

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 7 部門第 2 区分  
 【発行日】平成 25 年 5 月 30 日 (2013.5.30)

【公開番号】特開 2013-65918 (P2013-65918A)  
 【公開日】平成 25 年 4 月 11 日 (2013.4.11)  
 【年通号数】公開・登録公報 2013-017  
 【出願番号】特願 2013-7864 (P2013-7864)  
 【国際特許分類】

H 0 1 L 23/36 (2006.01)

H 0 1 L 23/12 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 23/36 C

H 0 1 L 23/12 J

【手続補正書】  
 【提出日】平成 25 年 3 月 14 日 (2013.3.14)  
 【手続補正 1】  
 【補正対象書類名】特許請求の範囲  
 【補正対象項目名】全文  
 【補正方法】変更  
 【補正の内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項 1】

絶縁基板の一方の面に回路層が形成されるとともに他方の面に金属層が形成されたパワーモジュール用基板と、前記金属層側に接合されて前記パワーモジュール用基板を冷却するヒートシンクとを備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、

前記回路層が純度 99% 以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度 99.99% 以上のアルミニウムで構成されており、

前記金属層と前記ヒートシンクとが直接接合されており、

前記回路層の厚さ A と前記金属層の厚さ B との比率  $B/A$  が、 $2.167 \leq B/A \leq 20$  の範囲内に設定されており、

前記ヒートシンク及び前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされ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。

【請求項 2】

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であって、

絶縁基板の一方の面に回路層を接合するとともに絶縁基板の他方の面に金属層を接合してパワーモジュール用基板を形成する 1 次接合工程と、

前記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 2 次接合工程と、を有し、

前記 2 次接合工程においては、前記パワーモジュール用基板と前記ヒートシンクとを積層させ、積層方向に  $0.15 \sim 3 \text{ MPa}$  で加圧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。

【請求項 3】

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と、該ヒートシンク付パワーモジュール用基板の前記回路層上に搭載された電子部品と、を備えることを特徴とするヒートシンク付パワーモジュール。

【請求項 4】

絶縁基板の一方の面に回路層が形成されるとともに他方の面に金属層が形成されたパワ

ーモジュール用基板であって、

前記回路層が純度 99 % 以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度 99 . 99 % 以上のアルミニウムで構成されており、

前記回路層の厚さ A と前記金属層の厚さ B との比率  $B / A$  が、 $2 . 167 \leq B / A \leq 20$  の範囲内に設定されており、

前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされていることを特徴とするパワーモジュール用基板。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

このような課題を解決して、前記目的を達成するために、本発明のヒートシンク付パワーモジュール用基板は、絶縁基板の一方の面に回路層が形成されるとともに他方の面に金属層が形成されたパワーモジュール用基板と、前記金属層側に接合されて前記パワーモジュール用基板を冷却するヒートシンクとを備えたヒートシンク付パワーモジュール用基板であって、前記回路層が純度 99 % 以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度 99 . 99 % 以上のアルミニウムで構成されており、前記金属層と前記ヒートシンクとが直接接合されており、前記回路層の厚さ A と前記金属層の厚さ B との比率  $B / A$  が、 $2 . 167 \leq B / A \leq 20$  の範囲内に設定されており、前記ヒートシンク及び前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされていることを特徴としている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

また、この金属層が、接合する前の状態において、純度 99 . 99 % 以上のアルミニウムで構成されているので、金属層の変形抵抗が小さく、ヒートシンクとの接合時に加圧することによって金属層を十分に変形させることが可能となり、反りの発生を確実に抑制することができる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

さらに、前記回路層が純度 99 % 以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度 99 . 99 % 以上のアルミニウムで構成されており、前記ヒートシンク及び前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされている。

絶縁基板の一方の面に回路層を、絶縁基板の他方の面に金属層を接合する際において、回路層の厚さと金属層の厚さとが異なっていると、反りが発生しやすくなる。ここで、厚く成形される金属層を、薄く成形される回路層よりも変形抵抗の小さい材料で構成することによって、接合時の反りの発生を抑制することが可能となる。

## 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

本発明のパワーモジュール用基板は、絶縁基板の一方の面に回路層が形成されるとともに他方の面に金属層が形成されたパワーモジュール用基板であって、前記回路層が純度99%以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度99.99%以上のアルミニウムで構成されており、前記回路層の厚さAと前記金属層の厚さBとの比率B/Aが、 $2.167 \leq B/A \leq 20$ の範囲内に設定されており、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされていることを特徴とする。

この構成のパワーモジュール用基板においては、金属層の表面にヒートシンクを接合した場合に、天板部の厚さが薄いヒートシンクを使用しても絶縁基板の他方の面側に位置する金属層及びヒートシンクの天板部の合計厚さを比較的厚くすることが可能となり、反りの発生を抑制することができる。

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

ここで、前記回路層が純度99%以上のアルミニウムで構成されるとともに、前記金属層が純度99.99%以上のアルミニウムで構成されており、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記金属層のアルミニウムの純度が、前記絶縁基板に接合する前の状態における前記回路層のアルミニウムの純度よりも高くされている。

この場合、厚く形成される金属層が、薄く形成される回路層よりも変形抵抗の小さい材料で構成されているので、絶縁基板に金属層及び回路層を接合する際に生じる反りを抑制することが可能となる。

## 【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

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から図3に本発明の参考形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板及びヒートシンク付パワーモジュールを示す。

このヒートシンク付パワーモジュール1は、回路層13が配設されたパワーモジュール用基板11と、回路層13の表面にはんだ層3を介して接合された半導体チップ2と、ヒートシンク17とを備えている。ここで、はんだ層3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。なお、本参考形態では、回路層13とはんだ層3との間にNiメッキ層（図示なし）が設けられている。

## 【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【 0 0 2 2 】

パワーモジュール用基板 1 1 は、絶縁基板 1 2 と、この絶縁基板 1 2 の一方の面（図 1 において上面）に配設された回路層 1 3 と、絶縁基板 1 2 の他方の面（図 1 において下面）に配設された金属層 1 4 とを備えている。

絶縁基板 1 2 は、回路層 1 3 と金属層 1 4 との間の電氣的接続を防止するものであって、例えば  $AlN$ （窒化アルミ）、 $Si_3N_4$ （窒化珪素）、 $Al_2O_3$ （アルミナ）等の絶縁性の高いセラミックスで構成され、本参考形態では、 $AlN$ （窒化アルミ）で構成されている。また、絶縁基板 1 2 の厚さ  $C$  は、 $0.2\text{ mm} < C \leq 1.5\text{ mm}$  の範囲内に設定されており、本参考形態では、 $C = 0.635\text{ mm}$  に設定されている。

## 【 手 続 補 正 9 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 3

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 2 3 】

回路層 1 3 は、絶縁基板 1 2 の一方の面に導電性を有する金属板 2 3 がろう付けされることにより形成されている。本参考形態においては、回路層 1 3 は、純度が  $99.99\%$  以上のアルミニウム（いわゆる  $4N$  アルミニウム）からなる金属板 2 3 が絶縁基板 1 2 にろう付けされることにより形成されている。ここで、本参考形態においては  $Al-Si$  系のろう材箔 2 6 を用いてろう付けしており、ろう材の  $Si$  が金属板 2 3 に拡散することで回路層 1 3 には  $Si$  の濃度分布が生じている。

## 【 手 続 補 正 1 0 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 4

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 2 4 】

金属層 1 4 は、絶縁基板 1 2 の他方の面に金属板 2 4 がろう付けされることにより形成されている。本参考形態においては、金属層 2 4 は、回路層 1 3 と同様に、純度が  $99.99\%$  以上のアルミニウム（いわゆる  $4N$  アルミニウム）からなる金属板 2 4 が絶縁基板 1 2 にろう付けされることで形成されている。本参考形態においては  $Al-Si$  系のろう材箔 2 7 を用いてろう付けしており、ろう材の  $Si$  が金属板 2 4 に拡散することで金属層 1 4 には  $Si$  の濃度分布が生じている。

## 【 手 続 補 正 1 1 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 5

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

## 【 0 0 2 5 】

ここで、回路層 1 3 の厚さ  $A$  は、 $0.25\text{ mm} < A \leq 0.9\text{ mm}$  の範囲内に設定されており、本参考形態では、 $A = 0.6\text{ mm}$  に設定されている。

また、金属層 1 4 の厚さ  $B$  は、 $0.4\text{ mm} < B \leq 5\text{ mm}$  の範囲内に設定されており、本参考形態では、 $B = 1.3\text{ mm}$  に設定されている。

そして、回路層 1 3 の厚さ  $A$  と金属層 1 4 の厚さ  $B$  との比  $B/A$  は、 $2.167 < B/A \leq 20$  の範囲内に設定されており、本参考形態では、 $B/A = 1.3/0.6 = 2.167$  に設定されている。

## 【 手 続 補 正 1 2 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 6

【 補 正 方 法 】 変 更

## 【補正の内容】

## 【0026】

ヒートシンク17は、前述のパワーモジュール用基板11を冷却するためのものであり、パワーモジュール用基板11と接合される天板部18と、冷却媒体（例えば冷却水）を流通するための流路19とを備えている。ヒートシンク17のうち少なくとも天板部18は、熱伝導性が良好な材質で構成されることが望ましく、本参考形態においては、A6063で構成されている。また、天板部18の厚さDは、1mm  $\leq$  D  $\leq$  10mmの範囲内に設定されており、本参考形態では、D = 1.7mmに設定されている。

## 【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0027】

そして、パワーモジュール用基板11の金属層14とヒートシンク17の天板部18とが、ろう付けによって直接接合されている。本参考形態においてはA1-Si系のろう材箔28を用いてろう付けしており、ろう材のSiが金属板24に拡散することで金属層14にはSiの濃度分布が生じている。

前述のように、金属層14は、絶縁基板12とろう材箔27を用いてろう付けされ、ヒートシンク17の天板部18とろう材箔28を用いてろう付けされているので、金属層14においては、図2に示すように、Siの濃度分布によってビッカース硬度が厚さ方向で変化している。

## 【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0029】

次に、パワーモジュール用基板11の金属層14の表面に、厚さ0.05mmのろう材箔28を介してヒートシンク17の天板部18が積層される。このように積層した状態で積層方向に加圧するとともに真空炉内に装入してろう付けを行うことで、本参考形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板10が製造される（2次接合工程S2）。ここで、2次接合工程S2においては、積層方向に0.15～3MPaで加圧するように構成されている。

## 【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0030】

このような構成とされた本参考形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板10及びヒートシンク付パワーモジュール1においては、ヒートシンク17の天板部18に接合される金属層14の厚さが回路層13の厚さよりも厚く設定されているので、天板部18の厚さが薄いヒートシンク17を使用しても、絶縁基板12の他方の面側に位置する金属層14及びヒートシンク17の天板部18の合計厚さを確保することが可能となり、反りの発生を抑制することができる。また、天板部18が薄いヒートシンク17を使用することで冷却効率を向上させることができ、発熱量の高い電子部品を実装したパワーモジュールに適用することが可能となる。

## 【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 2 】

さらに、回路層 1 3 の厚さ A と金属層 1 4 の厚さ B との比率  $B / A$  が、 $2.167 \leq B / A \leq 2.0$  の範囲内に設定され、本参考形態では、 $B / A = 1.3 / 0.6 = 2.167$  に設定されているので、金属層 1 4 の厚さを確保して前述の反りの抑制効果を確実に奏功せしめることができるとともに、金属層 1 4 が大きな熱抵抗とならず、ヒートシンク 1 7 によってパワーモジュールを十分に冷却することができる。なお、回路層 1 3 の厚さ A と金属層 1 4 の厚さ B との比率  $B / A$  は、 $2.167 \leq B / A \leq 5.625$  の範囲内に設定することがより好ましい。

【手続補正 1 7 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 5 】

また、本参考形態であるヒートシンク付パワーモジュール用基板 1 0 の回路層 1 3 に半導体チップ 2 がはんだ接合されたヒートシンク付パワーモジュール 1 においては、反り変形がないので、使用環境が厳しい場合であっても、その信頼性を飛躍的に向上させることができる。

【手続補正 1 8 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 3 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 3 6 】

以上、本発明の参考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、絶縁基板を  $AlN$ （窒化アルミニウム）で構成したものとして説明したが、絶縁性を有する材料であればよく、 $Si_3N_4$ 、 $Al_2O_3$  等であってもよい。

【手続補正 1 9 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 0 】

さらに、参考形態では、金属層と回路層とを同一の材料（4 N アルミニウム）で構成したものとして説明したが、本発明の実施形態においては、金属層と回路層とが異なった材料で構成されている。

特に、厚く形成される金属層を、薄く形成される回路層よりも変形抵抗の小さな材料で構成した場合には、絶縁基板に金属層及び回路層を接合する際の反りの発生を抑制することが可能となる。具体的には、回路層を純度 99.99% 以上のアルミニウム（4 N アルミニウム）で構成し、金属層を純度 99.999% 以上のアルミニウム（5 N アルミニウム）や純度 99.9999% 以上のアルミニウム（6 N アルミニウム）で構成することが好ましい。さらに、回路層を純度 99% 以上のアルミニウム（2 N アルミニウム）で構成し、金属層を純度 99.99% 以上のアルミニウム（4 N アルミニウム）や純度 99.999% 以上のアルミニウム（5 N アルミニウム）で構成してもよい。

【手続補正 2 0 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 1 】

本発明の有効性を確認するために行った比較実験について説明する。

比較例 1 - 3、参考例 2 - 5 においては、厚さ 0 . 6 3 5 mm の A 1 N からなる絶縁基板と、4 N アルミニウムからなる回路層及び金属層と、厚さ 1 . 7 mm の A 6 0 6 3 からなる天板部を備えたヒートシンクと、を共通に有しており、金属層とヒートシンクの天板部とがろう付けによって直接接合されている。

そして、回路層、金属層の厚さをそれぞれ変更し、比較例 1 - 3、参考例 2 - 5 のヒートシンク付パワーモジュール用基板を作製した。

【手続補正 2 1 】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 3 】

【表 1】

	比較例1	比較例2	参考例1	参考例2	参考例3	参考例4	参考例5	比較例3
回路層厚さA	0.6mm	0.6mm	0.6mm	0.6mm	0.4mm	0.4mm	0.25mm	0.4mm
金属層厚さB	0.6mm	0.75mm	0.9mm	1.3mm	2.25mm	5mm	5mm	10mm
B/A	1	1.25	1.5	2.167	5.625	12.5	20	25
反り変形	×	△	○	○	○	○	○	○
熱抵抗	○	○	○	○	○	○	○	×

【手続補正 2 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0044】

比較例 1、2 では、金属層が比較的薄いため、熱抵抗は小さいものの反り変形が認められた。



一方、金属層が回路層に比べて著しく厚い場合には、熱抵抗が大きく、ヒートシンクによる冷却が不十分になることが確認された。

これに対して、参考例 2 - 5 においては、反り変形が抑制されるとともに、熱抵抗も小さく抑えられていることがわかる。

この比較実験の結果、本発明によれば、反り変形がなく、かつ、ヒートシンクによって電子部品等を効率的に冷却可能な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ことが確認された。

【手続補正 2 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

【表 2】

	比較例5	参考例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
回路層	4N	4N	2N	2N	4N	4N
金属層	4N	4N	4N	5N	5N	6N
回路層厚さA	0.6mm	0.6mm	0.6mm	0.6mm	0.6mm	0.6mm
金属層厚さB	0.6mm	2.3mm	2.3mm	2.3mm	2.3mm	2.3mm
B/A	1	3.833	3.833	3.833	3.833	3.833
パワーモジュール用基板 作製時の反り量	◎	△	○	◎	○	◎
ヒートシンク接合時の反り量	△	○	○	◎	◎	◎
熱サイクル負荷時の 絶縁基板割れ	△	○	○	○	○	○