



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I614845 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：103110093

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 18 日

(51)Int. Cl. : H01L23/15 (2006.01)

H01L23/36 (2006.01)

(30)優先權：2013/03/18 日本

2013-055518

(71)申請人：三菱綜合材料股份有限公司(日本) MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION
(JP)

日本

(72)發明人：寺崎伸幸 TERASAKI, NOBUYUKI (JP)；長友義幸 NAGATOMO, YOSHIYUKI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

US 2004/0262367A1

US 2005/0249629A1

審查人員：施喻懷

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：6 共 30 頁

(54)名稱

功率模組用基板之製造方法

METHOD OF PRODUCING SUBSTRATE FOR POWER MODULE

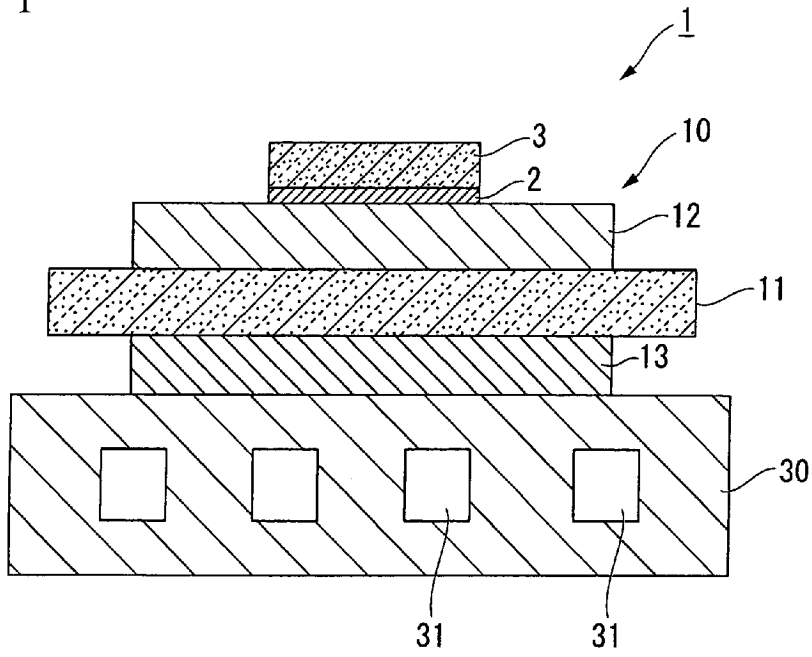
(57)摘要

該功率模組用基板之製造方法係具備有：第一積層工程，其係在陶瓷基板(11)的其中一面側，透過活性金屬材(26)及熔點為 660°C 以下的熔填材(25)，將陶瓷基板(11)及銅板(22)進行積層；第二積層工程，其係在陶瓷基板(11)的另一面側，透過接合材(27)，將陶瓷基板(11)及鋁板(23)進行積層；及加熱處理工程，其係將所被積層的陶瓷基板(11)、銅板(22)、及鋁板(23)進行加熱處理，將陶瓷基板(11)與銅板(22)、及陶瓷基板(11)與鋁板(23)同時接合。

The method of producing a substrate for a power module, includes: a first layering step in which a copper plate (22) is fixed onto one side surface of a ceramics substrate (11) via an active metal (26) and a welding material (25) of which melting point is 660°C or less; a second layering step in which an aluminum plate (23) is fixed onto the other side surface of the ceramics substrate (11) via a joining material (27); and a heat-treating step in which the ceramics substrate (11), the copper plate (22) and the aluminum plate (23) are heated all at once; wherein the aluminum plate (23) is fixed onto the ceramics substrate (11) at the same time the copper plate (22) is fixed onto the ceramics substrate (11).

指定代表圖：

圖 1



符號簡單說明：

1 . . . 功率模組

2 . . . 接合層

3 . . . 半導體元件

10 . . . 功率模組用
基板

11 . . . 陶瓷基板

12 . . . 電路層

13 . . . 金屬層

30 . . . 散熱器

31 . . . 流路

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

功率模組用基板之製造方法

Method of producing substrate for power module

【技術領域】

[0001] 本發明係關於在陶瓷基板的其中一面配設電路層，在另一面配設金屬層之功率模組用基板之製造方法。

本案係對 2013 年 3 月 18 日在日本申請之特願 2013-055518 號主張優先權，且在此沿用其內容。

【先前技術】

[0002] 在被使用在用以控制風力發電、電動汽車等電動車等的大電力控制用的功率半導體元件中，由於發熱量多，因此以裝載其之基板而言，自以往以來廣泛使用例如在由 AlN (氮化鋁) 等所成之陶瓷基板的其中一面及另一面，將導電性優異的金屬板作為電路層及金屬層來進行接合的功率模組用基板。此外，如上所示之功率模組用基板亦會有在金屬層側透過軟焊材接合散熱器的情形。

[0003] 例如，在專利文獻 1 所示之功率模組用基板中，係形成為在陶瓷基板的其中一面及另一面接合銅板，藉此形成電路層及金屬層的構造。該功率模組用基板係在

陶瓷基板的其中一面及另一面，使 Ag-Cu-Ti 系硬焊材介在其中來配置銅板，且進行加熱處理，藉此接合銅板。

[0004] 但是，透過軟焊材來接合專利文獻 1 所揭示之功率模組用基板的金屬層及散熱器時，在負荷冷熱循環之際，在功率模組用基板與散熱器之間發生因熱膨脹係數差而起之熱應力，但是由於金屬層由變形阻力大的銅所成，因此因金屬層變形而無法吸收前述熱應力，會有在陶瓷基板發生破裂之虞。

[0005] 因此，在專利文獻 2 係提出一種藉由在陶瓷基板的其中一面接合銅板來形成電路層，藉由在另一面接合鋁板來形成金屬層之功率模組用基板。若將該功率模組用基板的金屬層及散熱器接合時，在負荷冷熱循環之際，藉由由變形阻力較小的鋁所成之金屬層來吸收在功率模組用基板與散熱器之間所產生的熱應力，可抑制在陶瓷基板產生破裂。

在此，在專利文獻 2 所記載之功率模組用基板中，係在陶瓷基板的其中一面，使 Ag-Cu-Ti 系硬焊材介在其中來進行加熱處理，在接合銅板之後，在陶瓷基板的另一面，使 Al-Si 系硬焊材介在其中來進行加熱處理，且接合鋁板。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

[0006]

〔專利文獻 1〕日本專利第 3211856 號公報

〔專利文獻 2〕日本特開 2003-197826 號公報

【發明內容】

（發明所欲解決之課題）

[0007] 但是，如專利文獻 1、2 之揭示，若使用 Ag-Cu-Ti 系硬焊材來接合陶瓷基板及銅板時，由於 Ag-Cu-Ti 系硬焊材的熔點高，因此會有陶瓷基板因熱而劣化的問題。

此外，Ag-Cu-Ti 系硬焊材由於含有昂貴的 Ag，因此亦會有製造成本高的問題。

[0008] 此外，Ag-Cu-Ti 系硬焊材由於其熔點比鋁板的熔點高，因此如專利文獻 2 所揭示之功率模組用基板，在陶瓷基板的其中一面透過 Ag-Cu-Ti 系硬焊材接合銅板，且在陶瓷基板的另一面透過 Al-Si 系硬焊材接合鋁板時，係必須先在接合銅板之後，接著接合鋁板。亦即，為了形成電路層及金屬層，必須將接合分為二次進行，製造工程複雜化，並且製造所需時間亦變長，會有製造成本變高的問題。此外，因接合時進行二次熱處理，施加於陶瓷基板的熱負荷會變大，亦會有陶瓷基板的翹曲變大、或在陶瓷基板產生破裂之虞。

[0009] 本發明係鑑於前述情形而研創者，目的在提供一種可同時且在低溫下在陶瓷基板的其中一面接合銅板、在另一面接合鋁板，且製造成本更低之功率模組用基板之製造方法。

(解決課題之手段)

[0010] 本發明之功率模組用基板之製造方法之態樣係具備有：陶瓷基板、在該陶瓷基板的其中一面接合銅板而成之電路層、及在前述陶瓷基板的另一面接合鋁板而成之金屬層之功率模組用基板之製造方法，其係具備有：第一積層工程，其係在前述陶瓷基板的其中一面側，透過活性金屬材及熔點為 660°C 以下的熔填材，將前述陶瓷基板及前述銅板進行積層；第二積層工程，其係在前述陶瓷基板的另一面側，透過接合材，將前述陶瓷基板及前述鋁板進行積層；及加熱處理工程，其係將所被積層的前述陶瓷基板、前述銅板、及前述鋁板進行加熱處理，將前述陶瓷基板與前述銅板、及前述陶瓷基板與前述鋁板同時接合。

其中，在本發明中熔點係設為固相線溫度。此外，在本發明中熔填材係指硬焊材或軟焊材等。

[0011] 藉由本發明之功率模組用基板之製造方法，在陶瓷基板的其中一面側，透過活性金屬材及熔點為 660°C 以下的熔填材而將銅板進行積層，將前述陶瓷基板、及被積層在該陶瓷基板上的前述銅板，連同被積層在前述陶瓷基板上的前述鋁板一起進行加熱處理。加熱處理時，活性金屬熔入至經熔融的液相的熔填材，液相的熔填材對陶瓷基板的潤濕性高，熔填材凝固後，透過熔填材，銅板被良好地接合在陶瓷基板。

其中，前述熔填材的熔點係以 600°C 以下為宜。

[0012] 此外，由於熔填材的熔點被形成為 660°C 以下，因此可以比使用 Ag-Cu-Ti 系硬焊材的情形為更低的溫度來形成熔填材的液相。若在如上所示之低溫範圍進行加熱處理時，可減低對陶瓷基板的熱負荷。

此外，由於使用未含有 Ag 的熔填材來接合陶瓷基板及銅板，因此亦可比使用 Ag-Cu-Ti 系硬焊材的情形更加減低製造成本。

[0013] 亦可在前述第一積層工程中，在前述陶瓷基板側配置前述熔填材，在前述銅板側配置前述活性金屬材。

如上所示之情形下，可在加熱處理時藉由固相擴散接合來接合銅板與活性金屬材，可抑制在接合界面產生 Cu 與活性金屬的液相而在接合界面產生凸起、或厚度發生變動的情形。此外，由於活性金屬材介在於熔填材的液相與銅板之間，因此不會有熔填材的液相與銅板直接接觸的情形，可確實地抑制在接合界面產生凸起、或厚度發生變動的情形。

如上所示，熔填材與陶瓷基板良好接合，並且活性金屬材與銅板藉由固相擴散接合而相接合，因此即使為低溫條件，亦可良好地接合陶瓷基板及銅板，可抑制陶瓷基板發生熱劣化的情形。

[0014] 此外，在上述功率模組用基板之製造方法中，前述熔填材亦可為液相線溫度 450°C 以上的硬焊材。

具體而言，前述硬焊材亦可為由 Cu-P-Sn-Ni 系硬焊

材、Cu-Sn 系硬焊材、及 Cu-Al 系硬焊材之中所選擇的任一種。

若使用如上所示之硬焊材，由於硬焊材的熔點低，因此即使為低溫條件，亦可確實地進行陶瓷基板與銅板的接合。

[0015] 此外，在上述功率模組用基板之製造方法中，前述熔填材亦可為液相線溫度未達 450°C 的軟焊材。

具體而言，前述軟焊材亦可為 Cu-P-Sn-Ni 系軟焊材或 Cu-Sn 系軟焊材。

若使用如上所示之軟焊材，由於軟焊材的熔點低於前述硬焊材，因此即使為低溫條件，亦可進行陶瓷基板與銅板的接合。

[0016] 此外，由於可如上所述在陶瓷基板的其中一面以低溫接合銅板，因此可在陶瓷基板的另一面同時接合鋁板。如上所示，在陶瓷基板的其中一面及另一面同時接合銅板及鋁板，藉此可簡化製造工程，並且縮短製造所需時間，可減低製造成本。此外，由於可以一次加熱處理來同時接合銅板與鋁板，因此與分別接合銅板與鋁板的情形相比較，可減低施加於陶瓷基板的熱負荷，可減小陶瓷基板的翹曲，而且可抑制在陶瓷基板發生破裂。

[0017] 此外，在上述功率模組用基板之製造方法中，前述活性金屬材亦可為 Ti 材。藉此，因 Ti 熔入至熔填材的液相中，藉此可確實地使陶瓷基板的表面因熔填材的液相而潤濕，並且可將 Ti 材與銅板進行固相擴散接

合，可將陶瓷基板與銅板確實地接合。

(發明之效果)

[0018] 藉由本發明，可提供一種可同時且在低溫下在陶瓷基板的其中一面接合銅板、在另一面接合鋁板，且製造成本更低之功率模組用基板之製造方法。

【圖式簡單說明】

[0019]

圖 1 係使用本發明之一實施形態之功率模組用基板的功率模組的概略說明圖。

圖 2 係本發明之一實施形態之功率模組用基板的概略說明圖。

圖 3 係說明本發明之一實施形態之功率模組用基板之製造方法及功率模組之製造方法的流程圖。

圖 4 係本發明之一實施形態之功率模組用基板之製造方法及功率模組之製造方法的概略說明圖。

圖 5 係本發明之其他實施形態之功率模組用基板之製造方法的概略說明圖。

圖 6 係本發明之其他實施形態之功率模組用基板之製造方法的概略說明圖。

【實施方式】

[0020] 以下參照所附圖示，說明本發明之實施形

態。

圖 1 中顯示具備有本實施形態之功率模組用基板 10 的功率模組 1。

該功率模組 1 係具備有：配設有電路層 12 的功率模組用基板 10、透過接合層 2 而被接合在電路層 12 的其中一面（圖 1 中為上面）的半導體元件 3、及配置在功率模組用基板 10 之另一側（圖 1 中為下側）的散熱器 30。

[0021] 功率模組用基板 10 係如圖 2 所示，具備有：陶瓷基板 11、配設在該陶瓷基板 11 的其中一面（圖 2 中為上面）的電路層 12、及配設在陶瓷基板 11 的另一面（圖 2 中為下面）的金屬層 13。

[0022] 陶瓷基板 11 係由絕緣性高的 AlN（氮化鋁）、 Si_3N_4 （氮化矽）、 Al_2O_3 （氧化鋁）等陶瓷所構成。在本實施形態中係由放熱性優異的 AlN（氮化鋁）所構成。此外，陶瓷基板 11 的厚度被設定在 0.2~1.5mm 的範圍內，在本實施形態中係被設定為 0.635mm。

[0023] 電路層 12 係藉由在陶瓷基板 11 的其中一面接合具有導電性的銅或銅合金的金屬板而形成。在本實施形態中，電路層 12 係藉由接合純度 99.99 質量%以上的銅的壓延板而形成。其中，電路層 12 的厚度係被設定在 0.1mm 以上、1.0mm 以下的範圍內，在本實施形態中係被設定為 0.3mm。

[0024] 金屬層 13 係藉由在陶瓷基板 11 的另一面接合鋁或鋁合金的金屬板而形成。在本實施形態中，金屬層

13 係藉由接合純度 99.99 質量%以上的鋁的壓延板而形成。其中，金屬層 13 的厚度係被設定在 0.1mm 以上、3.0mm 以下的範圍內，在本實施形態中係被設定為 1.6mm。

[0025] 半導體元件 3 係由 Si 等半導體材料所構成。該半導體元件 3 與電路層 12 係透過接合層 2 而相接合。

接合層 2 係被形成為例如 Sn-Ag 系、Sn-In 系、或 Sn-Ag-Cu 系的軟焊材。

[0026] 散熱器 30 係用以將來自前述功率模組用基板 10 的熱放散者。在本實施形態中，散熱器 30 係由鋁或鋁合金所構成，在本實施形態中係由 A6063（鋁合金）所構成。在該散熱器 30 係設有用以流通冷卻用流體的流路 31。其中，該散熱器 30 與金屬層 13 係藉由 Al-Si 系硬焊材而相接合。

[0027] 接著，參照圖 3 的流程圖及圖 4，說明本實施形態之功率模組 1 之製造方法。

首先，如圖 4 所示，在陶瓷基板 11 的其中一面（圖 4 中為上面）依序積層熔填材 25、活性金屬材 26、及成為電路層 12 的銅板 22（第一積層工程 S01），並且在陶瓷基板 11 的另一面（圖 4 中為下面），如圖 4 所示，依序積層接合材 27 及成為金屬層 13 的鋁板 23（第二積層工程 S02）。亦即，在陶瓷基板 11 與銅板 22 之間，在陶瓷基板 11 側配置熔填材 25，在銅板 22 側配置活性金屬材 26，在陶瓷基板 11 與鋁板 23 之間配置接合材 27。

[0028] 在此，熔填材 25 係被形成為熔點為 660°C 以下的 Cu-P-Sn-Ni 系硬焊材、Cu-Sn 系硬焊材、或 Cu-Al 系硬焊材、Cu-P-Sn-Ni 系軟焊材或 Cu-Sn 系軟焊材。此外，較佳為若熔點被設為 600°C 以下即可。在本實施形態中，使用 Cu-P-Sn-Ni 系硬焊材箔（Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni）作為熔填材 25。熔填材 25 的厚度係被設為 $5\mu\text{m}$ 以上、 $150\mu\text{m}$ 以下的範圍。

[0029] 活性金屬材 26 係被形成為含有例如 Ti、Zr、Nb、Hf 等活性元素的任何 1 種或 2 種以上者，在本實施形態中係使用 Ti 箔作為活性金屬材 26。活性金屬材 26 的厚度係被形成為 $1\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下的範圍。

在本實施形態中，接合材 27 係被形成為含有屬於熔點降下元素之 Si 的 Al-Si 系硬焊材，具體而言係使用 Al-7.5mass%Si 硬焊材。

[0030] 接著，在將陶瓷基板 11、熔填材 25、活性金屬材 26、銅板 22、接合材 27、及鋁板 23 朝積層方向以 $1\sim 35\text{kgf}/\text{cm}^2$ （ $98\sim 3430\text{kPa}$ ）加壓的狀態下，裝入至真空加熱爐內來進行加熱（加熱處理工程 S03）。在此，在本實施形態中，真空加熱爐內的壓力係被設定在 10^{-6}Pa 以上、 10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度係被設定在 600°C 以上、 650°C 以下的範圍內，加熱時間係被設定在 30 分鐘以上、360 分鐘以下的範圍。

[0031] 在該加熱處理工程 S03 中，活性金屬材 26（Ti 箔）與銅板 22 藉由固相擴散接合而相接合，並且熔

填材 25 熔融而形成液相，藉由該液相凝固，透過熔填材 25 接合陶瓷基板 11 及活性金屬材 26。此外，在加熱處理工程 S03 中，接合材 27 熔融而形成液相，藉由該液相凝固，透過接合材 27 接合陶瓷基板 11 及鋁板 23。

其中，藉由固相擴散接合所被接合的活性金屬材 26 與銅板 22 的接合面係預先被形成為平滑的面。

藉此，在陶瓷基板 11 的其中一面形成電路層 12，並且在陶瓷基板 11 的另一面形成金屬層 13，製造作為本實施形態的功率模組用基板 10。

[0032] 接著，在功率模組用基板 10 的金屬層 13 的下面，透過 Al-Si 系硬焊材接合散熱器 30（散熱器接合工程 S04）。

接著，在功率模組用基板 10 的電路層 12 的上面，透過軟焊材接合半導體元件 3（半導體元件接合工程 S05）。

如上所示，製造本實施形態之功率模組 1。

[0033] 藉由本實施形態之功率模組用基板之製造方法，由於在陶瓷基板 11 與銅板 22 之間，在陶瓷基板 11 側配置熔點為 660°C 以下的熔填材 25，且在銅板 22 側配置活性金屬材 26（本實施形態中為 Ti 箔）的狀態下進行加熱處理，因此加熱時，Ti 熔入經熔融的液相的熔填材 25，液相的熔填材 25 對陶瓷基板 11 的潤濕性高，在熔填材 25 凝固後，銅板 22 透過熔填材 25 而被接合在陶瓷基板 11，具有高接合可靠性。

[0034] 此外，在本實施形態中，將活性金屬材 26 與銅板 22 進行積層，且在加壓的狀態下，加熱至溫度 600℃ 以上、650℃ 以下且進行保持，因此使活性金屬材 26 所含有的 Ti 原子在銅板 22 中擴散，使銅板 22 所含有的銅原子在活性金屬材 26 中擴散，可將活性金屬材 26 與銅板 22 作固相擴散接合。

[0035] 若加熱溫度為 600℃ 以上時，促進活性金屬材 26 所含有的 Ti 原子與銅板 22 所含有的銅原子的擴散，可在短時間內使其充分作固相擴散。此外，若加熱溫度為 650℃ 以下時，可抑制在活性金屬材 26 與銅板 22 之間產生液相而在接合界面產生凸起、或厚度發生變動的情形。因此，加熱溫度係被設定在上述範圍。

[0036] 此外，在加熱處理工程 S03 中，若朝積層方向被加壓的壓力為 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (98kPa) 以上時，可使活性金屬材 26 與銅板 22 充分接合，可抑制在活性金屬材 26 與銅板 22 之間產生間隙。此外，若所被加壓的壓力為 $35\text{kgf}/\text{cm}^2$ (3430kPa) 以下時，可抑制在陶瓷基板 11 發生破裂。因此，所被加壓的壓力係被設定在上述範圍。

[0037] 此外，由於熔填材 25 的熔點被設為 660℃ 以下，因此可以比使用 Ag-Cu-Ti 系硬焊材的情形為更低的溫度形成熔填材的液相。

此外，由於在熔填材 25 與銅板 22 之間介在有活性金屬材 26，因此不會有熔填材 25 的液相與銅板 22 直接接觸的情形，可抑制在接合界面產生凸起、或厚度發生變動

的情形。

此外，活性金屬材 26 與銅板 22 相接合的面係預先被形成為平滑的面，因此可抑制在接合界面產生間隙，可將活性金屬材 26 與銅板 22 確實地接合。

[0038] 如上所述，由於熔填材 25 與陶瓷基板 11 良好地接合，並且活性金屬材 26 與銅板 22 藉由固相擴散接合而相接合，因此可將陶瓷基板 11 與銅板 22 良好地接合，且可使陶瓷基板 11 與電路層 12 的接合可靠性提升。

此外，由於使用未含有 Ag 的熔填材 25 來接合陶瓷基板 11 與銅板 22，因此可比使用 Ag-Cu-Ti 系硬焊材的情形更加減低製造成本。

[0039] 此外，如上所述可在陶瓷基板 11 的其中一面，以低溫接合銅板 22，因此可同時在陶瓷基板 11 的其中一面接合銅板 22，在另一面接合鋁板 23。

[0040] 如上所示，在陶瓷基板 11 的其中一面及另一面同時接合銅板 22 及鋁板 23，藉此可簡化製造工程，並且縮短製造所需時間，可減低製造成本。此外，由於可以一次加熱處理接合銅板 22 與鋁板 23，因此與分別接合銅板 22 與鋁板 23 的情形相比較，可減低施加於陶瓷基板 11 的熱負荷，可減小陶瓷基板 11 的翹曲、或抑制陶瓷基板 11 發生破裂。

[0041] 此外，藉由本實施形態之功率模組用基板 10、功率模組 1，由於在陶瓷基板 11 的其中一面形成有由銅板 22 所成之電路層 12，因此可加大來自半導體元件

3 的熱而放散至陶瓷基板 11 側。此外，銅板 22 由於變形阻力大，因此在負荷熱循環之際，抑制電路層 12 的變形，且抑制將半導體元件 3 與電路層 12 接合的接合層 2 的變形，可提升接合可靠性。

此外，由於在陶瓷基板 11 的另一面形成有由鋁板 23 所成之金屬層 13，因此藉由金屬層 13 吸收熱循環負荷時在功率模組用基板 10 與散熱器 30 之間所產生的熱應力，可抑制在陶瓷基板 11 發生破裂。

[0042] 以上說明本發明之實施形態，惟本發明並非限定於此，可在未脫離本發明之技術思想的範圍內作適當變更。

[0043] 其中，在上述實施形態中，係說明透過 Al-Si 系硬焊材作為接合材來接合陶瓷基板與鋁板的情形，但是並非限定於此，亦可適用例如過渡液相接合法（Transient Liquid Phase Bonding, TLP）來進行接合。在過渡液相接合法中，如圖 5 所示，在鋁板 23 之中與陶瓷基板 11 的接合面，藉由濺鍍法等固接 Si、Cu 等添加元素而形成固接層 127 之後，將陶瓷基板 11 及鋁板 23 進行積層，且朝積層方向加壓，進行加熱處理，藉此可將陶瓷基板 11 與鋁板 23 進行接合。亦即，在過渡液相接合法中，係可透過固接層 127 作為接合材來將陶瓷基板 11 及鋁板 23 進行積層，且將銅板 22 與鋁板 23 同時接合。

在過渡液相接合法中，朝積層方向加壓時的壓力係被設為 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ （98kPa）以上、 $35\text{kgf}/\text{cm}^2$ （3430kPa）

以下。此外，加熱處理中的加熱溫度及加熱時間係被設為 600°C 以上、650°C 以下、30 分鐘以上、360 分鐘以下。

其中，以固接層的添加元素而言，除了 Si、Cu 以外，亦可使用 Zn、Ge、Ag、Mg、Ca、Ga、或 Li 等添加元素。

[0044] 此外，亦可藉由使用具有金屬粒子與有機物的金屬糊膏作為接合材來接合陶瓷基板及鋁板。以金屬糊膏而言，係列舉例如具有 Ag 粒子與有機物的 Ag 糊膏。具體而言，如圖 6 所示，在陶瓷基板 11 的另一面，藉由網版印刷等塗佈 Ag 糊膏 227，且透過 Ag 糊膏 227 將陶瓷基板 11 及鋁板 23 進行積層且進行加熱處理，藉此可將銅板 22 與鋁板 23 同時接合在陶瓷基板 11。若使用 Ag 糊膏 227 來接合時，朝積層方向加壓時的壓力係被設為 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ (98kPa) 以上、 $35\text{kgf}/\text{cm}^2$ (3430kPa) 以下。此外，加熱處理中的加熱溫度及加熱時間係被設為 600°C 以上、650°C 以下、30 分鐘以上、360 分鐘以下。

[0045] 此外，在上述實施形態中，係說明透過 Al-Si 系硬焊材來接合功率模組用基板及散熱器的情形，但是並非限定於此，亦可適用例如上述之過渡液相接合法 (TLP)，透過固接層來接合功率模組用基板及散熱器。此外，亦可透過具有 Ag 粒子與有機物的 Ag 糊膏來接合功率模組用基板及散熱器。

此外，以上說明具有冷卻用流路者作為散熱器，惟散熱器的構造並未特別限定，亦可為例如空冷方式的散熱

器。此外，散熱器（heat sink）亦可具有散熱鰭片。

〔實施例〕

[0046] 以下說明為確認本發明之效果所進行之確認實驗的結果。

首先，在由 AlN 所成之陶瓷基板（40mm×40mm×0.635mm（厚度））的其中一面積層表 1 所示之熔填材、活性金屬材、由純度 99.99% 的銅所成之銅板（37mm×37mm×0.3mm），在另一面，透過表 1 所示之接合材積層鋁板（37mm×37mm×1.6mm）。

其中，關於活性金屬的位置被形成為銅板側的本發明例 1～12，係依陶瓷基板／熔填材／活性金屬材／銅板的順序進行積層，關於被形成為陶瓷基板側的本發明例 13，係依陶瓷基板／活性金屬材／熔填材／銅板的順序進行積層。

其中，以表 1 所示之接合材而言，「Al-Si」係形成為 Al-7.5mass%Si 硬焊材。「Cu（TLP）」係使用 Cu 作為固接層。「Ag 糊膏」係形成為含有 Ag 粒子、及有機物的 Ag 糊膏。

[0047] 接著，在朝積層方向以壓力 12kgf/cm²（1176kPa）加壓的狀態下裝入至真空加熱爐內，且進行加熱，藉此在陶瓷基板的其中一面接合銅板，在另一面接合鋁板，在陶瓷基板的其中一面及另一面形成電路層及金屬層。在此，將真空加熱爐內的壓力設定在 10⁻⁶Pa 以上、

10^{-3}Pa 以下的範圍內，加熱溫度及加熱時間係形成為表 1 所示之條件。如上所示獲得功率模組用基板。

[0048] 接著，在上述功率模組用基板的金屬層的另一面側接合散熱器。散熱器係形成為由 A6063 所成之鋁板（ $50\text{mm}\times 60\text{mm}\times 5\text{mm}$ ），散熱器的接合係利用表 1 所示方法進行。在表 1 之散熱器的接合方法所示之「Al-Si」中，係使用 Al-10.5mass%Si 硬焊材，在「Cu (TLP)」中係使用 Cu 的固接層，在「Ag 糊膏」中，係使用含有 Ag 粒子與有機物的 Ag 糊膏來進行接合。功率模組用基板與陶瓷基板接合時的壓力係設為 $12\text{kgf}/\text{cm}^2$ （ 1176kPa ）、加熱溫度係設為 610°C 、加熱時間係設為 60 分鐘，在真空環境氣體下進行。

如上所示製作本發明例 1~13 之附散熱器之功率模組用基板。

[0049] 對如上所述所得之本發明例之附散熱器之功率模組用基板，評估電路層與陶瓷基板的接合率、及金屬層與陶瓷基板的接合率。此外，對附散熱器之功率模組用基板，進行冷熱循環試驗，評估試驗後的電路層與陶瓷基板的接合率、及金屬層與陶瓷基板的接合率。

以下說明冷熱循環的試驗方法、及接合率的評估方法。

[0050]

（冷熱循環試驗）

冷熱循環試驗係使用冷熱撞擊試驗機 Espec 公司製

TSB-51，以在液相（Fluorinert）中，將附散熱器之功率模組用基板在-40℃的溫度環境下維持5分鐘之後，加溫至125℃，且在同溫度環境下維持5分鐘，再次恢復至-40℃的溫度環境下的製程作為1循環，實施該溫度變化的製程3000循環。

[0051]

（接合率評估）

對附散熱器之功率模組用基板，針對陶瓷基板與電路層的界面的接合率、及陶瓷基板與金屬層的界面的接合率，使用超音波探測裝置進行評估，且由下式算出。

在此，初期接合面積係指接合前應接合的面積，亦即在本實施例中係形成為電路層及金屬層的面積。在超音波探測像中，剝離係以接合部內的白色部表示，因此將該白色部的面積設為剝離面積。其中，若在陶瓷基板、電路層、及金屬層產生裂痕時，該裂痕係在超音波探測像中以白色部表示，裂痕亦作為剝離面積來進行評估。

【數1】

$$\text{接合率 (\%)} = \frac{\text{初期接合面積} - \text{剝離面積}}{\text{初期接合面積}} \times 100$$

將以上之評估結果顯示於表1。

[0052]

【表 1】

本發明例	熔填材的成分	熔填材的厚度		熔填材的熔點	活性金屬材的種類	活性金屬材的厚度		活性金屬材的位置	接合材	接合材的厚度		散熱器的接合方法	加熱條件		初期的接合率 [%]		冷熱循環試驗後的接合率 [%]	
		μm	μm			μm	μm			溫度	時間		電路層金屬層	金屬層				
本發明例 1	Cu-6.3mass%P-9.3mass%Sn-7mass%Ni	40	40	600°C	Ti	5	5	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	90分鐘	100	100	99.8	98.3
本發明例 2	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	5	5	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	90分鐘	99.8	100	98.4	99.4
本發明例 3	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Zr	5	5	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	30分鐘	100	100	98.6	99.8
本發明例 4	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Nb	5	5	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	120分鐘	100	100	99.0	99.2
本發明例 5	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Hf	5	5	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	120分鐘	99.6	100	98.1	97.3
本發明例 6	Sn-0.7mass%Cu-0.03mass%Ni-P	100	100	217°C	Ti	15	15	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	500°C	360分鐘	98.2	99.8	93.8	95.3
本發明例 7	Sn-0.7mass%Cu	100	100	227°C	Ti	15	15	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	600°C	360分鐘	97.3	100	94.4	94.9
本發明例 8	Al-33mass%Cu	150	150	548°C	Ti	15	15	銅板側	Al-Si	15	15	Al-Si	600°C	45分鐘	98.6	100	94.2	94.8
本發明例 9	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	3	3	銅板側	Cu (TLP)	0.2	0.2	Al-Si	630°C	180分鐘	100	100	98.2	96.3
本發明例 10	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	3	3	銅板側	Ag 糊膏	3	3	Al-Si	630°C	180分鐘	100	100	98.9	97.0
本發明例 11	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	3	3	銅板側	Al-Si	15	15	Cu	630°C	180分鐘	100	100	99.3	95.5
本發明例 12	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	3	3	銅板側	Al-Si	15	15	Ag 糊膏	630°C	180分鐘	100	100	99.6	94.6
本發明例 13	Cu-7mass%P-15mass%Sn-10mass%Ni	40	40	580°C	Ti	3	3	陶瓷基板側	Al-Si	15	15	Al-Si	650°C	90分鐘	99.7	98.9	91.6	97.5

[0053] 確認出在使用熔點為 660°C 以下的熔填材，在陶瓷基板的其中一面及另一面同時形成電路層及金屬層的本發明例 1~13 中，可得初期的接合率高，負荷冷熱循環之後亦可維持高接合率之附散熱器之功率模組用基板。

〔產業上可利用性〕

[0054] 本發明係關於可分別同時且在低溫下在陶瓷基板的其中一面接合銅板、在另一面接合鋁板，而且製造成本低之功率模組用基板之製造方法。

【符號說明】

[0055]

- 1：功率模組
- 2：接合層
- 3：半導體元件
- 10：功率模組用基板
- 11：陶瓷基板
- 12：電路層
- 13：金屬層
- 22：銅板
- 23：鋁板
- 25：熔填材
- 26：活性金屬材
- 27、127、227：接合材

30 : 散熱器

31 : 流路

發明摘要

※申請案號：103110093

※申請日：103 年 03 月 18 日

※IPC 分類：*H01L 23/15* (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

功率模組用基板之製造方法

Method of producing substrate for power module

【中文】

該功率模組用基板之製造方法係具備有：第一積層工程，其係在陶瓷基板（11）的其中一面側，透過活性金屬材（26）及熔點為 660℃ 以下的熔填材（25），將陶瓷基板（11）及銅板（22）進行積層；第二積層工程，其係在陶瓷基板（11）的另一面側，透過接合材（27），將陶瓷基板（11）及鋁板（23）進行積層；及加熱處理工程，其係將所被積層的陶瓷基板（11）、銅板（22）、及鋁板（23）進行加熱處理，將陶瓷基板（11）與銅板（22）、及陶瓷基板（11）與鋁板（23）同時接合。

【 英文 】

The method of producing a substrate for a power module, includes:

a first layering step in which a copper plate (22) is fixed onto one side surface of a ceramics substrate (11) via an active metal (26) and a welding material (25) of which melting point is 660°C or less;

a second layering step in which an aluminum plate (23) is fixed onto the other side surface of the ceramics substrate (11) via a joining material (27); and

a heat-treating step in which the ceramics substrate (11), the copper plate (22) and the aluminum plate (23) are heated all at once; wherein the aluminum plate (23) is fixed onto the ceramics substrate (11) at the same time the copper plate (22) is fixed onto the ceramics substrate (11).

圖式

圖 1

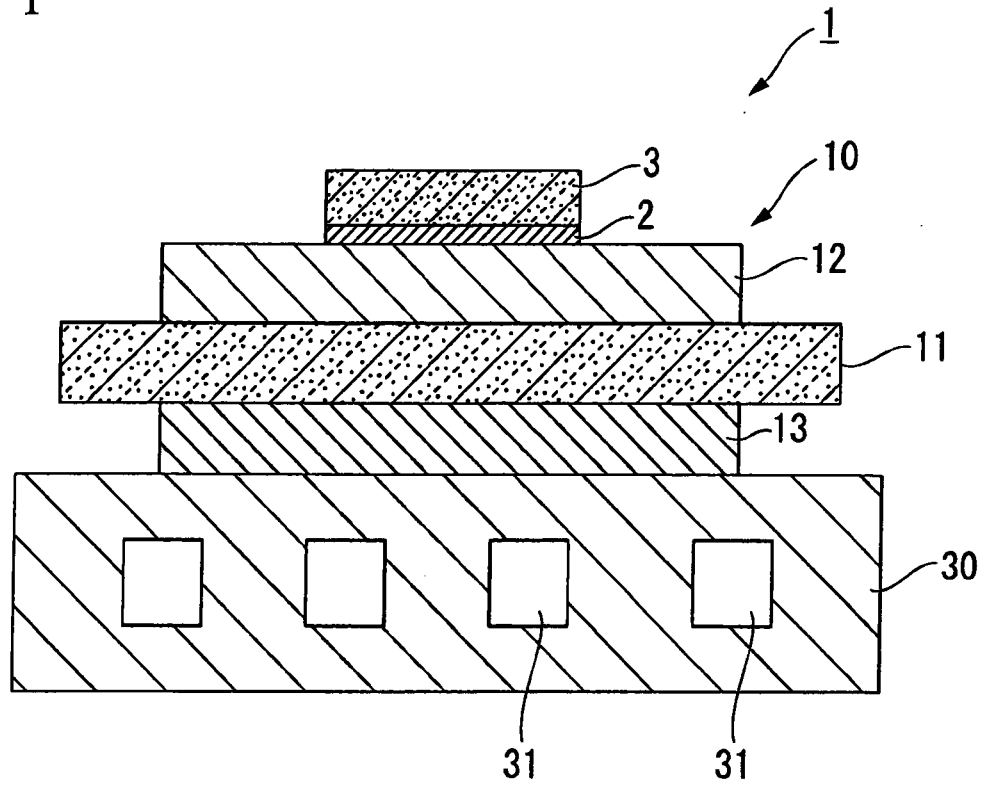


圖 2

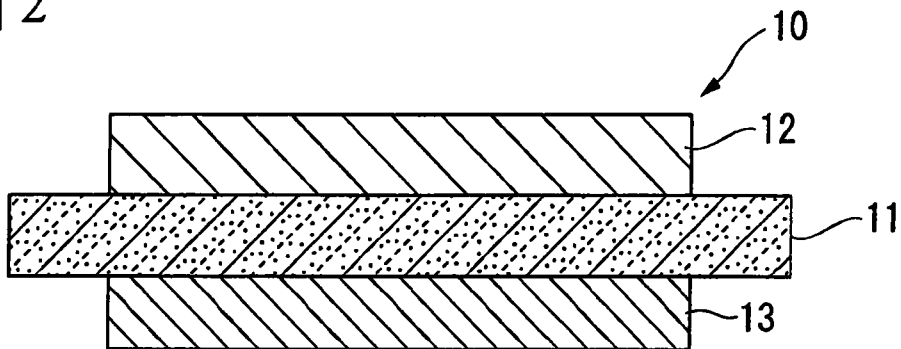


圖 3

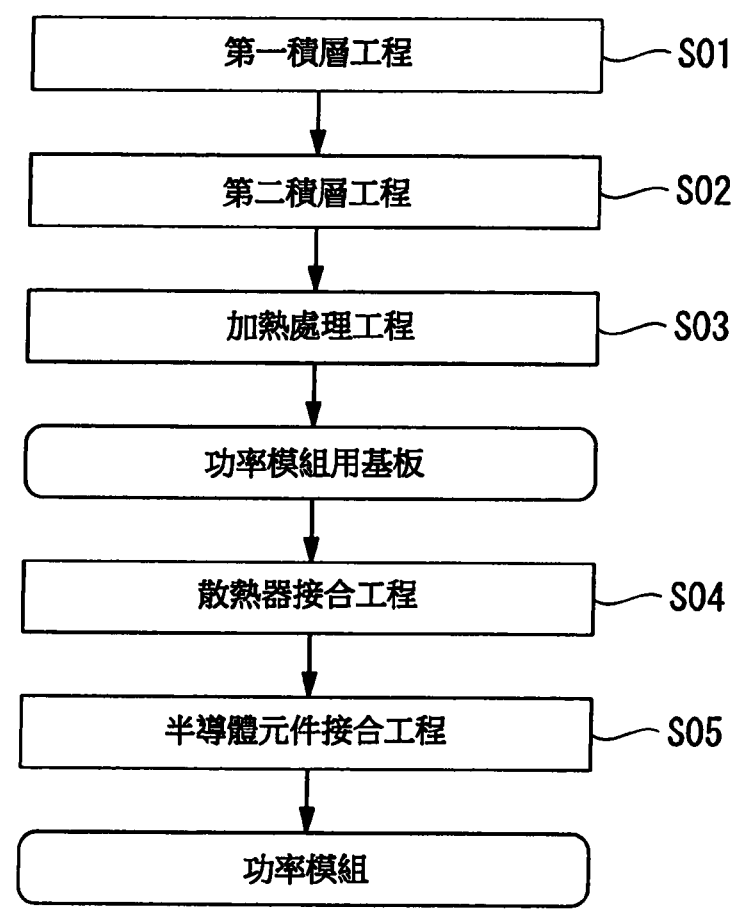


圖 4

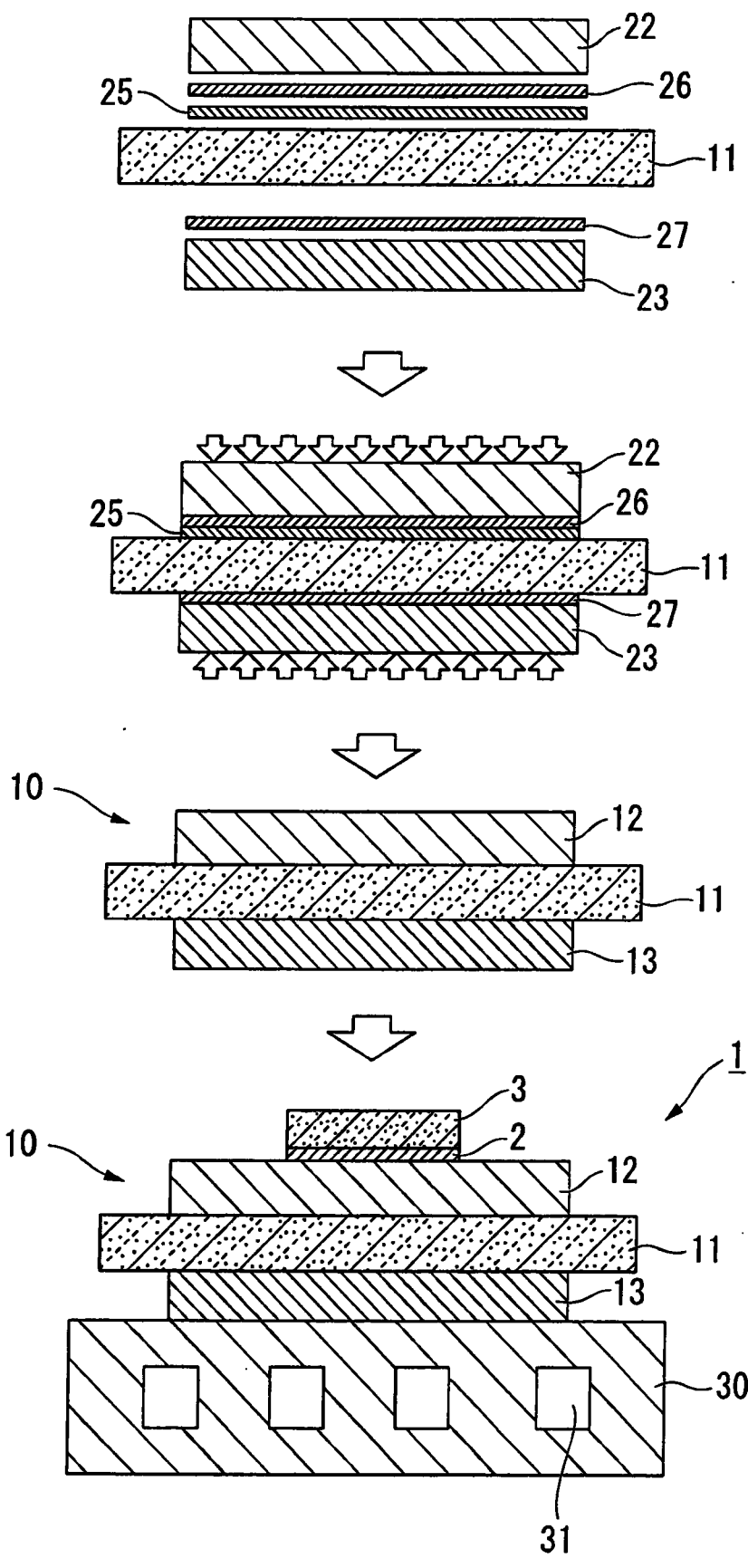


圖 5

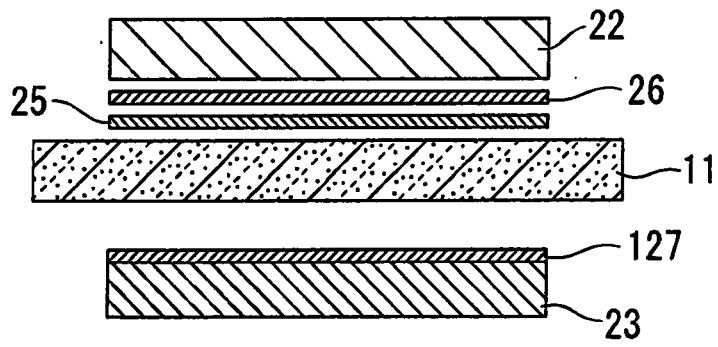
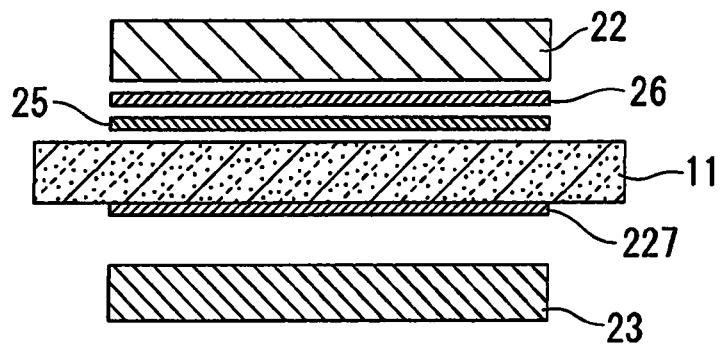


圖 6



【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 1：功率模組
- 2：接合層
- 3：半導體元件
- 10：功率模組用基板
- 11：陶瓷基板
- 12：電路層
- 13：金屬層
- 30：散熱器
- 31：流路

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

第 103110093 號

民國 106 年 8 月 15 日修正

申請專利範圍

1. 一種功率模組用基板之製造方法，其係具備有：
陶瓷基板、在該陶瓷基板的其中一面接合銅板而成之電路層、及在前述陶瓷基板的另一面接合鋁板而成之金屬層之功率模組用基板之製造方法，其係具備有：

第一積層工程，其係在前述陶瓷基板的其中一面側，透過活性金屬材及熔點為 600°C 以下的熔填材，將前述陶瓷基板及前述銅板進行積層；

第二積層工程，其係在前述陶瓷基板的另一面側，透過接合材，將前述陶瓷基板及前述鋁板進行積層；及

加熱處理工程，其係將所被積層的前述陶瓷基板、前述銅板、及前述鋁板以加熱溫度 650°C 以下進行加熱處理，

將前述陶瓷基板與前述銅板、及前述陶瓷基板與前述鋁板同時接合。

2. 如申請專利範圍第 1 項之功率模組用基板之製造方法，其中，在前述第一積層工程中，在前述陶瓷基板側配置前述熔填材，在前述銅板側配置前述活性金屬材。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述熔填材為液相線溫度 450°C 以上的硬焊材。

4. 如申請專利範圍第 3 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述硬焊材係由 Cu-P-Sn-Ni 系硬焊材、Cu-Sn 系硬焊材、及 Cu-Al 系硬焊材之中所選擇的任一種。

第 103110093 號

民國 106 年 8 月 15 日修正

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述熔填材為液相線溫度未達 450℃ 的軟焊材。

6. 如申請專利範圍第 5 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述軟焊材為 Cu-P-Sn-Ni 系軟焊材或 Cu-Sn 系軟焊材。

7. 如申請專利範圍第 1 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述活性金屬材為 Ti 材。

8. 如申請專利範圍第 1 項之功率模組用基板之製造方法，其中，前述加熱處理工程中的加熱溫度為 600℃ 以上。