



(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 I676516 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：105111673

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 04 月 14 日

(51)Int. Cl. : **B23K20/00 (2006.01)** **H01L23/12 (2006.01)**
H01L23/13 (2006.01) **H01L23/36 (2006.01)**
H01L23/40 (2006.01) **H05K7/20 (2006.01)**

(30)優先權：2015/04/16 日本 2015-084030
2016/02/24 日本 2016-033202

(71)申請人：日商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：

JP 63-220987A JP 4-288983A
JP 2014-60215A

審查人員：陳榮輝

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：11 共 54 頁

(54)名稱

接合體、附加散熱器的電源模組用基板、散熱器、及接合體的製造方法、附加散熱器的電源模組用基板的製造方法、散熱器的製造方法

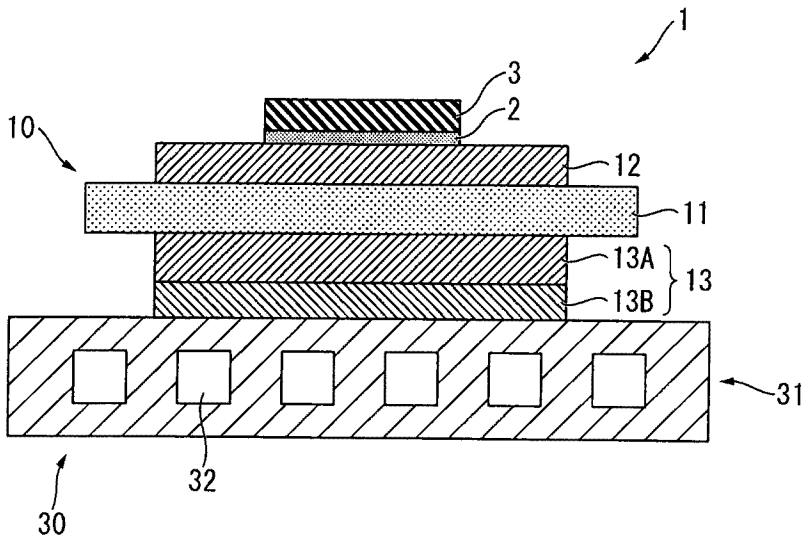
(57)摘要

本發明之接合體，係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成的接合體，鋁合金構件係由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，鋁合金構件與金屬構件係藉由固相擴散被接合，在鋁合金構件與金屬構件之接合界面具備由鋁合金構件之 Al 與金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass%以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內。

The bonded body of the present invention is formed by bonding an aluminum alloy member made of an aluminum alloy and a metal member made of copper, nickel or silver. The aluminum alloy member is composed of the aluminum alloy in which the Si concentration is in a range from 1 mass% to 25 mass%. The aluminum alloy member and the metal member are solid-phase diffusion bonded together. A compound layer is formed by diffusing Al of the aluminum alloy member and a metal element of the metal member in a bonded interface between the aluminum alloy member and the metal member. A Mg high concentration layer in which a Mg concentration is 3 mass% or more is formed within the compound layer. The thickness of the Mg high concentration layer is in a range from 1 μ m to 30 μ m.

指定代表圖：

圖 1



- 符號簡單說明：
- 1 . . . 電源模組
 - 2 . . . 焊錫層
 - 3 . . . 半導體元件
 - 10 . . . 電源模組用基板
 - 11 . . . 陶瓷基板
 - 12 . . . 電路層
 - 13 . . . 金屬層
 - 13B . . . Cu 層(金屬構件)
 - 13A . . . Al 層
 - 30 . . . 電源模組用基板
 - 31 . . . 散熱器(鋁合金構件)
 - 32 . . . 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)

接合體、附加散熱器的電源模組用基板、散熱器、及接合體的製造方法、附加散熱器的電源模組用基板的製造方法、散熱器的製造方法

Bonded body, power module substrate with heat sink, heat sink and method of producing bonded body, method of producing power module substrate with heat sink and method of producing heat sink

【技術領域】

[0001] 本發明關於由鋁合金構件與由銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成的接合體，在絕緣層之一方之面形成有電路層的電源模組用基板上將散熱器予以接合之附加散熱器的電源模組用基板，在散熱器本體形成有金屬構件層的散熱器，接合體的製造方法，附加散熱器的電源模組用基板的製造方法，及散熱器的製造方法。

本案主張 2015 年 4 月 16 日向日本申請的特願 2015-084030 號、2016 年 2 月 24 日向日本申請的特願 2016-033202 號之優先權，其內容於此被援用。

【先前技術】

[0002] LED 或電源模組等之半導體裝置中具備在由導電材料形成的電路層之上將半導體元件予以接合的構造。

風力發電、電動汽車、混合電動汽車等之控制用的大電力控制用之電源半導體元件中發熱量較多。因此，作為搭載大電力控制用電源半導體元件的基板，習知廣泛使用的電源模組用基板例如係具備：由 AlN （氮化鋁）、 Al_2O_3 （氧化鋁）等形成的陶瓷基板；及在該陶瓷基板之一方之面接合導電性良好的金屬板而形成的電路層。又，作為電源模組用基板亦提供在陶瓷基板的另一方之面形成有金屬層者。

[0003] 例如專利文獻 1 所示電源模組之構造係設為具備：電源模組用基板，係在陶瓷基板之一方之面及另一方之面形成有由 Al 構成的電路層及金屬層；及在該電路層上透過焊錫材接合的半導體元件。

在電源模組用基板之金屬層側接合有散熱器，由半導體元件傳導至電源模組用基板側的熱係透過散熱器放出至外部而構成。

[0004] 但是，如專利文獻 1 記載的電源模組般電路層及金屬層由 Al 構成時，在表面會形成 Al 之氧化皮膜，因此無法透過焊錫材接合半導體元件或散熱器。

於此，習知例如專利文獻 2 之揭示，藉由無電解鍍敷等在電路層及金屬層之表面形成 Ni 鍍敷膜後，藉由焊錫接合半導體元件或散熱器。

又，專利文獻 3 提案，取代焊錫材改用包含由氧化銀粒子與有機物形成的還原劑的氧化銀電糊，來接合電路層與半導體元件、金屬層與散熱器的技術。

[0005] 但是，如專利文獻 2 記載般，在電路層及金屬層表面形成有 Ni 鍍敷膜的電源模組用基板中，在接合半導體元件及散熱器之前的過程中，Ni 鍍敷膜之表面因氧化等而劣化，有可能造成透過焊錫材接合的半導體元件及散熱器間之接合可靠性降低。於此，散熱器與金屬層間之接合不夠穩固時，有可能造成熱電阻上升，放熱特性降低。又，Ni 鍍敷工程中有進行屏蔽處理，以便在不要的區域形成 Ni 鍍敷層防止電蝕等之問題之產生。如此般進行屏蔽處理後再進行鍍敷處理時，在電路層表面及金屬層表面形成 Ni 鍍敷膜的工程需要很大功夫，造成電源模組之製造成本大幅增加的問題。

[0006] 又，如專利文獻 3 記載般使用氧化銀電糊對電路層與半導體元件、金屬層與散熱器進行接合時，基於 Al 與氧化銀電糊之燒結體間之接合性不佳，因此需要事先在電路層表面及金屬層表面形成 Ag 底層。藉由鍍敷形成 Ag 底層時，和 Ni 鍍敷層同樣需要花費巨大的功夫而成為問題。

[0007] 於此，專利文獻 4 提案將電路層及金屬層設為 Al 層與 Cu 層之積層構造的電源模組用基板。該電源模組用基板中，在電路層及金屬層之表面配置有 Cu 層，因此可以使用焊錫材對半導體元件及散熱器進行良好地接合。因此積層方向之熱電阻變小，可以將半導體元件產生的熱有效地傳導至散熱器側。

[0008] 又，專利文獻 5 提案金屬層及散熱器之一方

由鋁或鋁合金構成，另一方由銅或銅合金構成，使彼等上述金屬層與上述散熱器進行固相擴散接合的附加散熱器的電源模組用基板。該附加散熱器的電源模組用基板中，金屬層與散熱器被進行固相擴散接合，因此熱電阻變小，放熱特性佳。

〔先前技術文獻〕

〔專利文獻〕

[專利文獻]

[0009]

[專利文獻 1] 專利第 3171234 號公報

[專利文獻 2] 特開 2004-172378 號公報

[專利文獻 3] 特開 2008-208442 號公報

[專利文獻 4] 特開 2014-160799 號公報

[專利文獻 5] 特開 2014-099596 號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

[0010] 但是，在內部形成有冷卻媒體流路等的複雜構造之散熱器中，有可能使用含較多 Si 的鋁鑄物合金製造。

於此，如專利文獻 5 記載般，將含較多 Si 的鋁鑄物合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件進行固相擴散接合時，確認在接合界面附近基於相互擴散之不均衡而產生多數的柯肯達爾空隙（Kirkendall

void)。該柯肯達爾空隙存在於電源模組用基板與散熱器之間時導致熱電阻上升，放熱特性降低之問題。

[0011] 本發明有鑑於上述事情，目的在於提供可以使含較多 Si 的鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件良好地進行接合，積層方向之熱電阻低的接合體、具備該接合體之附加散熱器的電源模組用基板及散熱器、以及接合體的製造方法、附加散熱器的電源模組用基板的製造方法、散熱器的製造方法。

〔用以解決課題的手段〕

[0012] 為解決上述課題，本發明之一態樣的接合體，係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成的接合體，其特徵在於：上述鋁合金構件係由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，上述鋁合金構件與上述金屬構件係藉由固相擴散被接合，在上述鋁合金構件與上述金屬構件之接合界面具備由上述鋁合金構件之 Al 與上述金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass%以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內。

又，本發明中，金屬構件係由銅或銅合金、鎳或鎳合金、或者銀或銀合金構成。

[0013] 依據該構成之接合體，在上述鋁合金構件與上述金屬構件之接合界面具備由上述鋁合金構件之 Al 與

上述金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內，因此藉由該 Mg 濃化層阻擋構成金屬構件的金屬元素之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生，降低積層方向之熱電阻。

[0014] 本發明之一態樣之附加散熱器的電源模組用基板，係具備：絕緣層；形成於該絕緣層之一方之面的電路層；形成於上述絕緣層的另一方之面的金屬層；及配置於該金屬層之與上述絕緣層相反側之面的散熱器；其特徵在於：上述金屬層之中與上述散熱器之接合面係由銅、鎳或銀構成，上述散熱器之中與上述金屬層之接合面，係由 Si 濃度設為 1mass% 以上 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，上述散熱器與上述金屬層係藉由固相擴散被接合，在上述散熱器與上述金屬層之接合界面具備由上述散熱器之 Al 與構成上述金屬層之接合面的金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內。

[0015] 依據該構成之附加散熱器的電源模組用基板，在上述散熱器與上述金屬層之接合界面具備由上述散熱器之 Al 與構成上述金屬層之接合面的金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設

為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內，因此藉由該 Mg 濃化層阻擋構成金屬層的金屬元素之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。因此，可以降低積層方向之熱電阻，放熱特性特佳。

[0016] 本發明之一態樣之散熱器係具備：散熱器本體；及接合於上述散熱器本體的金屬構件層；其特徵在於：上述金屬構件層係由銅、鎳或銀形成，上述散熱器本體係由 Si 濃度設為 $1\text{mass}\%$ 以上 $25\text{mass}\%$ 以下之範圍內的鋁合金構成，上述散熱器本體與上述金屬構件層係藉由固相擴散被接合，在上述散熱器本體與上述金屬構件層之接合界面係具備由上述散熱器本體之 Al 與構成上述金屬構件層的金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 $3\text{mass}\%$ 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

[0017] 依據該構成之散熱器，在上述散熱器本體與上述金屬構件層之接合界面具備由上述散熱器本體之 Al 與構成上述金屬構件層的金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 $3\text{mass}\%$ 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內，因此藉由該 Mg 濃化層阻擋構成金屬構件層的金屬元素之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。因此，可以降低積層方向之熱電阻，放熱特性特佳。

[0018] 本發明之一態樣的接合體的製造方法中，該

接合體係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成者，其特徵在於：上述鋁合金構件係由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，接合前之上述鋁合金構件中，至少自與上述金屬構件之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度係被設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內，使該鋁合金構件與上述金屬構件進行固相擴散接合。

[0019] 依據該構成之接合體的製造方法，接合前之上述鋁合金構件中，至少自與上述金屬構件之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度係被設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內，因此可以藉由存在於接合面附近的 Mg 來抑制固相擴散接合時構成金屬構件的金屬元素進行必要以上之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。

[0020] 於此，本發明之一態樣的接合體的製造方法中較好是，將上述鋁合金構件與上述金屬構件積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述鋁合金構件與上述金屬構件進行固相擴散接合。

此情況下，針對上述鋁合金構件與上述金屬構件沿積層方向加壓之同時進行通電加熱，因此可以加速昇溫速度，可以在較短時間內進行固相擴散接合。據此則例如即使在大氣中接合時，接合面之氧化影響亦較小，上述鋁合金構件與上述金屬構件可以良好地接合。

[0021] 本發明之一態樣之附加散熱器的電源模組用

基板的製造方法，該附加散熱器的電源模組用基板係具備：絕緣層；形成於該絕緣層之一方之面的電路層；形成於上述絕緣層的另一方之面的金屬層；及配置於該金屬層之與上述絕緣層相反側之面的散熱器者；其特徵在於：上述金屬層之中與上述散熱器之接合面係由銅、鎳或銀構成，上述散熱器之中與上述金屬層之接合面，係由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，接合前之上述散熱器中，至少自與上述金屬層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度係被設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內，使該散熱器與上述金屬層進行固相擴散接合。

[0022] 依據該構成之附加散熱器的電源模組用基板的製造方法，在接合前之上述散熱器中，至少自與上述金屬層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度被設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內，因此可以藉由存在於接合面附近的 Mg 來抑制固相擴散接合時構成金屬層之接合面的金屬元素之必要以上之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。

因此，可以製造積層方向中的熱電阻降低，放熱特性良好之附加散熱器的電源模組用基板。

[0023] 於此，本發明之一態樣之附加散熱器的電源模組用基板的製造方法中較好是，將上述散熱器與上述金屬層予以積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述散熱器與上述金屬層進行固相擴散接合。

此情況下，將上述散熱器與上述金屬層沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，因此可以加速昇溫速度，可以在較短時間內進行固相擴散接合。據此則例如即使在大氣中接合時，接合面之氧化影響亦較小，上述散熱器與上述金屬層可以良好地接合。

[0024] 本發明之一態樣之散熱器的製造方法，該散熱器具備：散熱器本體；及接合於上述散熱器本體的金屬構件層；其特徵在於：上述金屬構件層係由銅、鎳或銀形成，上述散熱器本體係由 Si 濃度設為 1mass% 以上 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，接合前之上述散熱器本體中，至少自與上述金屬構件層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度係被設為 0.3mass% 以上 15mass% 以下之範圍內，使該散熱器本體與上述金屬構件層進行固相擴散接合。

[0025] 依據該構成之散熱器的製造方法，接合前之上述散熱器本體中，至少自與上述金屬構件層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中 Mg 濃度係被設為 0.3mass% 以上 15mass% 以下之範圍內，因此可以藉由存在於接合面附近的 Mg 來抑制固相擴散接合時構成金屬構件層的金屬元素之必要以上之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。

因此，可以製造積層方向中的熱電阻降低，放熱特性良好之散熱器。

[0026] 於此，本發明之一態樣之散熱器的製造方法

中較好是，將上述散熱器本體與上述金屬構件層予以積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述散熱器本體與上述金屬構件層進行固相擴散接合。

此情況下，將上述散熱器本體與上述金屬構件層沿積層方向加壓之同時通電加熱，因此可以加速昇溫速度，可以在較短時間內進行固相擴散接合。據此則例如即使在大氣中接合時，接合面之氧化影響亦較小，上述散熱器本體與上述金屬構件層可以良好地接合。

〔發明之效果〕

[0027] 依據本發明，可以提供使含較多 Si 的鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件良好地進行接合，積層方向之熱電阻低的接合體、具備該接合體之附加散熱器的電源模組用基板及散熱器、以及接合體的製造方法、附加散熱器的電源模組用基板的製造方法、散熱器的製造方法。

【圖式簡單說明】

[0028]

[圖 1] 具備本發明第一實施形態的附加散熱器的電源模組用基板的電源模組之概略說明圖。

[圖 2] 圖 1 所示附加散熱器的電源模組用基板之散熱器與金屬層（Cu 層）的接合界面之斷面擴大說明圖。

[圖 3] 第一實施形態的附加散熱器的電源模組用基

板的製造方法之說明流程圖。

[圖 4] 第一實施形態的附加散熱器的電源模組用基板的製造方法之概略說明圖。

[圖 5] 圖 4 所示附加散熱器的電源模組用基板的製造方法中，在接合前之散熱器之接合面添加 Mg 之方法的概略說明圖。

[圖 6] 本發明第二實施形態的散熱器之概略說明圖。

[圖 7] 圖 6 所示散熱器之散熱器本體與金屬構件層的接合界面之斷面擴大說明圖。

[圖 8] 第二實施形態的散熱器的製造方法之說明流程圖。

[圖 9] 第二實施形態的散熱器的製造方法之概略說明圖。

[圖 10] 具備本發明另一實施形態之附加散熱器的電源模組用基板的電源模組之概略說明圖。

[圖 11] 藉由通電加熱法進行固相擴散接合之狀況的概略說明圖。

【實施方式】

[0029]

(第一實施形態)

以下參照圖面說明本發明實施形態。

圖 1 係使用本發明第一實施形態之附加散熱器的電源

模組用基板 30 的電源模組 1。

該電源模組 1 具備：附加散熱器的電源模組用基板 30；及在該附加散熱器的電源模組用基板 30 之一方之面（圖 1 中上面）透過焊錫層 2 被接合的半導體元件 3。

附加散熱器的電源模組用基板 30 係具備：電源模組用基板 10；及接合於電源模組用基板 10 的散熱器 31。

[0030] 電源模組用基板 10 係具備：構成絕緣層的陶瓷基板 11；在該陶瓷基板 11 之一方之面（圖 1 中上面）被配設的電路層 12；及在陶瓷基板 11 的另一方之面被配設的金屬層 13。

[0031] 陶瓷基板 11 由絕緣性及放熱性良好之 Si_3N_4 （氮化矽）、 AlN （氮化鋁）、 Al_2O_3 （氧化鋁）等之陶瓷構成。本實施形態中，陶瓷構件 11 由放熱性特別良好的 AlN （氮化鋁）構成。又，陶瓷基板 11 之厚度例如設為 $0.2 \sim 1.5\text{mm}$ 之範圍內，本實施形態中設為 0.635mm 。

[0032] 如圖 4 所示，電路層 12 係在陶瓷基板 11 之一方之面，將鋁或鋁合金形成的鋁板 22 予以接合而形成。本實施形態中，電路層 12 係將純度在 99 質量%以上之鋁（2N 鋁）之壓延板（鋁板 22）接合於陶瓷基板 11 而形成。又，成為電路層 12 的鋁板 22 之厚度係設為 0.1mm 以上 1.0mm 以下之範圍內，本實施形態中設為 0.6mm 。

[0033] 如圖 1 所示，金屬層 13 具有：在陶瓷基板 11 的另一方之面被配設的 Al 層 13A；及在該 Al 層 13A 之中與接合有陶瓷基板 11 的面之相反側之面被積層的 Cu 層

13B。

Al 層 13A 係如圖 4 所示，在陶瓷基板 11 的另一方之面，將由鋁或鋁合金形成的鋁板 23A 予以接合而形成。本實施形態中，Al 層 13A 係將純度 99 質量%以上之鋁（2N 鋁）之壓延板（鋁板 23A）接合於陶瓷基板 11 而形成。接合的鋁板 23A 之厚度設為 0.1mm 以上 3.0mm 以下之範圍內，本實施形態中設為 0.6mm。

Cu 層 13B 係如圖 4 所示，在 Al 層 13A 的另一方之面，將銅或銅合金所形成的銅板 23B 予以接合而形成。本實施形態中，Cu 層 13B 係將無氧銅之壓延板（銅板 23B）予以接合而形成。銅層 13B 之厚度設為 0.1mm 以上 6mm 以下之範圍內，本實施形態中設為 1mm。

[0034] 散熱器 31 係使電源模組用基板 10 側之熱放散者，本實施形態中，如圖 1 所示，設有使冷卻媒體流通的流路 32。該散熱器 31 由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，具體言之，係由依 JIS H 2118：2006 規定的模鑄用鋁合金亦即 ADC12（固相線溫度 515℃）構成。又，該 ADC12 係含 1.5mass%以上 3.5mass%以下範圍內之 Cu、含 9.6mass%以上 12.0mass%以下範圍內之 Si 的鋁合金。上述鋁合金之 Si 濃度較好是在 5mass%以上 20mass%以下，更好是在 7mass%以上 13mass%以下，但不限定於此。

[0035] 於此，散熱器 31 與金屬層 13（Cu 層 13B）被實施固相擴散接合。

在金屬層 13 (Cu 層 13B) 與散熱器 31 的接合界面，係如圖 2 所示形成含有 Al 與 Cu 的化合物層 38。

該化合物層 38 係藉由散熱器 31 之 Al 原子與 Cu 層 13B 之 Cu 原子相互擴散而形成。該化合物層 38 具有隨著由散熱器 31 朝向 Cu 層 13B 逐漸使 Al 原子之濃度降低，而且使 Cu 原子之濃度變高之濃度斜度。

[0036] 該化合物層 38 係由 Cu 與 Al 所形成的金屬間化合物構成，本實施形態中設為沿著接合界面積層有複數種金屬間化合物之構造。於此，化合物層 38 之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 以下之範圍內，較好是設為 $5\mu\text{m}$ 以上 $80\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

本實施形態中，化合物層 38 係積層有 3 種金屬間化合物的構造，係由散熱器 31 側朝向 Cu 層 13B 側依序沿著散熱器 31 與 Cu 層 13B 之接合界面積層有 θ 相、 η_2 相，進一步積層 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之其中至少一個相而構成。

[0037] 又，在該化合物層 38 與 Cu 層 13B 的接合界面沿著接合界面以層狀分散有氧化物。又，本實施形態中，該氧化物係設為氧化鋁 (Al_2O_3) 等之鋁氧化物。又，氧化物係在化合物層 38 與 Cu 層 13B 之界面呈分斷狀態被分散，亦存在著化合物層 38 與 Cu 層 13B 直接接觸的區域。又，氧化物亦有可能在 θ 相、 η_2 相或者 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之中至少一個相之內部以層狀分散。

[0038] 如圖 2 所示，在該化合物層 38 之內部形成有

Mg 之濃度設為 3mass%以上的 Mg 濃化層 40，該 Mg 濃化層 40 之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。Mg 濃化層 40 之 Mg 之濃度較好是在 5mass%以上 15mass%以下，更好是在 7mass%以上 9mass%以下，但不限定於此。

[0039] 接著，參照圖 3～圖 5 說明本實施形態之附加散熱器的電源模組用基板 30 的製造方法。

[0040]

(鋁板積層工程 S01)

首先，如圖 4 所示，在陶瓷基板 11 之一方之面透過 Al-Si 系之焊料箔 26 將成為電路層 12 的鋁板 22 予以積層。

又，在陶瓷基板 11 的另一方之面透過 Al-Si 系之焊料箔 26 將成為 Al 層 13A 鋁板 23A 予以積層。又，本實施形態中，Al-Si 系之焊料箔 26 係使用厚度 $10\mu\text{m}$ 之 Al-8mass%Si 合金箔。

[0041]

(電路層及 Al 層形成工程 S02)

接著，在沿著積層方向加壓（壓力 $1\sim 35\text{kgf/cm}^2$ ($0.10\sim 3.43\text{MPa}$)）之狀態下配置於真空加熱爐內進行加熱，使鋁板 22 與陶瓷基板 11 接合而形成電路層 12。又，使陶瓷基板 11 與鋁板 23A 接合而形成 Al 層 13A。

於此，較好是設定真空加熱爐內之壓力為 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下之範圍內，設定加熱溫度為 600°C 以上 650°C 以下，設定保持時間為 30 分鐘以上 180 分鐘以下之範圍

內。

[0042]

(Cu 層 (金屬層) 形成工程 S03)

接著，在 Al 層 13A 的另一方之面側將成為 Cu 層 13B 的銅板 23B 予以積層。

接著，在沿積層方向加壓 (壓力 $3 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ ($0.29 \sim 3.43 \text{ MPa}$)) 之狀態下配置於真空加熱爐內進行加熱，使 Al 層 13A 與銅板 23B 進行固相擴散接合，形成金屬層 13。

於此，較好是設定真空加熱爐內之壓力為 10^{-6} Pa 以上 10^{-3} Pa 以下之範圍內，設定加熱溫度為 400°C 以上 548°C 以下，設定保持時間為 5 分鐘以上 240 分鐘以下之範圍內。

又，Al 層 13A、銅板 23B 之中進行固相擴散接合的各別之接合面，係事先除去該面之傷痕設為平滑。

[0043]

(散熱器準備工程 S04)

接著，準備接合的散熱器 31。此時，如圖 5 所示，將散熱器 31 之中自與金屬層 13 (Cu 層 13B) 接合的接合面起沿深度方向至 $50 \mu\text{m}$ 為止的區域 31A 中的 Mg 濃度設為 $0.3 \text{ mass\%}$ 以上 $15 \text{ mass\%}$ 以下之範圍內。

本實施形態中，如圖 5 所示，係在散熱器 31 之中與金屬層 13 (Cu 層 13B) 接合的接合面，配置厚度 $2 \mu\text{m}$ 以上 $25 \mu\text{m}$ 以下之 Mg 箔 41，置入熱處理爐 45，在溫度：

420℃ 以上 500℃ 以下，保持時間：30 分鐘以上 240 分鐘以下之條件下進行熱處理，使 Mg 朝散熱器 31 側擴散，將接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域 31A 中的 Mg 濃度設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內。又，該熱處理時的熱處理爐 45 之爐內氛圍例如較好是設為氮氛圍下或真空氛圍下。上述熱處理較好是設定溫度：450℃ 以上 480℃ 以下，保持時間：60 分鐘以上 120 分鐘以下之條件，但不限定於此。

又，除 Mg 箔以外亦可使用 Al-Mg 箔或 Al-Mg-Si 箔等含 Mg 的各種之箔。另外，除箔以外亦可以藉由濺鍍等在接合面配置 Mg，進行熱處理使 Mg 擴散。

又，接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域 31A 中的 Mg 濃度超出 15mass%時，可以自接合面起沿深度方向進行研磨或切削而將 Mg 濃度設為 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內。區域 31A 中的 Mg 濃度較好是在 2mass%以上 10.8mass%以下，更好是在 4.9mass%以上 8.3mass%以下，但不限定於此。

[0044]

(金屬層/散熱器接合工程 S05)

接著，將金屬層 13 (Cu 層 13B) 與散熱器 31 予以積層，在沿積層方向加壓 (壓力 5 ~ 35kgf/cm² (0.49 ~ 3.43MPa)) 之狀態下將其配置於真空加熱爐內進行加熱，使金屬層 13 (Cu 層 13B) 與散熱器 31 進行固相擴散接合。又，金屬層 13 (Cu 層 13B) 及散熱器 31 之中被進

行固相擴散接合的各別之接合面中，該面之傷痕事先被除去而設為平滑。加壓時之壓力更好是在 $8 \sim 20 \text{kgf/cm}^2$ ($0.78 \sim 1.96 \text{MPa}$)，但不限定於此。

於此，真空加熱爐內之壓力設為 10^{-6}Pa 以上 10^{-3}Pa 以下之範圍內，加熱溫度設為 400°C 以上 520°C 以下，保持時間設為 0.25 小時以上 3 小時以下之範圍內較佳。真空加熱爐內之壓力設為 10^{-5}Pa 以上 10^{-4}Pa 以下之範圍內，加熱溫度設為 480°C 以上 510°C 以下，保持時間設為 0.5 小時以上 2 小時以下之範圍內更好，但不限定於此。

該金屬層/散熱器接合工程 S05 中，Cu 層 13B 中之 Cu 原子朝散熱器 31 側擴散，如圖 2 所示，形成化合物層 38 之同時，在該化合物層 38 內形成 Mg 濃化層 40。

如此而製造本實施形態之附加散熱器的電源模組用基板 30。

[0045]

(半導體元件接合工程 S06)

接著，在電路層 12 之一方之面（表面）透過焊錫材 2 對半導體元件 3 進行積層，在還原爐內進行焊錫接合。

如上述般製造本實施形態之電源模組 1。

[0046] 依據以上構成之本實施形態的附加散熱器的電源模組用基板 30，散熱器 31 由 Si 濃度設為 $1 \text{mass}\%$ 以上 $25 \text{mass}\%$ 以下之範圍內的鋁合金構成，具體言之，由 JIS H 2118：2006 規定的模鑄用鋁合金亦即 ADC12 (Si 濃度 $9.6 \text{mass}\%$ 以上 $12.0 \text{mass}\%$ 以下) 構成，因此可以構成

具有流路 32 的複雜構造之散熱器 31，可以提高放熱性能。

[0047] 又，本實施形態中，在散熱器 31 與金屬層 13（Cu 層 13B）之接合界面形成有由 Al 與 Cu 之金屬間化合物形成的化合物層 38，在該化合物層 38 之內部形成 Mg 之濃度被設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層 40，該 Mg 濃化層 40 之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內，因此藉由該 Mg 濃化層 40 可以阻止金屬層 13（Cu 層 13B）之 Cu 原子之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。又，可使金屬層 13（Cu 層 13B）之 Cu 原子充分地朝散熱器 31 側擴散，可使散熱器 31 與金屬層 13（Cu 層 13B）確實進行固相擴散接合。

因此，該附加散熱器的電源模組用基板 30 中，積層方向中的熱電阻降低，可以抑制放熱特性之劣化。

[0048] 於此，Mg 濃化層 40 之厚度小於 $1\mu\text{m}$ 時，無法充分地抑制 Cu 原子之擴散移動，有可能無法抑制柯肯達爾空隙之產生。另一方面，Mg 濃化層 40 之厚度大於 $30\mu\text{m}$ 時，Cu 原子之擴散不足，有可能發生接合不夠穩固。

基於以上，因此本實施形態中，Mg 濃化層 40 之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

又，欲確實抑制柯肯達爾空隙之產生時，Mg 濃化層 40 之厚度之下限較好是設為 $7\mu\text{m}$ 以上，更好是設為 $10\mu\text{m}$ 以上。又，欲使散熱器 31 與金屬層 13（Cu 層 13B）確實

進行固相擴散接合時，Mg 濃化層 40 之厚度之上限較好是設為 $25\mu\text{m}$ 以下，更好是設為 $20\mu\text{m}$ 以下。

[0049] 另外，本實施形態中，在金屬層 13（Cu 層 13B）與散熱器 31 之接合界面形成有由 Cu 與 Al 之化合物層形成的化合物層 38，該化合物層 38 係使複數種金屬間化合物沿著接合界面積層而成的構造，因此可以抑制脆弱的金屬間化合物大幅成長。又，化合物層 38 內部的體積變動變小，可以抑制內部位變。

又，本實施形態中，在 Cu 層 13B 與化合物層 38 的接合界面中，氧化物沿著彼等之接合界面分別以層狀分散，因此形成於散熱器 31 之接合面的氧化膜被確實破壞，Cu 與 Al 之相互擴散被充分進行，Cu 層 13B 與散熱器 31 被確實接合。

[0050] 又，依據本實施形態之附加散熱器的電源模組用基板 30 的製造方法，在散熱器準備工程 S04 中被準備的接合前之散熱器 31，係構成為散熱器 31 之中自與金屬層 13（Cu 層 13B）接合的接合面起沿深度方向至 $50\mu\text{m}$ 為止的區域 31A 中的 Mg 濃度被設為 $0.3\text{mass}\%$ 以上 $15\text{mass}\%$ 以下之範圍內者，因此在金屬層/散熱器接合工程 S05 中，對散熱器 31 與金屬層 13（Cu 層 13B）進行固相擴散接合時，可以抑制 Cu 層 13B 之 Cu 原子進行必要以上之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。

因此，可以製造積層方向中的熱電阻降低，放熱特性良好之附加散熱器的電源模組用基板 30。

[0051] 另外，本實施形態中，在散熱器 31 之中與金屬層 13 (Cu 層 13B) 接合的接合面，將厚度 $2\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下之 Mg 箔 41 予以配置，在溫度： 420°C 以上 500°C 以下，保持時間：30 分鐘以上 240 分鐘以下之條件下進行熱處理，使 Mg 朝散熱器 31 側擴散，將接合面起沿深度方向至 $50\mu\text{m}$ 為止的區域 31A 中的 Mg 濃度設為 0.3mass% 以上 15mass% 以下之範圍內，因此在與金屬層 13 (Cu 層 13B) 的接合面可以配置 Mg，在其後之金屬層/散熱器接合工程 S05 中可以形成 Mg 濃化層 40。

[0052] 另外，進行固相擴散接合時，若接合面存在傷痕有可能在接合界面產生間隙，但本實施形態中，Cu 層 13B (銅板 23B) 與散熱器 31 被接合的面，係事先除去該面之傷痕使平滑化之後進行固相擴散接合，因此在接合界面可以抑制間隙之產生，可以確實進行固相擴散接合。

[0053]

(第二實施形態)

接著，說明本發明第二實施形態之散熱器。圖 6 係本發明第二實施形態的散熱器 101。

該散熱器 101 具備：散熱器本體 110；及在散熱器本體 110 之一方之面 (圖 6 中上側) 被積層的由銅、鎳或銀形成的金屬構件層 117。本實施形態中，如圖 9 所示，金屬構件層 117 係將無氧銅之壓延板所形成的金屬板 127 接合於散熱器本體 110 而構成。

[0054] 散熱器本體 110 設有流通冷卻媒體的流路 111。該散熱器本體 110 由 Si 濃度設為 1mass% 以上 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，具體言之，由包含 Si 設為 9.6mass% 以上 12mass% 以下之範圍內，Mg 設為 0.3mass% 以上 15mass% 以下之範圍內的鋁合金構成。上述鋁合金之 Si 濃度較好是在 5mass% 以上 20mass% 以下，更好是在 7mass% 以上 13mass% 以下，但不限定於此。

[0055] 於此，散熱器本體 110 與金屬構件層 117 係被進行固相擴散接合。

在散熱器本體 110 與金屬構件層 117 的接合界面係如圖 7 所示形成化合物層 138。該化合物層 138 係由散熱器本體 110 之 Al 原子與金屬構件層 117 之 Cu 原子相互擴散而形成。該化合物層 138 中具有隨著由散熱器本體 110 朝向金屬構件層 117 逐漸減低 Al 原子之濃度，而且增高 Cu 原子之濃度的濃度斜度。

[0056] 該化合物層 138 係由 Cu 與 Al 形成的金屬間化合物構成，本實施形態中，係成為複數種金屬間化合物沿著接合界面被積層的構造。於此，化合物層 138 之厚度設為 1 μ m 以上 80 μ m 以下之範圍內，較好是設為 5 μ m 以上 80 μ m 以下之範圍內。

又，本實施形態中，化合物層 138 係 3 種金屬間化合物被積層的構造，由散熱器本體 110 側朝向金屬構件層 117 側依序沿著散熱器本體 110 與金屬構件層 117 之接合界面，而積層有 θ 相、 η_2 相，進一步積層有 ζ_2 相、 δ 相

及 γ_2 相之中至少一個相而構成。

[0057] 另外，氧化物在該化合物層 138 與金屬構件層 117 的接合界面沿著接合界面以層狀分散。又，本實施形態中，該氧化物係氧化鋁 (Al_2O_3) 等之鋁氧化物。又，氧化物係以在化合物層 138 與金屬構件層 117 之界面呈分斷狀態被分散，亦存在著化合物層 138 與金屬構件層 117 直接接觸的區域。又，氧化物亦有可能在 θ 相、 η_2 相或者 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之中至少一個相之內部以層狀分散。

[0058] 如圖 7 所示，在該化合物層 138 之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層 140，該 Mg 濃化層 140 之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。Mg 濃化層 140 之 Mg 之濃度較好是在 5mass% 以上 15mass% 以下，更好是在 7mass% 以上 9mass% 以下，但不限定於此。Mg 濃化層 140 之厚度較好是設為 $3\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下，更好是設為 $5\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下，但不限定於此。

[0059] 接著，參照圖 8~9 說明本實施形態之散熱器 101 的製造方法。

[0060]

(散熱器本體準備工程 S101)

首先，準備接合的散熱器本體 110。此時，散熱器本體 110 之中自與金屬構件層 117 接合的接合面起沿深度方向至 $50\mu\text{m}$ 為止的區域中之 Mg 濃度係被設為 0.3mass% 以

上 15mass%以下之範圍內。

本實施形態中，如上述般，藉由在構成散熱器本體 110 的鋁合金添加 Mg，使散熱器本體 110 全體包含 0.3mass%以上 15mass%以下之範圍內之 Mg。散熱器本體 110 之中自與金屬構件層 117 接合的接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中的 Mg 濃度較好是在 2mass%以上 10.8mass%以下，更好是在 4.9mass%以上 8.3mass%以下，但不限定於此。

[0061]

(散熱器本體/金屬構件層接合工程 S102)

接著，如圖 9 所示，將散熱器本體 110 與成為金屬構件層 117 的金屬板 127 予以積層，在沿積層方向加壓（壓力 1~35kgf/cm²（0.10~3.43MPa））之狀態下置入真空加熱爐內加熱，使金屬板 127 與散熱器本體 110 進行固相擴散接合。又，金屬板 127 以及散熱器本體 110 之中被進行固相擴散接合的各別之接合面中，事先將該面之傷痕除去並設為平滑。加壓時之壓力更好是在 8~20kgf/cm²（0.78~1.96MPa），但不限定於此。

於此，較好是將真空加熱爐內之壓力設為 10⁻⁶Pa 以上 10⁻³Pa 以下之範圍內，將加熱溫度設為 400℃ 以上 520℃ 以下，將保持時間設為 0.25 小時以上 3 小時以下之範圍內。更好是將真空加熱爐內之壓力設為 10⁻⁵Pa 以上 10⁻⁴Pa 以下之範圍內，將加熱溫度設為 480℃ 以上 510℃ 以下，將保持時間設為 0.5 小時以上 2 小時以下之範圍內，但不

限定於此。

在該散熱器本體/金屬構件層接合工程 S102 中，金屬板 127 中之 Cu 原子朝散熱器本體 110 側擴散，如圖 7 所示形成化合物層 138，在該化合物層 138 之內部形成 Mg 濃化層 140。

據此而製造本實施形態之散熱器 101。

[0062] 依據以上構成的本實施形態的散熱器 101，係藉由在散熱器本體 110 之一方之面側接合由無氧銅之壓延板形成的金屬板 127 來形成金屬構件層 117，因此可以藉由金屬構件層 117 使熱向面方向擴散，可以大幅提昇放熱特性。又，可以使用焊錫等對其他構件與散熱器 101 良好地進行接合。

[0063] 又，散熱器本體 110 由 Si 濃度設為 1mass% 以上 25mass% 以下範圍內的鋁合金構成，具體言之由包含 9.6mass% 以上 12mass% 以下範圍內之 Si，包含 0.3mass% 以上 15mass% 以下範圍內之 Mg 的鋁合金構成，因此可以構成具有流路等的複雜構造之散熱器本體 110。

[0064] 本實施形態中，如圖 7 所示，在散熱器本體 110 與金屬構件層 117 的接合界面形成化合物層 138，在該化合物層 138 之內部，如圖 7 所示形成 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層 140，該 Mg 濃化層 140 之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內，因此藉由該 Mg 濃化層 140 可以阻止金屬構件層 117 之 Cu 原子之擴散移動，可以抑制柯肯達爾空隙之產生。因此，積層方向中的熱電

阻降低，放熱特性佳。

又，Mg 濃化層 140 之厚度設為 $30\mu\text{m}$ 以下，因此 Cu 原子之擴散不被限制在必要以上，可使散熱器本體 110 與金屬構件層 117 確實進行固相擴散接合。

[0065] 又，本實施形態中，金屬構件層 117 與散熱器本體 110 的接合界面設為和第一實施形態之 Cu 層 13B 與散熱器 31 的接合界面同樣之構成，因此可以達成和第一實施形態同樣之作用效果。

[0066] 以上，說明本發明實施形態，但本發明不限定於此，在不脫離本發明技術思想的範圍內可做適宜變更。

例如上述實施形態中，說明以銅形成的 Cu 層作為金屬層（Cu 層）或金屬構件層予以接合之情況，但亦可以取代 Cu 層改為接合由鎳或鎳合金形成的 Ni 層、或者由銀或銀合金形成的 Ag 層。

[0067] 取代 Cu 層改為形成 Ni 層的情況下，焊接性良好，可以提升與其他構件間之接合可靠性。另外，藉由固相擴散接合形成 Ni 層時，無需進行藉由無電解鍍敷等形成 Ni 鍍敷膜時所進行的屏蔽處理，因此可以減低製造成本。此情況下，Ni 層之厚度較好是設為 $1\mu\text{m}$ 以上 $30\mu\text{m}$ 以下。Ni 層之厚度小於 $1\mu\text{m}$ 時，有可能不具備提升與其他構件間之接合可靠性的效果，大於 $30\mu\text{m}$ 時 Ni 層成為熱電阻體有可能無法有效傳導熱。又，藉由固相擴散接合來形成 Ni 層時，Al 層與 Ni 之固相擴散接合的接合溫度

設為 400℃ 以上 520℃ 以下，其以外之條件可以和上述實施形態同樣之條件下形成。

[0068] 取代 Cu 層改為 Ag 層的情況下，例如使用包含氧化銀粒子與由有機物形成的還原劑之氧化銀電糊來接和其他構件時，氧化銀電糊之氧化銀被還原劑還原後的銀，與欲接合的 Ag 層屬於同種金屬彼此之接合，因此可以提高接合可靠性。進一步，基於形成熱傳導率良好的 Ag 層，因此可以使熱有效地朝面方向擴散。此情況下，Ag 層之厚度設為 1 μ m 以上 20 μ m 以下為佳。Ag 層之厚度小於 1 μ m 時有可能與其他構件間之接合可靠性效果變無，大於 20 μ m 時接合可靠性提升之效果無法顯現，導致成本之增加。又，藉由固相擴散接合來形成 Ag 層時，Al 層與 Ag 之固相擴散接合中的接合溫度設為 400℃ 以上 520℃ 以下，其他則和上述實施形態同樣之條件下形成。

[0069] 另外，第一實施形態中雖說明金屬層 13 具有 Al 層 13A 與 Cu 層 13B 之例，但不限定於此，如圖 10 所示，金屬層全體可以由銅或銅合金構成。該圖 10 所示附加散熱器的電源模組用基板 230 中，係藉由 DBC 法或活性金屬硬鉚法等，在陶瓷基板 11 的另一方之面（圖 10 中下側）將銅板予以接合，形成由銅或銅合金構成的金屬層 213。接著，使該金屬層 213 與散熱器 31 進行固相擴散接合。又，圖 10 所示電源模組用基板 210 中，電路層 212 亦由銅或銅合金構成。圖 10 所示電源模組 201，係具備附加散熱器的電源模組用基板 230；及在該附加散熱器的

電源模組用基板 230 之一方之面（圖 10 中上面）透過焊錫層 2 被接合的半導體元件 3。

[0070] 第一實施形態中說明之電路層係由接合純度 99 質量%之鋁板所形成者，但不限定於此，亦可以由純度 99.99 質量%以上之純鋁或其他之鋁或鋁合金，或者銅或銅合金等其他金屬構成。又，電路層亦可以是 Al 層與 Cu 層之 2 層構造。此亦和圖 10 所示電源模組用基板 210 同樣。

[0071] 第一實施形態之金屬層/散熱器接合工程 S05 中，係將金屬層 13（Cu 層 13B）與散熱器 31 予以積層，在沿積層方向加壓之狀態下配置於真空加熱爐內進行加熱的構成，第二實施形態之散熱器本體/金屬構件層接合工程 S102 中，係將散熱器本體 110 與成為金屬構件層 117 的金屬板 127 予以積層，在沿積層方向加壓（壓力 $5 \sim 35 \text{ kgf/cm}^2$ （ $0.49 \sim 3.43 \text{ MPa}$ ））之狀態下配置於真空加熱爐內進行加熱的構成，但不限定於此，如圖 11 所示，對鋁合金構件 301（散熱器 31、散熱器本體 110）與金屬構件 302（金屬層 13、金屬構件層 117）進行固相擴散接合時亦適用通電加熱法。

[0072] 通電加熱時，係如圖 11 所示，將鋁合金構件 301 與金屬構件 302 予以積層，透過碳板 311、311 藉由一對電極 312、312 針對彼等積層體沿積層方向加壓之同時，對鋁合金構件 301 及金屬構件 302 通電。如此而藉由焦耳熱對碳板 311、311 及鋁合金構件 301 與金屬構件

302 進行加熱，使鋁合金構件 301 與金屬構件 302 進行固相擴散接合。

[0073] 上述通電加熱法中，鋁合金構件 301 及金屬構件 302 被直接通電加熱，因此昇溫速度可達例如 $30\sim 100^{\circ}\text{C}$ /分鐘之較快速度，可於短時間進行固相擴散接合。據此而使接合面之氧化影響變小，例如可於大氣氛圍接合。又，依據鋁合金構件 301 及金屬構件 302 之電阻值或比熱，在彼等鋁合金構件 301 及金屬構件 302 產生溫度差之狀態下亦可以接合，可以縮小熱膨脹之差，減少熱應力。

[0074] 於此，上述通電加熱法中，一對電極 312、312 之加壓荷重，較好是設為 30kgf/cm^2 以上 100kgf/cm^2 以下（ 2.94MPa 以上 9.8MPa 以下）之範圍內。上述加壓荷重更好是設為 50kgf/cm^2 以上 80kgf/cm^2 以下（ 4.90MPa 以上 7.85MPa 以下），但不限定於此。

又，使用通電加熱法時，鋁合金構件 301 及金屬構件 302 之表面粗度，依算術平均粗度 R_a 較好是設為 $0.3\mu\text{m}$ 以上 $0.6\mu\text{m}$ 以下，又，依最大高度 R_z 較好是設為 $1.3\mu\text{m}$ 以上 $2.3\mu\text{m}$ 以下之範圍內。通常之固相擴散接合中，接合面之表面粗度較小較好，但是通電加熱法時，接合面之表面粗度太小時，界面接觸電阻降低，局部加熱接合界面變為困難，因此較好是設為上述範圍內。

[0075] 又，第一實施形態之金屬層/散熱器接合工程 S05 中亦可以使用上述通電加熱法，但此情況下，陶瓷基

板 11 係絕緣體，因此例如需藉由碳形成的冶具等短路碳板 311、311。接合條件係和上述鋁構件 301 與銅構件 302 之接合同樣。

又，關於金屬層 13（Cu 層 13B）與散熱器 31 之表面粗度，亦和上述鋁構件 301 及銅構件 302 同樣。

〔實施例〕

[0076] 以下，說明為確認本發明效果而進行的確認實驗之結果。

[0077]

（試驗片之作製）

研磨表 1 所示鋁合金板（50mm×50mm，厚度 5mm）之一方之面直至成為表 1 記載之 Mg 濃度為止，藉由上述實施形態記載的方法在該面使表 1 所示金屬板（40mm×40mm，厚度參照表 1）進行固相擴散接合。

本發明例 1-10 及比較例 1-5 中，對鋁板與金屬板沿積層方向以 15kgf/cm^2 （ 1.47MPa ）之荷重押壓，在真空加熱爐於 500°C 、180 分鐘之條件下實施固相擴散接合。

本發明例 11-15 中，藉由圖 11 所示通電加熱法使鋁合金板與金屬板進行固相擴散接合。又，對電極之加壓荷重設為 15kgf/cm^2 （ 1.47MPa ），加熱溫度（銅板溫度）設為 510°C ，加熱溫度之保持時間設為 5 分鐘，昇溫速度設為 $80^\circ\text{C}/\text{分鐘}$ 。又，接合氛圍設為大氣氛圍。

[0078]

(Mg 濃化層之厚度)

對固相擴散接合後的鋁合金板與金屬板之接合體進行斷面觀察，針對接合界面的 Mg 濃化層之厚度依以下進行測定。評估結果如表 1 所示。

Mg 濃化層之厚度，係由藉由 EPMA (電子束微分析器) 分析鋁合金板與金屬板之接合界面獲得的 Mg 映射像，測定 Mg 濃度在 3mass% 以上之區域之面積，以測定視野之寬度之寸法除之而求出厚度，將 5 視野之平均設為 Mg 濃化層之厚度。又，測定係以倍率：2000 倍進行，以鋁合金板與金屬板之接觸面為中心沿積層方向在 50 μ m 之範圍內進行。

[0079]

(熱循環試驗)

接著，對如此製造的接合體實施熱循環試驗。使用冷熱衝擊試驗機 ESPEC Corp 製 TSB-51，針對試驗片 (附加散熱器的電源模組)，藉由液相 (全氟烷) 進行 -40℃ 5 分鐘、150℃ 5 分鐘之熱循環 4000 次。

接著，針對熱循環試驗前的接合體之積層方向之熱電阻與接合率，以及熱循環試驗後的接合體之積層方向之熱電阻與接合率如下進行評估。

[0080]

(接合率評估)

使用超音波探傷裝置針對接合體中鋁板與金屬板之接合部之接合率進行評估，由以下之式算出。於此，初期接

合面積係指接合前的應接合面積，亦即鋁板之面積。超音波探傷像中剝離係以白色部，因此該白色部之面積設為剝離面積。評估結果如表 1 所示。

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

[0081]

(熱電阻之測定)

將加熱晶片 (13mm×10mm×0.25mm) 焊接於金屬板之表面，將鋁合金板硬鉚接合於冷卻器。接著，以 100W 之電力對加熱晶片進行加熱，使用熱電偶實測加熱晶片之溫度。又，針對流通冷卻器的冷卻媒體 (乙二醇：水 = 9：1) 之溫度進行實測。將加熱晶片之溫度與冷卻媒體之溫度差除以電力獲得之值設為熱電阻。

又，將未形成有 Mg 濃化層的比較例 1 之熱循環試驗前之熱電阻設為基準之 1，藉由和該比較例 1 間之比率對熱電阻進行評估。評估結果如表 1 所示。

[0082]

【表1】

	金屬板		鋁合金板			接合體				
	材質	厚度 (μm)	材質	Si濃度 (mass%)	接合面附近 之Mg濃度 (mass%)	Mg濃化層 之厚度 (μm)	初期		冷熱循環後	
							接合率 (%)	熱電阻	接合率 (%)	熱電阻
本發明例1	無氧銅	2000	ADC6	1.0	9.3	20	95.8	0.661	93.6	0.673
本發明例2	無氧銅	2000	AC4B	7.6	4.9	10	97.9	0.933	95.6	0.952
本發明例3	無氧銅	2000	AC9A	23.7	15	30	96.1	0.869	93.2	0.886
本發明例4	無氧銅	2000	ADC12	11.4	0.3	1	95.9	0.987	93.7	1.004
本發明例5	無氧銅	2000	ADC12	11.4	7.1	7	96.7	0.980	93.8	0.998
本發明例6	無氧銅	2000	ADC12	11.4	8.3	10	97.1	0.972	94.2	0.988
本發明例7	無氧銅	2000	ADC12	11.4	10	20	98.1	0.982	95.2	0.996
本發明例8	無氧銅	2000	ADC12	11.4	13.5	25	96.2	0.990	93.4	1.005
本發明例9	銀	10	ADC12	11.4	7.4	15	97.5	1.372	95.1	1.399
本發明例10	銀	10	ADC12	11.4	10.8	20	94.1	1.370	91.8	1.392
本發明例11	無氧銅	2000	ADC6	1.0	9.3	15	98.4	0.653	96.0	0.664
本發明例12	無氧銅	2000	AC9A	23.7	15	25	97.6	0.860	95.6	0.873
本發明例13	無氧銅	2000	ADC12	11.4	13.5	21	98.5	0.976	95.7	0.990
本發明例14	銀	10	ADC12	11.4	7.4	13	96.0	1.353	93.3	1.377
本發明例15	銀	10	ADC12	11.4	10.8	17	97.2	1.355	94.5	1.378
比較例1	無氧銅	2000	ADC12	11.4	0	無	95.7	1.000	88.5	1.027
比較例2	無氧銅	2000	ADC12	11.4	30	46	89.2	1.030	81.8	1.056
比較例3	無氧銅	2000	ADC12	11.4	0.1	0.2	97.1	1.040	88.4	1.068
比較例4	銀	10	ADC12	11.4	0	無	97.6	1.444	89.3	1.483
比較例5	銀	10	ADC12	11.4	0	無	96.6	1.428	89.6	1.471



[0083] 確認未形成有 Mg 濃化層的比較例 1 之熱電阻比本發明例大。又，將使用鎳金屬板的比較例 4 與本發明例 9 及 14 比較，結果確認比較例 4 之熱電阻變大。同樣地，將使用銀金屬板的比較例 5 與本發明例 10 及 15 比較，結果確認比較例 5 之熱電阻變大。推測為形成有柯肯達爾空隙之故。

[0084] 又，Mg 濃化層之厚度大於本發明上限的比較例 2 中，接合率降低，並且熱電阻變大。推測為 Mg 濃化層形成較厚，因而金屬板之金屬元素之擴散被抑制。

另外，Mg 濃化層之厚度小於本發明下限的比較例 3 中，和比較例 1 同樣，確認電阻變大。推測為無法充分抑制柯肯達爾空隙之產生之故。

[0085] 相對於此，Mg 濃化層之厚度設為本發明範圍內的本發明例中，和比較例比較確認熱電阻變小，接合率亦極高。推測為藉由適當厚度之 Mg 濃化層之形成，使得構成金屬板的金屬元素之擴散被抑制，柯肯達爾空隙之產生被抑制之故。

又，適用通電加熱法的本發明例 11-15 中，即使在大氣中進行接合亦可以對鋁合金板與金屬板進行良好接合。

另外，幾乎未觀察到熱循環試驗後之熱電阻之上昇或接合率之降低，確認可以獲得接合可靠性高的接合體。

[0086] 由以上結果可以確認，依據本發明可以獲得使含較多 Si 的鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件良好地進行接合，積層方向之熱電阻

低的接合體。

〔產業上之可利用性〕

[0087] 依據本發明可以提供使含較多 Si 的鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件良好地進行接合，積層方向之熱電阻低的接合體，具備該接合體之附加散熱器的電源模組用基板及散熱器，以及接合體的製造方法，附加散熱器的電源模組用基板的製造方法，散熱器的製造方法。

【符號說明】

[0088]

10、210：電源模組用基板

11：陶瓷基板

13、213：金屬層

13B：Cu 層（金屬構件）

31：散熱器（鋁合金構件）

40：Mg 濃化層

101：散熱器

110：散熱器本體（鋁合金構件）

117：金屬構件層

140：Mg 濃化層

I676516

發明摘要

※申請案號：105111673

※申請日：105 年 04 月 14 日

※IPC 分類：

【發明名稱】(中文/英文)

接合體、附加散熱器的電源模組用基板、散熱器、及
接合體的製造方法、附加散熱器的電源模組用基板的
製造方法、散熱器的製造方法

Bonded body, power module substrate with heat sink, heat sink and
method of producing bonded body, method of producing power module
substrate with heat sink and method of producing heat sink

【中文】

本發明之接合體，係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成的接合體，鋁合金構件係由 Si 濃度設為 1mass%以上 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，鋁合金構件與金屬構件係藉由固相擴散被接合，在鋁合金構件與金屬構件之接合界面具備由鋁合金構件之 Al 與金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，在該化合物層之內部形成有 Mg 之濃度設為 3mass% 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上 30 μ m 以下之範圍內。

【 英文 】

The bonded body of the present invention is formed by bonding an aluminum alloy member made of an aluminum alloy and a metal member made of copper, nickel or silver. The aluminum alloy member is composed of the aluminum alloy in which the Si concentration is in a range from 1 mass% to 25 mass%. The aluminum alloy member and the metal member are solid-phase diffusion bonded together. A compound layer is formed by diffusing Al of the aluminum alloy member and a metal element of the metal member in a bonded interface between the aluminum alloy member and the metal member. A Mg high concentration layer in which a Mg concentration is 3 mass% or more is formed within the compound layer. The thickness of the Mg high concentration layer is in a range from 1 μm to 30 μm .

【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：電源模組
- 2：焊錫層
- 3：半導體元件
- 10：電源模組用基板
- 11：陶瓷基板
- 12：電路層
- 13：金屬層
- 13B：Cu層（金屬構件）
- 13A：Al層
- 30：電源模組用基板
- 31：散熱器（鋁合金構件）
- 32：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

圖式

圖 1

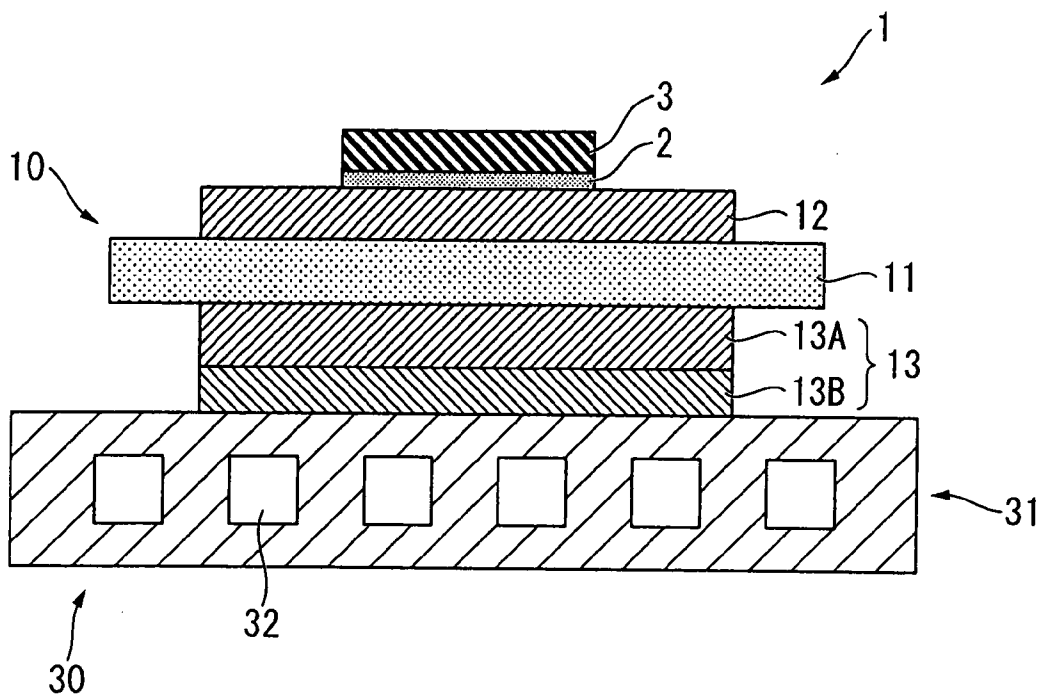


圖 2

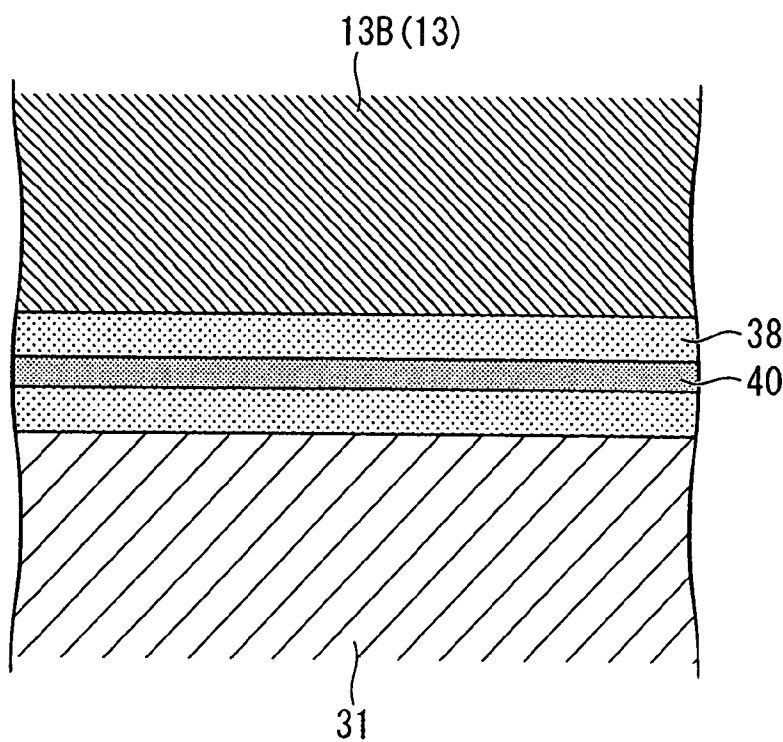


圖 3

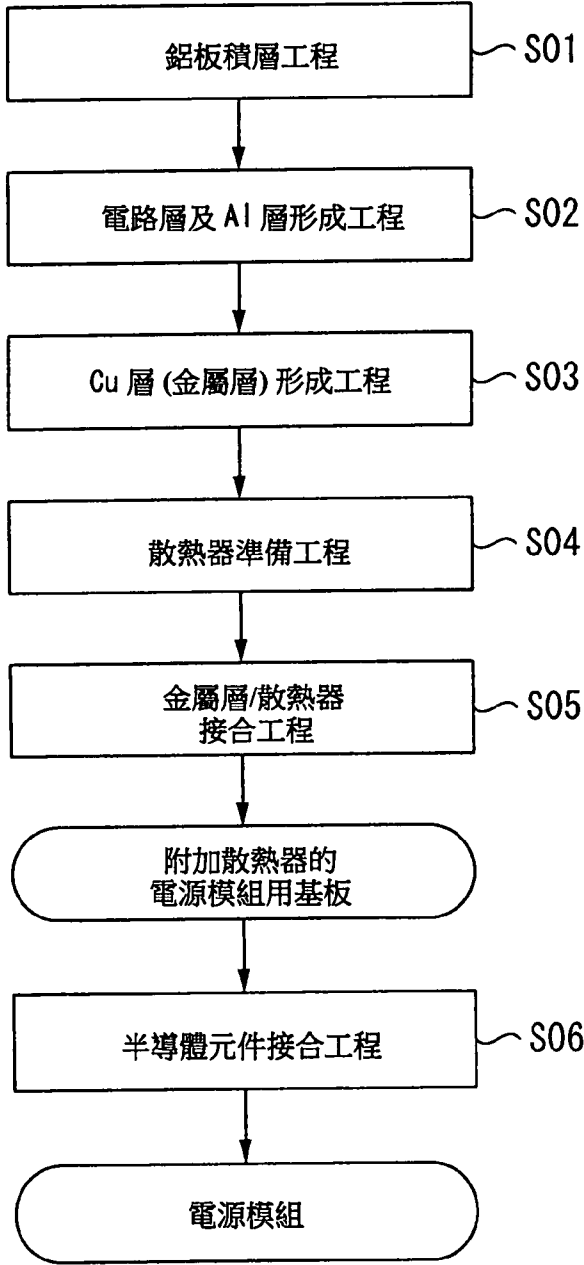


圖 4

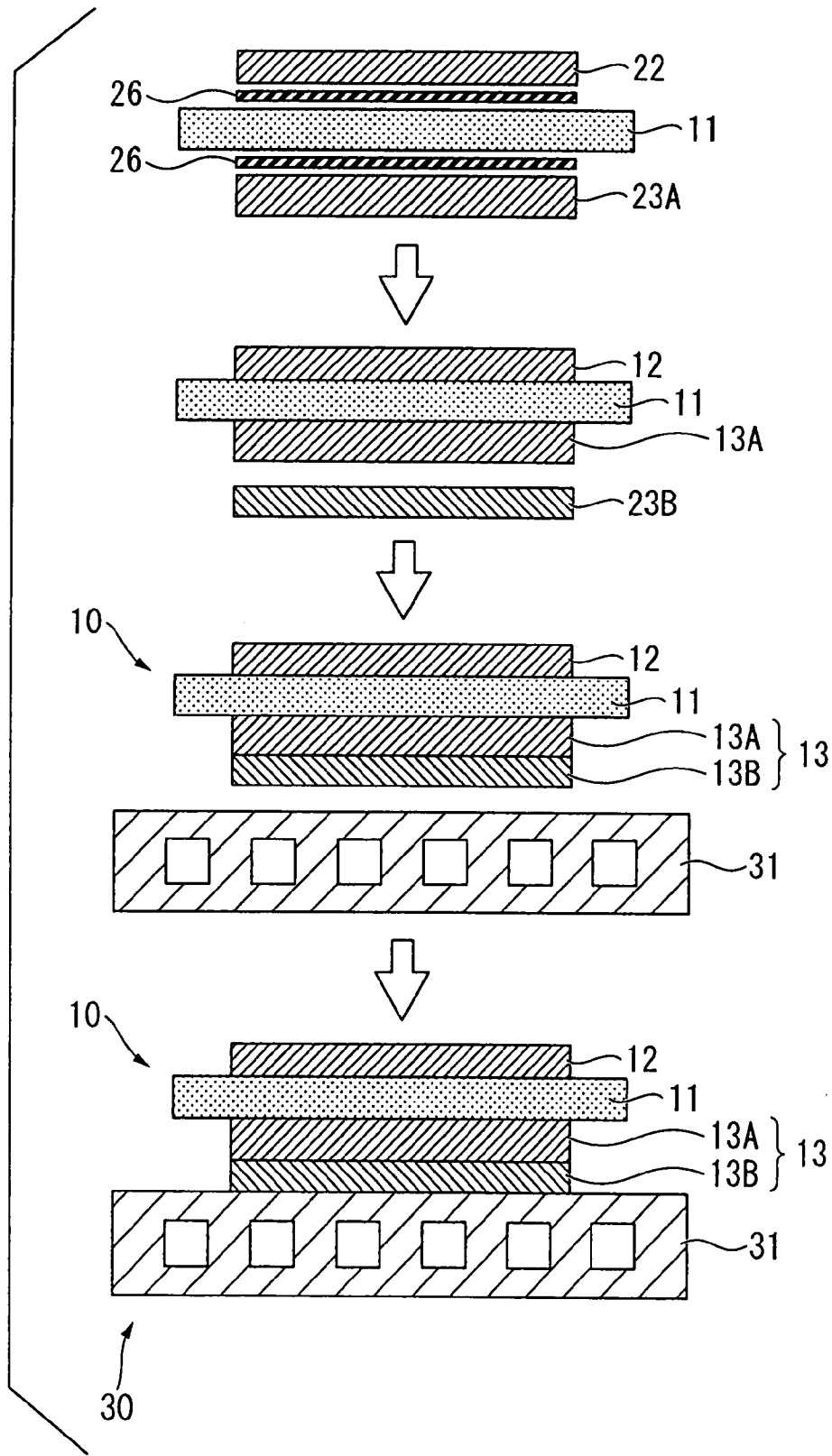


圖 5

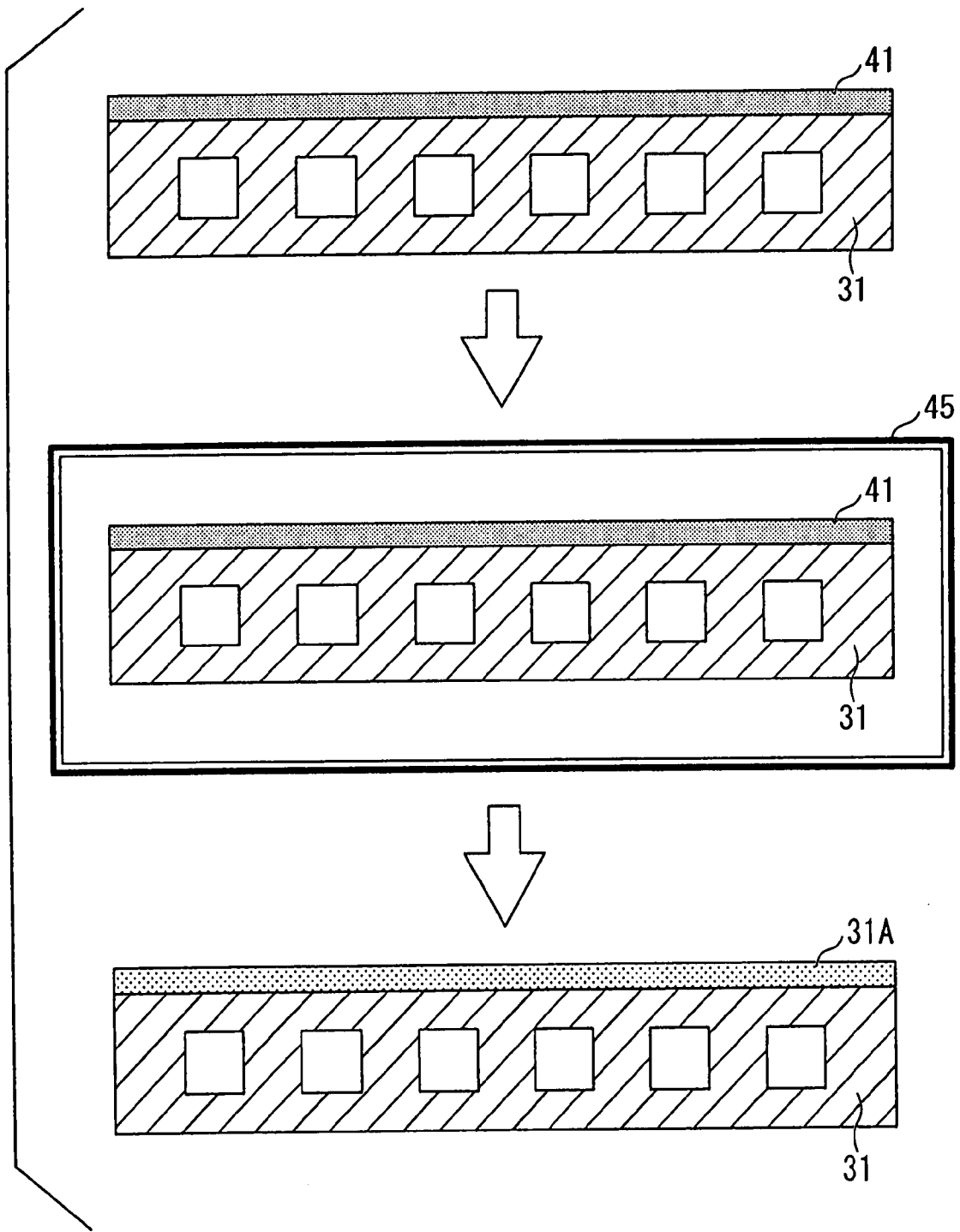


圖 6

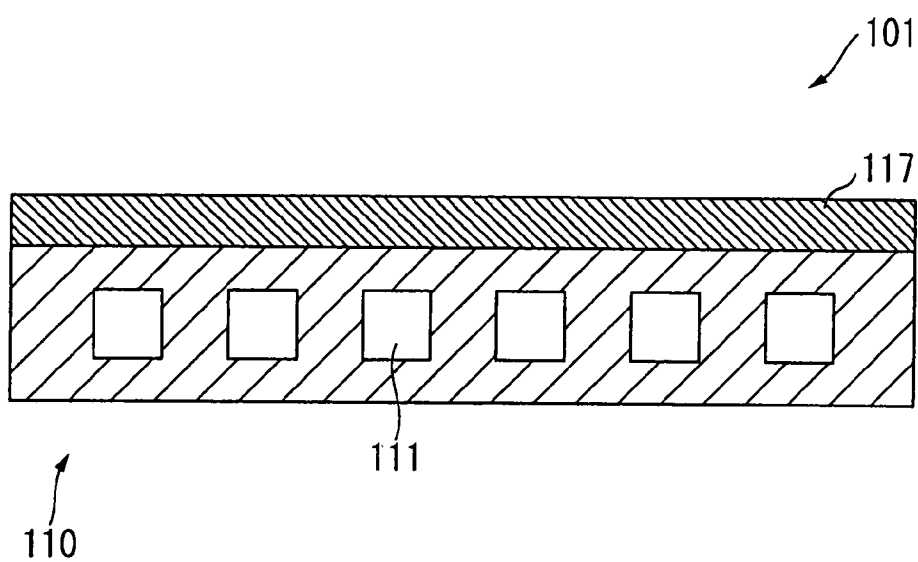


圖 7

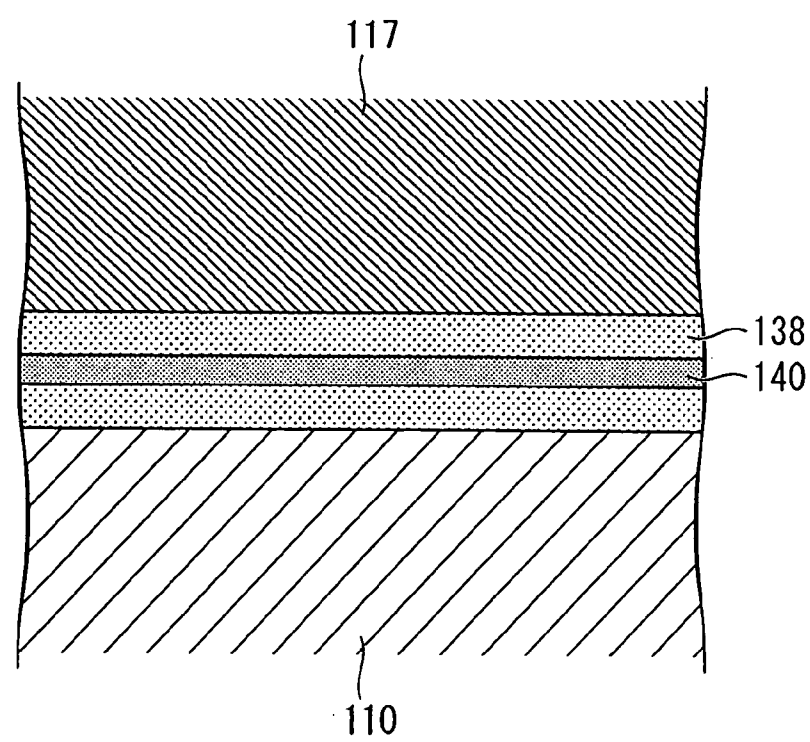


圖 8

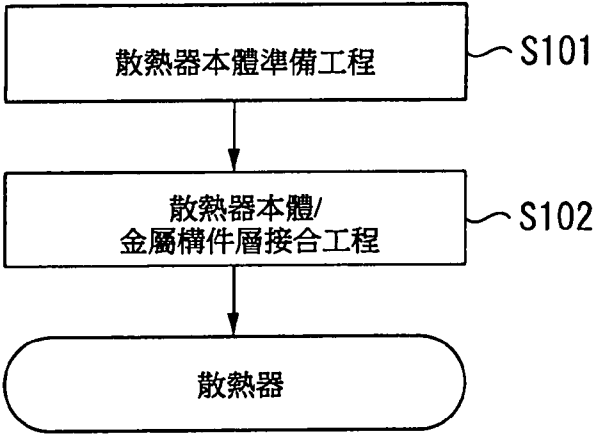


圖 9

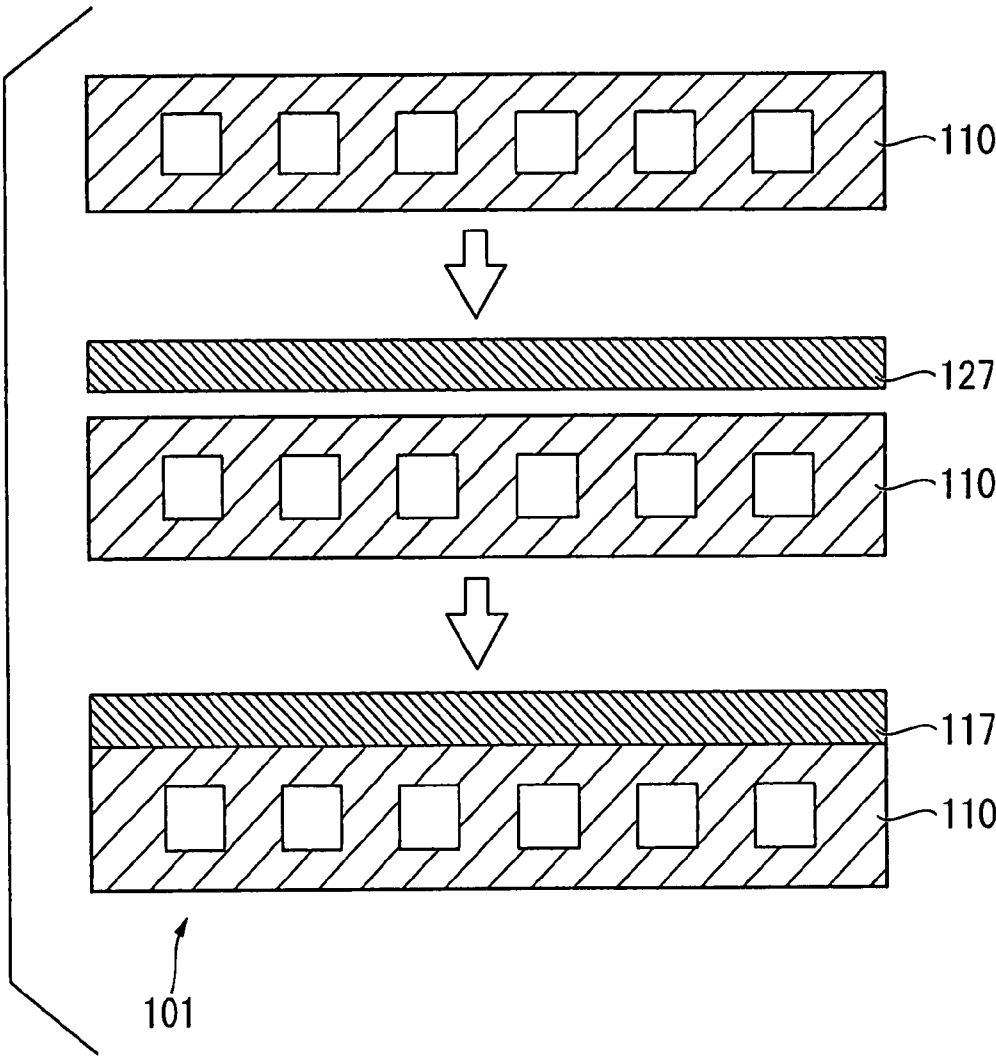


圖 10

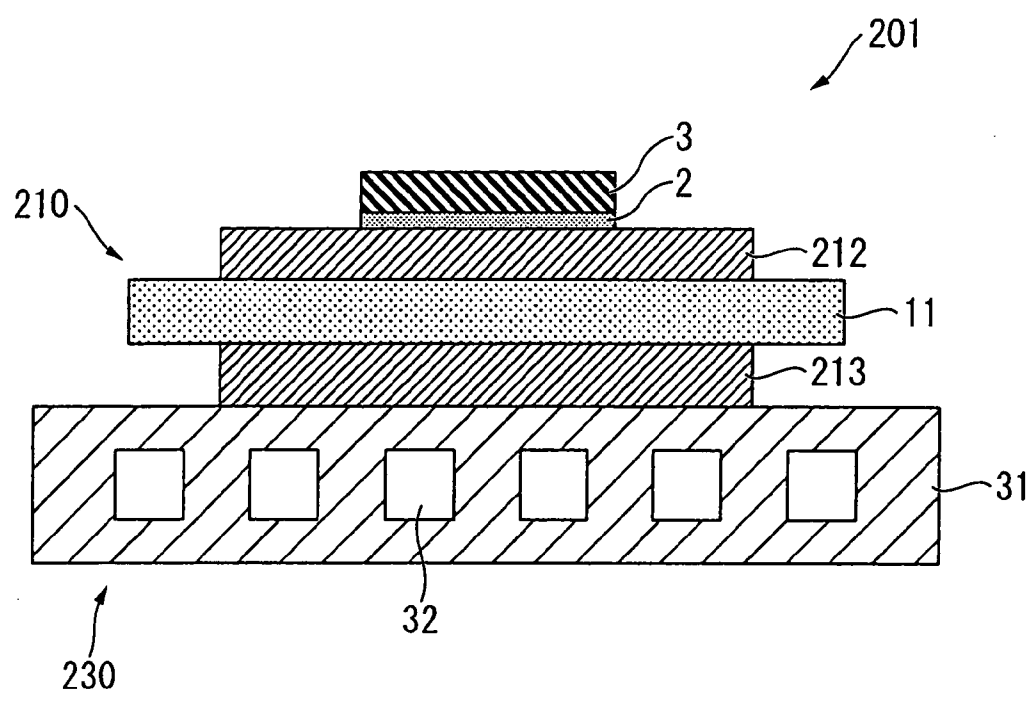
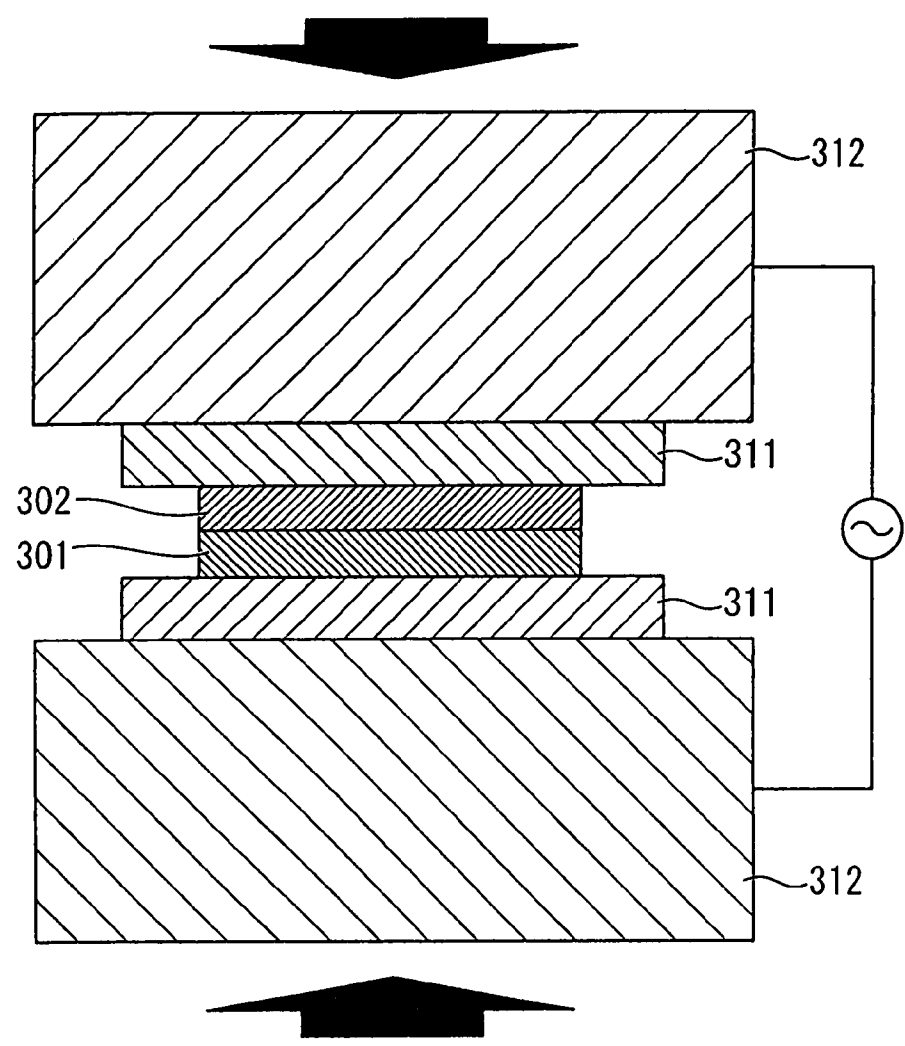


圖 11



申請專利範圍

1. 一種接合體，係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合而成的接合體，其特徵在於：

上述鋁合金構件係由 Si 濃度設為 5mass% 以上且 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，

上述鋁合金構件與上述金屬構件係藉由固相擴散被接合，

在上述鋁合金構件與上述金屬構件之接合界面，具備由上述鋁合金構件之 Al 與上述金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述鋁合金構件之中與上述金屬構件接合的接合面沿著深度方向至 50 μ m 之區域中的 Mg 之濃度設為 4.9mass% 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 1 μ m 以上且 30 μ m 以下之範圍內。

2. 一種附加散熱器的電源模組用基板，具備：絕緣層；形成於該絕緣層之一方之面的電路層；形成於上述絕緣層的另一方之面的金屬層；及配置於該金屬層之與上述絕緣層相反側之面的散熱器；其特徵在於：

上述金屬層之中與上述散熱器之接合面，係由銅、鎳或銀構成，

上述散熱器之中與上述金屬層之接合面，係由 Si 濃度設為 5mass% 以上且 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，

上述散熱器與上述金屬層係藉由固相擴散被接合，

在上述散熱器與上述金屬層之接合界面，具備由上述散熱器之 Al 與構成上述金屬層之接合面的金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述接合面沿著深度方向至 $50\mu\text{m}$ 之區域中的 Mg 之濃度設為 $4.9\text{mass}\%$ 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

3. 一種散熱器，具備：散熱器本體；及接合於上述散熱器本體的金屬構件層；其特徵在於：

上述金屬構件層係由銅、鎳或銀形成，

上述散熱器本體係由 Si 濃度設為 $5\text{mass}\%$ 以上且 $25\text{mass}\%$ 以下之範圍內的鋁合金構成，

上述散熱器本體與上述金屬構件層係藉由固相擴散被接合，

在上述散熱器本體與上述金屬構件層之接合界面，係具備由上述散熱器本體之 Al 與構成上述金屬構件層的金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述鋁合金構件之中與上述金屬構件接合的接合面沿著深度方向至 $50\mu\text{m}$ 之區域中的 Mg 之濃度設為 $4.9\text{mass}\%$ 以上的 Mg 濃化層，上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $30\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

4. 一種接合體的製造方法，該接合體係將鋁合金所形成的鋁合金構件，與銅、鎳或銀所形成的金屬構件接合

而成者，其特徵在於：

上述鋁合金構件係由 Si 濃度設為 5mass%以上且 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，

接合前之上述鋁合金構件中，至少自與上述金屬構件之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中的 Mg 濃度係被設為 0.3mass%以上且 15mass%以下之範圍內，

使該鋁合金構件與上述金屬構件進行固相擴散接合；

在上述鋁合金構件與上述金屬構件之接合界面，形成由上述鋁合金構件之 Al 與上述金屬構件之金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述接合面沿著深度方向至 50 μ m 之區域中的 Mg 之濃度設為 4.9mass%以上的 Mg 濃化層，

將上述 Mg 濃化層之厚度形成為 1 μ m 以上且 30 μ m 以下之範圍內。

5. 如申請專利範圍第 4 項之接合體的製造方法，其中

將上述鋁合金構件與上述金屬構件予以積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述鋁合金構件與上述金屬構件進行固相擴散接合。

6. 一種附加散熱器的電源模組用基板的製造方法，該附加散熱器的電源模組用基板具備：絕緣層；形成於該絕緣層之一方之面的電路層；形成於上述絕緣層的另一方之面的金屬層；及配置於該金屬層之與上述絕緣層相反側

之面的散熱器；其特徵在於：

上述金屬層之中與上述散熱器之接合面，係由銅、鎳或銀構成，

上述散熱器之中與上述金屬層之接合面，係由 Si 濃度設為 5mass%以上且 25mass%以下之範圍內的鋁合金構成，

接合前之上述散熱器中，至少自與上述金屬層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中的 Mg 濃度係被設為 0.3mass%以上且 15mass%以下之範圍內，

使該散熱器與上述金屬層進行固相擴散接合，

在上述散熱器與上述金屬層之接合界面，形成有由上述散熱器之 Al 與構成上述金屬層之接合面的金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述接合面沿著深度方向至 50 μ m 之區域中的 Mg 之濃度設為 4.9mass%以上的 Mg 濃化層，

將上述 Mg 濃化層之厚度形成為 1 μ m 以上且 30 μ m 以下之範圍內。

7. 如申請專利範圍第 6 項之附加散熱器的電源模組用基板的製造方法，其中

將上述散熱器與上述金屬層予以積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述散熱器與上述金屬層進行固相擴散接合。

8. 一種散熱器的製造方法，該散熱器具備：散熱器

本體；及接合於上述散熱器本體的金屬構件層；其特徵在於：

上述金屬構件層係由銅、鎳或銀形成，

上述散熱器本體係由 Si 濃度設為 5mass% 以上且 25mass% 以下之範圍內的鋁合金構成，

接合前之上述散熱器本體中，至少自與上述金屬構件層之接合面起沿深度方向至 50 μ m 為止的區域中的 Mg 濃度係被設為 0.3mass% 以上且 15mass% 以下之範圍內，

使該散熱器本體與上述金屬構件層進行固相擴散接合，

在上述散熱器本體與上述金屬構件層之接合界面，形成由上述散熱器本體之 Al 與構成上述金屬構件層的金屬元素擴散而形成的化合物層，

在該化合物層之內部形成有自上述接合面沿著深度方向至 50 μ m 之區域中的 Mg 之濃度設為 4.9mass% 以上的 Mg 濃化層，

將上述 Mg 濃化層之厚度形成為 1 μ m 以上且 30 μ m 以下之範圍內。

9. 如申請專利範圍第 8 項之散熱器的製造方法，其中

將上述散熱器本體與上述金屬構件層予以積層，沿積層方向加壓之同時通電進行加熱，據此而使上述散熱器本體與上述金屬構件層進行固相擴散接合。

10. 如申請專利範圍第 1 項之接合體，其中

上述化合物層，係設為積層有 3 種之金屬間化合物的構造，

由銅之上述金屬構件來形成 Cu 層，

從上述鋁合金構件側向上述 Cu 層側依序沿著上述鋁合金構件與上述 Cu 層之接合界面積層 θ 相、 η_2 相，進一步積層 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之其中至少一個相而構成。

11. 如申請專利範圍第 1 項之接合體，其中

於上述化合物層與上述金屬構件之接合界面，沿著接合界面以層狀分散有氧化物。

12. 如申請專利範圍第 10 項之接合體，其中

於上述化合物層與上述 Cu 層之接合界面，沿著接合界面以層狀分散有氧化物。

13. 如申請專利範圍第 12 項之接合體，其中

上述氧化物，係以層狀分散在 θ 相、 η_2 相、或 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之其中至少一個相之內部。

14. 如申請專利範圍第 1 項之接合體，其中

上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $17\mu\text{m}$ 以下之範圍內。

15. 如申請專利範圍第 3 項之散熱器，其中

上述化合物層，係設為積層有 3 種之金屬間化合物的構造，

由銅之上述金屬構件來形成 Cu 層，

從上述散熱器本體側向上述 Cu 層側依序沿著上述散熱器本體與上述 Cu 層之接合界面積層 θ 相、 η_2 相，進一

步積層 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之其中至少一個相而構成。

16. 如申請專利範圍第 3 項之散熱器，其中
於上述化合物層與上述金屬構件之接合界面，沿著接合界面以層狀分散有氧化物。

17. 如申請專利範圍第 15 項之散熱器，其中
於上述化合物層與上述 Cu 層之接合界面，沿著接合界面以層狀分散有氧化物。

18. 如申請專利範圍第 17 項之散熱器，其中
上述氧化物，係以層狀分散在 θ 相、 η_2 相、或 ζ_2 相、 δ 相及 γ_2 相之其中至少一個相之內部。

19. 如申請專利範圍第 3 項之散熱器，其中
上述 Mg 濃化層之厚度設為 $1\mu\text{m}$ 以上且 $17\mu\text{m}$ 以下之範圍內。