形成されている。このヒートシンク 30 とパワーモジュール用基板 10 の放熱層用金属板 13 とはろう付けにより接合され、ろう材としては、Al-Si 系、Al-Ge 系、Al-Cu 系、Al-Mg 系または Al-Mn 系等の合金が用いられる。

【0022】

なお、回路層用金属板 12 と電子部品 20 との接合には、Sn-Ag-Cu 系、Zn-Al 系もしくは Pb-Sn 系等のはんだ材が用いられる。図 1 中符号 21 がそのはんだ接合層を示す。また、電子部品 20 と金属板 12 の端子部との間は、アルミニウムからなるボンディングワイヤ 22 により接続される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

このパワーモジュール用基板 1 0 は、セラミックス基板 1 1 と各金属板 1 2 , 1 3 を接合することにより形成される。

具体的には、まず、金属板 1 2 , 1 3 を、シート材からプレス加工により形成する。この場合、回路層用金属板 1 2 は単にシート材から打ち抜くことにより形成される。一方、放熱層用金属板 1 3 は、シート材に複数の溝 1 4 を形成した後に打ち抜き加工される。溝 1 4 は、シート材の金属板 1 3 となる領域をカバーする範囲にパンチを押圧することにより形成される。

【 0 0 2 4 】

次に、溝 1 4 を形成した放熱層用金属板 1 3 の溝 1 4 が形成されていない表面（セラミックス基板接合面） 1 3 b にろう材を介してセラミックス基板 1 1 を積層し、このセラミックス基板 1 1 の上にろう材を介して回路層用金属板 1 2 を積層する。この場合、ろう材は、金属板 1 2 , 1 3 をシート材からプレス加工により打ち抜く際にシート材にろう材箔を貼付しておき、このろう材箔ごと打ち抜くことにより、ろう材箔が貼付された金属板 1 2 , 1 3 を形成するとよい。

そして、これら積層したセラミックス基板 1 1 および各金属板 1 2 , 1 3 を厚さ方向に加圧しながら真空雰囲気中で加熱することによりろう付けする（一次ろう付工程）。

【 0 0 2 5 】

この一次ろう付工程においては、図 2 に示すように、セラミックス基板 1 1 および両金属板 1 2 , 1 3 からなるユニットを多数組積層するとともに、各ユニットの間にカーボン板、グラファイト板等からなるクッション層 2 3 を配置し、これらを積層状態で加圧、加熱する。この時の加圧力は 0 . 1 ~ 2 . 5 M P a 、加熱温度は 6 3 0 ~ 6 5 5 、加熱時間は 1 ~ 6 0 分とする。このろう付け工程において、セラミックス基板 1 1 と金属板 1 2 , 1 3 との間のろう材が熔融して両者を固着することにより、パワーモジュール用基板 1 0 が形成される。

このとき、セラミックス基板 1 1 と金属板 1 3 との間からろう材が漏れ出ると、金属板 1 3 の側面 1 3 c に付着する。図 3 (a) は、その金属板 1 3 の側面 1 3 c にろう材が付着した状態を模式的に示しており、ろう材の表面に網目状の溝が形成される。

【 0 0 2 6 】

次に、この金属板 1 3 の側面 1 3 c をブラスト研磨する。

このブラスト研磨に際しては、金属板 1 3 の側面 1 3 c 以外のパワーモジュール用基板 1 0 の表面（金属板 1 3 の溝 1 4 が形成されている面、セラミックス基板 1 1 の表面）をマスキングしておき、ノズルから圧縮空気とともに投射材（研磨材）を噴射して、金属板 1 3 の側面 1 3 c に吹き付ける。投射材としては例えば平均粒径 2 8 μm ~ 3 2 μm の S i C の粉末が用いられ、投射速度は、金属板 1 3 の側面 1 3 c における加圧力として 0 . 1 5 M P a ~ 0 . 2 0 M P a とされる。

そして、このブラスト研磨により、金属板 1 3 の側面 1 3 c は、算術平均粗さ R a が 0 . 7 μm 以下に仕上げられ、これにより、金属板 1 3 の側面 1 3 c に付着していたろう材は除去される。図 3 (b) はブラスト研磨した後の金属板 1 3 の側面を示しており、ろう材により形成されていた網目状の溝は除去され、平滑な表面に仕上げられる。

【 0 0 2 7 】

次に、金属板 1 3 とヒートシンク 3 0 とをノコロックろう付け法により接合して、パワーモジュール用基板 1 0 とヒートシンク 3 0 とを接合する（二次ろう付工程）。ノコロックろう付け法は、ろう材面に金属表面の酸化物を除去するフッ化物系フラックスを塗布して、非酸化性雰囲気（例えば N₂ 雰囲気）中で 6 0 0 ~ 6 1 5 に加熱して、ろう付けする方法である。

【 0 0 2 8 】

フラックスには、K A l F₄、K₂ A l F₅、K₃ A l F₆ 等が用いられる。金属板 1 3 とヒートシンク 3 0 とを接合するろう材は、例えば A i - S i 系合金が用いられ、ヒートシンク 3 0 の表面に予めクラッドされているか、ろう材箔の形態でヒートシンク 3 0 に

10

20

30

40

50

重ねることにより供給される。

【0029】

この二次ろう付工程において、ヒートシンク30と接合される金属板13のヒートシンク接合面13aに複数の溝14が形成されていることにより、ろう付け時のフラックスは、ガス状となって各溝14を通してヒートシンク30と金属板13との間から外部に流出する。したがって、フラックスは金属板13とヒートシンク30との間に滞留することが抑制され、ろう付け後にポイドとして残存することが防止される。

一方、外部に流出したフラックスは、金属板13の側面13cでは一次ろう付工程で付着したろう材が除去され、算術平均粗さRaが $0.7\mu\text{m}$ 以下の平坦面に仕上げられているので、この金属板13の側面13cの下部に一部が付着したとしても、この側面13cを這い上がることはなく、そのほとんどがガスとして外部に放出される。したがって、金属板13とセラミックス基板11との接合部をフラックスが侵食することが防止され、これにより、金属板13とセラミックス基板11とに剥離が生じることを防止することができる。

10

【0030】

以上説明したように、こ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、セラミックス基板と金属板との接合部に剥離を生じさせず、接合信頼性の高いヒートシンク付パワーモジュール用基板を提供することができる。

【0031】

次に、本発明の効果確認のために、以下の実験を行った。

20

32mm×32mmの窒化アルミニウムからなるセラミックス基板の上面に30mm×30mm、厚さ0.6mmの純アルミニウム(1N99)からなる回路層用金属板、下面に28mm×28mm、厚さ1.6mmの純アルミニウム(1N99)からなる放熱層用金属板を、厚さ15 μm のAl-7.5質量%Siろう材を用いて真空中で640、0.49MPa(5kgf/cm²)で加圧しながら接合して、パワーモジュール用基板を製作した。

【0032】

このパワーモジュール用基板に対して、放熱層用金属板の側面を表1に示す表面状態とした。表1のうち、試料1～試料3は、金属板の側面をブラスト研磨し、試料4は、金属板の側面をブラスト研磨しなかったものである。その後、ノコロックフラックス(森田化学製FL-7)とAl-Siろう材を用いて窒素雰囲気中でノコロックろう付法により放熱層用金属板に厚さ5mmのA6063材からなるヒートシンクを接合した。

30

これらのサンプルについて、冷熱サイクル試験として、-40 から125 に10分間で上昇させ、125 に15分保持した後、125 から-40 に10分間で下降させ、-40 に15分保持する温度履歴を1サイクルとした冷熱サイクルを3000サイクル付与し、セラミックス基板と放熱層用金属板との接合界面の剥離による接合欠陥率を評価した。

【0033】

接合欠陥率は、超音波探傷装置を用いて接合部を評価し、接合すべき面積に対する剥離面積(接合欠陥率=剥離面積/接合すべき面積)により算出した。接合すべき面積は放熱層用金属板の面積である。また、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。この場合、円相当で1mm以上接合されていない部位(非接合部とする)が認められた場合を剥離とし、接合面全体に占める非接合部の面積比率を測定した。この接合欠陥率を二次接合工程直後(初期)と冷熱サイクル試験後でそれぞれ測定した。

40

その結果を表1に示す。表1において、評価は、接合欠陥率が25%以上となったものを×、15%以上25%未満を○、15%未満を△とした。

【0034】

【表 1】

試料	金属板側面 Ra(μm)	接合欠陥率	
		初期	冷熱サイクル後
1	0.6	○	○
2	0.5	○	○
3	0.7	○	○
4	1.0	△	×

【0035】

表 1 から明らかなように、ブラスト研磨を行った試料 1 から試料 3 は、金属板の側面にろう材により形成された網目状の溝は除去され、その算術平均粗さ Ra が $0.7 \mu\text{m}$ 以下となっており、接合初期及び冷熱サイクル後においても、いずれも接合欠陥率は小さくなった。一方、ブラスト研磨を行っていない試料 4 は、接合初期及び冷熱サイクル後のいずれにおいても試料 1 ~ 3 と比較して劣化していることが確認できた。

10

【0036】

なお、本発明は前記実施形態の構成のものに限定されるものではなく、細部構成においては、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。

実施形態では、一次接合工程で金属板の側面に付着したろう材をブラスト研磨により除去したが、金属板の側面を研磨するものであれば、化学研磨、電解研磨、パフ研磨などを用いることもできる。

20

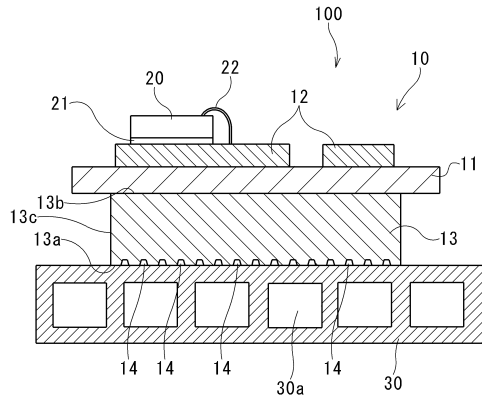
【符号の説明】

【0037】

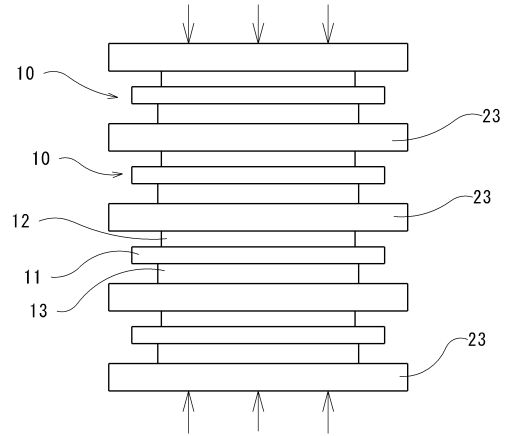
- 10 パワーモジュール用基板
- 11 セラミックス基板
- 12 金属板（回路層用金属板）
- 13 金属板（放熱層用金属板）
- 13a ヒートシンク接合面
- 13b セラミックス基板接合面
- 13c 側面
- 14 溝
- 20 電子部品
- 21 はんだ接合層
- 22 ボンディングワイヤ
- 23 クッション層
- 30 ヒートシンク
- 30a 流路
- 100 パワーモジュール

30

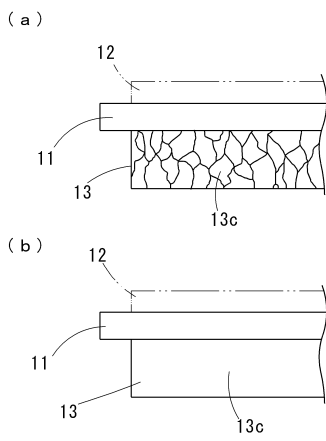
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-004356(JP,A)
特開2001-110953(JP,A)
特開2012-049436(JP,A)
特開平01-272183(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 23/34 - 23/473
H01L 23/12 - 23/15
C04B 37/02