

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6152626号
(P6152626)

(45) 発行日 平成29年6月28日(2017.6.28)

(24) 登録日 平成29年6月9日(2017.6.9)

(51) Int. Cl.	F I				
H01L 23/12 (2006.01)	H01L	23/12	W		
C23C 18/18 (2006.01)	C23C	18/18			
H05K 3/26 (2006.01)	H05K	3/26	A		
H05K 3/20 (2006.01)	H05K	3/26	F		
H01L 23/48 (2006.01)	H05K	3/20	Z		
請求項の数 1 (全 8 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号 特願2012-82570 (P2012-82570)
 (22) 出願日 平成24年3月30日(2012.3.30)
 (65) 公開番号 特開2013-214541 (P2013-214541A)
 (43) 公開日 平成25年10月17日(2013.10.17)
 審査請求日 平成26年9月25日(2014.9.25)

前置審査

(73) 特許権者 000006264
 三菱マテリアル株式会社
 東京都千代田区大手町一丁目3番2号
 (74) 代理人 100101465
 弁理士 青山 正和
 (72) 発明者 登本 寛
 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
 センター内
 (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】

セラミックス基板の表面にろう材を介在させて回路層をろう付け接合し、ろう付け接合後の前記回路層上にニッケルメッキ膜を形成する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に前記ろう材を介在させて積層した前記回路層にカーボン板を重ねて、これらを加圧した状態で加熱することにより、前記セラミックス基板に前記回路層をろう付け接合するろう付け工程と、ろう付け接合後に前記回路層表面をエッチング処理する第1エッチング処理工程と、該第1エッチング処理工程後の前記回路層表面にブラスト処理を施すブラスト処理工程と、ブラスト処理後の前記回路層表面を再度エッチング処理する第2エッチング処理工程と、該第2エッチング処理工程後の回路層上にニッケルメッキ膜を形成するメッキ形成工程とを有し、前記第2エッチング処理工程において、前記回路層表面を0.8μm以上除去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。

【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の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のパワーモジュールとして、セラミックス基板の一方の面に、回路層となるアルミニウム等の金属層が積層され、この回路層の上に半導体チップ等の電子部品がはんだ付けされるとともに、セラミックス基板の他方の面に放熱層となる金属層が形成され、この金属層にヒートシンクが接合された構成のものが知られている。

【0003】

この種のパワーモジュールに用いられるパワーモジュール用基板においては、はんだ濡れ性を向上させて、電子部品との接合性を高めるために、回路層の表面にニッケルメッキが施されたものが知られている。

例えば、特許文献1から特許文献3記載のパワーモジュール用基板においては、金属層の表面に無電解ニッケルメッキ又は電解ニッケルメッキを施している。また、特許文献4記載のパワーモジュール用基板では、回路層となるアルミニウム金属層上に、そのアルミニウム金属層と密着性の高い無電解ニッケルメッキを施し、その上にさらに電解ニッケルメッキを重ねてメッキ層を形成している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平5 243421号公報

【特許文献2】特開2004 207445号公報

【特許文献3】特開2004 250762号公報

【特許文献4】特開2010 50415号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、このようにして回路層にニッケルメッキを施したパワーモジュール用基板では、その上面に搭載される電子部品のはんだ付けを行い、その後、回路層と電子部品とを電子的に接続するワイヤボンディングを行っている。

しかしながら、回路層へのボンディングワイヤの接合部において、ニッケルメッキ膜が母材から剥がれるという不具合が生じており、その対策が望まれていた。

【0006】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、ボンディングワイヤが接続されるニッケルメッキ膜の剥がれを防止することができる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。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

セラミックス基板に回路層又は放熱層となる金属層を積層状態に接合する場合、セラミックス基板にろう材を介して金属層を積層した積層体と耐熱シートとをその厚さ方向に交互に積み重ね、これらを加圧しながら加熱することにより、セラミックス基板と金属層とをろう付けすることが行われている。この耐熱シートにはカーボン板が用いられているが、本発明者は、鋭意研究の結果、セラミックス板に金属層をろう付けする際に、セラミックス板と金属層との間から染み出たろう材が、金属層の表面に重ねられたカーボン板の一部と接触することにより、そのカーボンの一部が脱落してろう材とともに金属層の表面に付着していることを突き止めた。この金属層の表面に付着したカーボン及びろう材を除去できれば、ニッケルメッキ膜の剥がれを防止することができる。このような知見のもと、本発明は以下の解決手段とした。

40

【0008】

本発明は、セラミックス基板の表面にろう材を介在させて回路層をろう付け接合し、ろう付け接合後の前記回路層上にニッケルメッキ膜を形成する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に前記ろう材を介在させて積層した前記回路層にカーボン板を重ねて、これらを加圧した状態で加熱することにより、前記セラミックス基板に前記回路層をろう付け接合するろう付け工程と、ろう付け接合後に前記回路層表面を

50

エッチング処理する第1エッチング処理工程と、該第1エッチング処理工程後の前記回路層表面にブラスト処理を施すブラスト処理工程と、ブラスト処理後の前記回路層表面を再度エッチング処理する第2エッチング処理工程と、該第2エッチング処理工程後の回路層上にニッケルメッキ膜を形成するメッキ形成工程とを有し、前記第2エッチング処理工程において、前記回路層表面を $0.8\ \mu\text{m}$ 以上除去することを特徴とする。

【0009】

回路層の表面にニッケルメッキ膜を形成する場合には、回路層とニッケルメッキ膜との密着性を向上させるために、回路層の表面にブラスト処理が施されている。しかし、回路層の表面にカーボン及びろう材が付着した状態でブラスト処理を行うと、カーボン及びろう材が叩きこまれることにより回路層表面に押し込まれ、その後のエッチング処理によっても回路層表面上にカーボンが除去しきれずに残り、ニッケルメッキ膜の剥がれを誘発することがある。

10

そこで、ブラスト処理前に、エッチング処理を行う第1エッチング処理工程を設け、回路層表面からカーボン等を除去した後にブラスト処理を行うことで、カーボン等が回路層の表面に入り込む現象を回避することができる。そして、再度行われるエッチング処理は(第2エッチング処理工程)、ブラスト処理に使用した投射材の除去を目的としており、回路層表面の凹凸を残して回路層とニッケルメッキ膜との密着性を向上させることができる。

また、この製造方法によれば、回路層表面のカーボン量を $2.0\ \text{at}\%$ 以下、シリコン量を $0.5\ \text{at}\%$ 以下とするパワーモジュール用基板を製造することができる。これにより、回路層とニッケルメッキ膜との密着性を向上させることができ、パワーモジュール用基板のニッケルメッキ膜の剥がれを防止することができる。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、回路層表面のカーボン量及びシリコン量を低減化することにより、回路層の表面上に付着したカーボンを確実に除去することができるので、回路層とニッケルメッキ膜との密着性を向上させてニッケルメッキ膜の剥がれを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態の製造方法が適用されるパワーモジュールの全体構成を示す縦断面図である。

30

【図2】本発明のパワーモジュール用基板の製造に用いられる加圧装置を示す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の一実施形態を、図面を参照しながら説明する。

図1は、この発明により製造されるパワーモジュール用基板3を適用したパワーモジュール1を示している。この図1のパワーモジュール1は、セラミックス基板2を有するパワーモジュール用基板3と、パワーモジュール用基板3の表面に搭載された半導体チップ等の電子部品4と、パワーモジュール用基板3の裏面に接合されたヒートシンク5とから構成される。

40

パワーモジュール用基板3は、セラミックス基板2の一方の面に回路層6が接合されており、その表面に電子部品4が接合される。また、他方の面に放熱層7が接合されており、その表面にヒートシンク5が取り付けられる。

【0014】

セラミックス基板2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や SiC (炭化珪素)等の炭化物系セラミックスにより形成される。

回路層6及び放熱層7は、いずれも純度 $99.90\ \text{質量}\%$ 以上のアルミニウムが用いられ、JIS規格では、1N90(純度 $99.90\ \text{質量}\%$ 以上：いわゆる3Nアルミニウム

50

)又は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。なお、回路層6及び放熱層7には、アルミニウムの他、アルミニウム合金、銅又は銅合金を用いることもできる。

また、回路層6には、その表面にはんだの濡れ性を向上させるために、ニッケルメッキ処理によってニッケルメッキ膜9が形成されている。

【0015】

回路層6及び放熱層7とセラミックス基板2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。

なお、回路層6と電子部品4との接合には、Sn-Cu系、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。図中符号8がそのはんだ接合層を示す。また、電子部品4と回路層6の端子部との間には、アルミニウム等からなるワイヤ及びリボンボンディング等により接続されるが、図1のパワーモジュール1では、ボンディングワイヤ15により接続されている。

【0016】

また、ヒートシンク5は、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平行な帯状フィンを一体に形成したもの等、適宜の形状のものを採用することができる。また、ヒートシンク5と放熱層7との間に、さらにアルミニウム、アルミニウム合金、銅又は銅合金などの金属板で形成された放熱板若しくは応力緩衝層を設けることもできる。

放熱層7とヒートシンク5との間の接合法としては、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Cu系、Al-Mg系またはAl-Mn系等の合金のろう材によるろう付け法や、Al-Si系のろう材にフラックスを用いたノコロックろう付け法、放熱層7およびヒートシンク5にNiめっきを施し、Sn-Ag-Cu系、Zn-AlもしくはPb-Sn系等のはんだ材によりはんだ付けする方法が用いられ、あるいは、シリコングリースによって密着させた状態でねじによって機械的に固定される。

【0017】

そして、このような構成のパワーモジュール用基板3の製造に際しては、まず、セラミックス基板2の各面にろう材を介して回路層6及び放熱層7を積層した積層体30を、図2に示すように、耐熱シート40を介して積み重ねた状態とする。

耐熱シート40としては、耐熱性を有するカーボン板又グラファイト板、あるいはこれらの積層板を用いることができる。図2に示す例では、耐熱シート40として、2枚のカーボン板の間にグラファイト板を挟んだ構成のものを用いている。そして、これら積層体30と耐熱シート40とを積み重ねたものを、加圧装置100に設置する。

【0018】

この加圧装置100は、ベース板111と、このベース板111の上面の四隅に垂直に取り付けられたガイドポスト112と、これらガイドポスト112の上端部に固定された固定板113と、ベース板111と固定板113との間で上下移動自在にガイドポスト112に支持された押圧板114と、固定板113と押圧板114との間に設けられて押圧板114を下方に付勢するばね等の付勢手段115とを備えている。

そして、固定板113及び押圧板114との間に、積層体30と耐熱シート40とを積み重ねたものが配置される。なお、積層体30の両面に、加圧を均一にするために耐熱シート40が配設される。

【0019】

この加圧装置100により、積層体30を加圧した状態で、加圧装置100ごと不図示の加熱炉内に設置し、真空雰囲気中で例えば630のろう付け温度に加熱し、ろう材を溶融させることによって回路層6及び放熱層7とセラミックス基板2とをろう付け接合する(ろう付け工程)。

そして、ろう付け接合後に、例えば50、2質量%NaOH溶液に浸すことにより、回路層6の表面をエッチング処理する(第1エッチング処理工程)。この第1エッチン

10

20

30

40

50

グ処理工程は、回路層 6 を形成するアルミニウム材料とともにカーボン及びろう材等の附着物をエッチングして、回路層 6 の表面から、カーボン及びろう材を除去するものである。

次に、回路層 6 の表面に投射材 (S i C の微粒子) を投射することによりブラスト処理を施し、回路層 6 の表面を算術平均粗さ (R a) を $0.1 \mu\text{m}$ 以上 $0.7 \mu\text{m}$ 以下に仕上げる (ブラスト処理工程) 。

【 0 0 2 0 】

そして、ブラスト処理後の回路層 6 の表面を、例えば 20°C (R T)、 $50\% \text{HNO}_3$ 溶液に浸して再度エッチング処理する (第 2 エッチング処理工程) 。この第 2 エッチング処理工程は、ブラスト処理に使用した投射材の除去を目的とするものであり、回路層 6 の表面を中和洗浄するとともに、その表面に強制的に酸化膜を形成するものである。そして、第 2 エッチング処理工程において、回路層 6 表面を少なくとも $0.8 \mu\text{m}$ 以上エッチング除去することによって、回路層 6 表面のカーボン量を $2.0 \text{at}\%$ 以下、シリコン量を $0.5 \text{at}\%$ 以下となるように形成することができる。

最後に、この回路層 6 の表面に無電解めっきによりニッケルメッキ膜 9 を形成して (めっき形成工程) 、パワーモジュール用基板 3 とする。

このようにして製造したパワーモジュール用基板 3 には、その回路層 6 の上面に電子部品 4 がはんだ付けされるとともに、放熱層 7 がヒートシンク 5 にはんだ付けされる。そして、電子部品 4 と回路層 6 との間がボンディワイヤ 1 5 で接続され、パワーモジュール 1 が完成する。

【 0 0 2 1 】

以上の一連の製造工程において、ブラスト処理前に、エッチング処理を行う第 1 エッチング処理工程を設け、回路層 6 の表面からカーボン及びろう材を除去した後にブラスト処理を行うことで、カーボン及びシリコンが回路層 6 の表面に入り込む現象を回避することができる。この場合、第 2 エッチング処理工程後における回路層 6 表面のカーボン量を $2.0 \text{at}\%$ 以下、シリコン量を $0.5 \text{at}\%$ 以下となるように処理することで、回路層 6 とニッケルメッキ膜 9 との密着性を向上させることができ、ニッケルメッキ膜 9 の剥がれを防止できる。

【 0 0 2 2 】

次に、本発明の効果確認のために、セラミックス基板の両面にそれぞれ回路層及び放熱層をろう付け接合した後に、回路層に第 1 エッチング処理工程、ブラスト処理工程、第 2 エッチング処理工程を実施したものに、無電解めっきにより $4 \mu\text{m} \sim 7 \mu\text{m}$ のニッケルメッキ膜を形成した実施例 1 ~ 4 及び比較例の試験片を製作し、これらの「メッキ密着性」をそれぞれ評価した。なお、従来例は、セラミックス基板の両面にそれぞれ回路層及び放熱層をろう付け接合した後に、回路層に第 1 エッチング処理工程、ブラスト処理工程を実施したものに、無電解めっきにより $4 \mu\text{m} \sim 7 \mu\text{m}$ のニッケルメッキ膜を形成して作製した。

【 0 0 2 3 】

回路層及び放熱層には、J I S 規格における 1 N 9 9 (純度 99.99% 以上 : いわゆる 4 N アルミニウム) 、セラミックス基板には A l N を用いた。また、第 1 エッチング処理工程は、 50°C 、 2% 質量 % N a O H 溶液に浸すことにより行い、試験片ごとに浸漬時間を変更して行った。

また、ブラスト処理工程は、第 1 エッチング処理工程後の全ての試験片について同じ条件で行い、S i C (炭化珪素) の投射材を回路層表面に投射することにより行った。ブラスト処理条件を以下に示す。

(ブラスト処理条件)

投射材 : S i C 、平均粒径 $30 \pm 2 \mu\text{m}$ (昭和電工株式会社製のデンシック C # 4 0 0 J)

投射速度 : 加工圧力として $0.15 \text{MPa} \sim 0.20 \text{MPa}$

ブラスト処理後の回路層の表面粗さ : $0.7 \mu\text{m}$

【0024】

そして、第2エッチング処理工程は、表1記載のとおり、エッチング深さを变化させた以外は同じ条件で行い、20 (RT)、50質量% HNO₃ 溶液に20 sec間浸すことにより行った。

表1に示す「カーボン量」及び「シリコン量」は、各試験片の回路層6の表面のニッケルメッキ膜9を硝酸(HNO₃)で溶解して、回路層6表面をX線光電子分光装置(XPS)により測定したものである。

【0025】

X線光電子分光には、アルバック・ファイ社製のX線光電子分光装置を用い、測定条件は以下に示すとおりとした。

(測定条件)

X線源: Standard AlK 350W

パスイネルギー: 187.85 eV (Survey)、23.5 eV (Depth)

測定間隔: 0.8 eV / step、0.05 eV (Depth)

測定面に対する光電子取出角: 45 deg

分光エリア: 約800 μm

【0026】

そして、このようにして製作したそれぞれの試験片について、98%水素ガス雰囲気360、1分間さらす加速試験を行った後に、「メッキ密着性」を評価した。

「メッキ密着性」は、基盤目付着試験(一辺1mmの10×10の升目状の切り目をカッターナイフで膜につけ、18mm幅の粘着テープを貼り付けて剥がしたとき、剥がれずに残った升目の数で表す)で評価した。粘着テープで升目が剥がされることなく、残った升目の数が100であったものを「○」、残った升目の数が99以下で、升目の1つでも剥がれが発生したものを「×」として評価した。

【0027】

【表1】

試験片 No.	第2エッチング処理工程 でのエッチング深さ (μm)	カーボン量 (at%)	シリコン量 (at%)	メッキ 密着性
実施例1	0.8	1.8	0.4	○
実施例2	1.5	1.2	0.3	○
実施例3	2.0	0.8	0.2	○
実施例4	2.5	0.4	0.2	○
比較例	0.5	2.5	0.6	×
従来例	—	12.8	0.6	×

【0028】

表1からわかるように、カーボン量が2.0 at%以下、シリコン量が0.5 at%以下とした実施例1~4では、メッキ密着性が良くなった。

また、第2エッチング量が0.5 μmとした比較例では、カーボン量が2.0 at%超、及びシリコン量が0.5 at%超となり、メッキ密着性が劣化した。さらに、第2エッチング処理を施さなかった従来例でも、カーボン量が2.0 at%超、及びシリコン量が0.5 at%超となり、メッキ密着性が劣化した。

このことから、回路層表面のカーボン量が2.0 at%以下、シリコン量が0.5 at%以下となると、ニッケルメッキ膜の剥がれを防止することができることがわかった。

【0029】

なお、本発明は上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。

【符号の説明】

【0030】

10

20

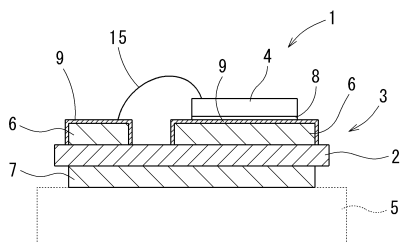
30

40

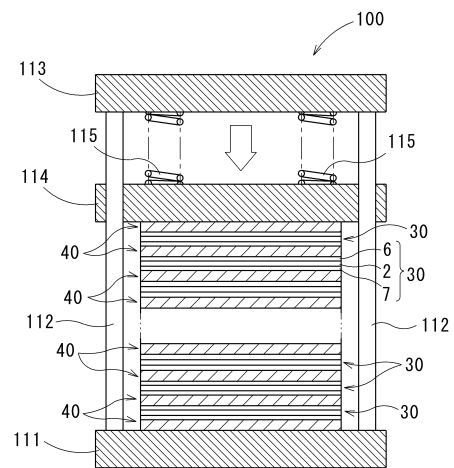
50

- 1 パワーモジュール
- 2 セラミックス基板
- 3 パワーモジュール用基板
- 4 電子部品
- 5 ヒートシンク
- 6, 7 金属層
- 8 はんだ接合層
- 9 ニッケルメッキ膜
- 15 ボンディングワイヤ
- 30 積層体
- 40 耐熱シート
- 100 加圧装置
- 111 ベース板
- 112 ガイドポスト
- 113 固定板
- 114 押圧板
- 115 付勢手段

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 5 K 3/18 (2006.01) H 0 1 L 23/48 G
H 0 1 L 23/48 S
H 0 1 L 23/48 P
H 0 5 K 3/18 A
H 0 5 K 3/18 J

(72)発明者 長瀬 敏之
静岡県駿東郡小山町菅沼 1 4 0 0 三菱マテリアル株式会社 三田工場 静岡D B Aセンター内

審査官 原田 貴志

(56)参考文献 特開2002-359453(JP,A)
特開平10-065294(JP,A)
特開2010-238932(JP,A)
特開2003-060129(JP,A)
特開平05-160288(JP,A)
特開2008-117833(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 5 K 3 / 2 0
H 0 5 K 3 / 2 6
H 0 5 K 3 / 1 8
H 0 1 L 2 3 / 1 2
C 2 3 C 1 8 / 1 8
H 0 1 L 2 3 / 4 8